การประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

Product Environmental Footprint Evaluation of Canned Pasteurized Crab Meat

เอกชัย ประทุมศรี

Ekachai Prathumsee

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

ผู้เขียน นายเอกชัย ประทุมศรี

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก **คณะกรรมการสอบ**

....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์) .....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ทองเรือง)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์) .....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุญญานิช อินทรพัฒน์) .....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยศรี สุขสาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายเอกชัย ประทุมศรี)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายเอกชัย ประทุมศรี)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์
ผู้เขียน นายเอกชัย ประทุมศรี
สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ใด เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาผลกระทบทุกด้านในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อการส่งออกในสัดส่วนที่สูงและเป็นการนำรายได้เข้าสู่ประเทศ ซึ่งการส่งออกไปขายยังต่างประเทศมีความจำเป็นต้องใช้มาตรวัดผลกระทบวิธีการใดวิธีการหนึ่งในการประเมินผลิตภัณฑ์ การศึกษานี้ใช้วิธี The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) โดยจัดการประเมินผลกระทบไว้ 14 ด้าน แนวทางการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ พิจารณาตั้งแต่การจับปูจนถึงกระบวนการผลิตในโรงงาน (cradle to gate) ผลการศึกษาผลกระทบจากกระบวนการผลิต พบว่ามีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญพียง 5 ด้านจากทั้งหมด 14 ด้านได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านสภาพภูมิอากาศมีค่าผลกระทบเท่ากับ 2.57E+00 $kgCO_{2eq}$, ภาวะฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินมีค่าผลกระทบเท่ากับ 5.79E-01 mol H^{+}_{eq}, การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.94E-01kg $U235_{eq}$, การลดลงของทรัพยากรน้ำ 3.36E-04 m^3 H_2O_{eq} และการลดลงของทรัพยากร 1.62E-01 $kgSb_{eq}$ โดยพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าร้อยละ 50 มาจากกระบวนการผลิตในโรงงาน และประเด็นการลดลงของทรัพยากร มีสัดส่วนมากกว่า 95 % ของผลกระทบที่มีนัยสำคัญทั้งหมด ดังนั้นการศึกษานี้จึงนำหลักการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดมาทำการประเมินการใช้ทรัพยากรและพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน เพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาและหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่าลำดับของปัญหาที่ต้องทำการปรับปรุงคือ ปริมาณการใช้น้ำเป็นลำดับ 1 พลังงานไฟฟ้าเป็นลำดับ 2 และน้ำมันเตาป้อนหม้อไอน้ำเป็นลำดับ 3 การใช้น้ำอาจใช้เทคนิควิธีการใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงสำหรับทำความสะอาดทดแทนการตักราดจากถังน้ำสำรอง ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำของโรงงานได้ 19% ส่วนการลดการใช้พลังงานไฟฟ้านั้นอาจใช้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดิบอุณหภูมิปกติกับน้ำทิ้งจากระบบทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ามาก เพื่อลดภาระระบบทำความเย็น สามารถลดการใช้ไฟฟ้าของโรงงานได้ 65% และการปรับสัดส่วนการใช้น้ำมันเตากับกลีเซอรีน ในสัดส่วน 60:40 สามารถลดการใช้น้ำมันเตาได้ 40% ตามแนวทางที่เสนอแนะทั้งหมดจะสามารถนำไปสู่การลดค่าฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ได้ร้อยละ 33%

Thesis Title Product environmental footprint evaluation of canned pasteurized crab meat

Author Mr. Ekachai Prathumsee

Major Program Environmental Management

Academic year 2017

Abstract

Product environmental footprint (PEF) is the environmental impact evaluation that considers all environmental impacts in the product life cycle. The canned pasteurized crab meat (CPCM) is one of product mainly produced to be export and could earn the beneficial income to Thailand. According to some international trade rule, the enhancing of production process in order to meet optimized resource and energy uses are required. The manufacturer have to use the tools or scaling for evaluation of environmental impact from their process. This study aimed to evaluate the PEF of CPCM by using the international reference life cycle data system (ILCD) midpoint method including 14 impact categories with PEF guideline. The scope of study is the production chain included acquisition of raw material step to manufacturing plant (cradle to gate). The results showed that only 5 significant from 14 categories were observed namely the impact of climate change, terrestrial acidification, ionizing radiation-human health effects, resource depletion-water and resource depletion- mineral, equals 2.57E+00 $kgCO_{2eq}$, 5.79E-01 mol H^{+}_{eq}, 1.94E-01 kg $U235_{eq}$, 3.36E-04 m^3 $water_{eq}$ and 1.62E-01 $kgSb_{eq}$ respectively. It can be noted that more than 50 % of total impact evaluation was caused by the manufacturing process. Moreover the resource depletion accounted for more than 95% of total significant impacts. Therefore the cleaner technology was conducted to evaluate the consumption of resource and energy in the production process. The priority of environmental aspects and solution procedure have been investigated. The consumption of water, electricity and fuel oil are prioritized aspects should be improved in their efficiencies respectively. The guideline for water consumption may select of high pressure water injection accessory instead of the cleaning by manual hand operation which could reduce the water uses as 19%. The reduction in use of electricity may involve the heat exchange between normal temperature raw water and cooler wastewater from the cooling system to reduce the load on the cooling system as 65%. While and the proportion of 60:40 ratio of fuel oil and glycerin that could reduce fuel oil by 40%. After improve the manufacturing process by using the guideline mentioned above, it could lead to 33% of PEF reduction.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีจากอาจารย์หลายๆ ท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ชัยศรี สุขสาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร.วาริท เจาะจิตต์ ผศ.ดร.ชีระวิทย์ รัตนพันธ์ และผศ.ดร.ปุญญานิช อินทรพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมถึง ผศ.ดร. ธันวดี สุขสาโรจน์ และ รศ.ดร. เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ คำแนะนำ ให้มุมมอง หลักคิด รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆในการทำวิจัยตรวจแก้ไขความถูกต้องเรียบร้อย ตลอดจนให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอบคุณ บริษัท แพ็คฟู้ด จำกัด คุณพรและคุณยอด สำหรับเป็นผู้ให้ข้อมูล อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่ในการเก็บข้อมูลทำวิจัยและให้ข้อมูลที่แท้จริงสำหรับนำไปประกอบการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนๆพี่ๆและครอบครัวของผู้วิจัย ที่สนับสนุนดูแลในทุกๆด้าน และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมาจนทำให้การศึกษาระดับปริญญาโทสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกชัย ประทุมศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(12)
รายการรูป	(15)
สัญลักษณ์ตัวย่อและคำย่อ	(18)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิด	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์	7
2.2 ความหมายของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์	7
2.3 กรอบการดำเนินงานของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์	8
2.4 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์	9
2.4.1 การกำหนดเป้าหมาย	9
2.4.2 การกำหนดขอบเขต	9
2.4.3 การทำบัญชีรายการข้อมูล	13
2.4.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	15
2.4.5 การแปลผลและรายงานผล	18
2.5 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด	19
2.5.1 หลักการการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด	19
2.5.2 วิธีการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีสะอาด	20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 วิธีการดำเนินการในทางปฏิบัติของเทคโนโลยีสะอาด 22

2.6 ผลิตภัณฑ์เนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 25

2.6.1 สถานการณ์ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปัจจุบันและข้อกำหนดทางสิ่งแวดล้อม 25

2.6.2 นิยามคำศัพท์ 27

2.6.3 แผนผังกระบวนการผลิตเนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 27

2.6.4 กระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 27

2.6.5 ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร 30

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 36

3.1 รูปแบบการวิจัย 36

3.2 วิธีการวิจัย 36

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 36

3.2.2 การทำบัญชีรายการข้อมูล 38

3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ 42

3.2.4 การแปลผล (Interpretation) 43

3.2.5 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดการผลิตที่สะอาด 43

บทที่ 4 ผลการศึกษา 46

4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 46

4.2 การจัดทำบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 46

4.3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 46

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 50

4.3.2 การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ 51

4.3.3 ภาวะฝนกรด 54

4.3.4 การลดลงของทรัพยากรน้ำ 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.5 การลดลงของทรัพยากร 56

4.4 ภาพรวมขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบเท่า 57

4.5 การระบุจุดวิกฤตของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 60

4.5.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 60

4.5.2 การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องปรับปรุงของกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 61

4.6 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดการผลิตภาพสีเขียว 63

4.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 63

4.6.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่พบในโรงงานโดยใช้ Ishikawa Diagram 68

4.7 แนวทางเลือกเพื่อการลดมลพิษและการใช้ทรัพยากร 69

4.7.1 การใช้ทรัพยากรน้ำ 69

4.7.2 การใช้ทรัพยากรไฟฟ้า 73

4.7.3 การผลิตไอน้ำโดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง 80

4.7.4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการได้มาของวัตถุดิบโดยเปลี่ยนจากการจับปูม้าธรรมชาติเป็นเพาะเลี้ยงในกระชัง 82

4.7.5 ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์หลังปฏิบัติตามแนวทางเลือก 83

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 84

5.1 บทสรุป 84

5.2 ข้อเสนอแนะ 85

บรรณานุกรม 86

ภาคผนวก 92

ภาคผนวก ก แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 93

ภาคผนวก ข บันชีข้อมูลการขนส่ง/การตัดออก/การปันส่วน 127

ภาคผนวก ค รายละเอียดการคัดกรองผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ 135

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง การคำนวณผลกระทบทั้ง 14 ด้าน/การคำนวณขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Normalization) 161

ประวัติผู้เขียน 191

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.3.4	แหล่งที่มาของวัตถุดิบจากแพปูที่ส่งเข้าโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	3
2.4.2-4	แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแบบจำลองของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 14 ประเภท	12
3.2.2.5	ที่มาของข้อมูลในแต่ละขั้นตอน	41
3.2.3	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 14 ด้านตามวิธี ILCD 2011 Midpoint method	42
4.2	บัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ของผลิตภัณฑ์ 1 กระป๋อง (446 กรัม)	48
4.3	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 1 กระป๋อง	49
4.5.2-1	การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องปรับปรุงของกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	62
4.5.2-2	จุดวิกฤตของปัจจัยการผลิตและของเสียของโรงงานผลิต	63
4.6.1	ผลิตภัณฑ์ พลังงาน และทรัพยากรในกระบวนการผลิตจากกระบวนการผลิตโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปี 2558	64
4.6.1-1	ผลการประเมินทางด้านเทคนิคโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปี 2558	65
4.6.1-2	ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์โรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปี 2558	65
4.6.1-3	ผลการประเมินความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อมโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปี 2558	66
4.6.1-4	การรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญในการประเมินเบื้องต้นของโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปี 2558	67
4.7.1-1	ทางเลือกการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านการใช้น้ำ	70
4.7.1-2	ค่าใช้จ่ายและการประหยัดน้ำรายปีโดยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง	71
4.7.1-3	ปริมาณทรัพยากรไฟฟ้าที่ลดลงได้ของกรณีศึกษาการป้องกันน้ำล้นถังพักน้ำสำรองโดยใช้วิธีการติดตั้งลูกลอยวัดระดับน้ำ	72
4.7.2-1	ทางเลือกการเพิ่มกระสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านการใช้ไฟฟ้า	74
4.7.2-2	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแบบไรอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ	75
4.7.2-3	ค่าตัวแปรต่างๆที่สามารถประหยัดได้ในการติดตั้งเครื่อง PHE	77
ข-3	ปริมาณต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการขนส่ง	128
ข-4	การตัดออก (Cut-off) สารเคมีและบรรจุภัณฑ์ของการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	130
ข-5	ปริมาณวัตถุดิบปันส่วนตามสัดส่วนของผลิตภัณฑ์	131
ข-6	ปริมาณการใช้ทรัพยากรการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ Claw ปี 2558	132

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค-1	แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อย (kg DB-eq) ต่อการใช้ทรัพยากร 1 หน่วย	150
ค-2	แสดงสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของสาร detergent และผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ที่สัมพันธ์กับสุขภาพ	151
ค-3	แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อย (CTUe) ต่อการใช้ทรัพยากร 1 หน่วย	153
ง-1	การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด	162
ง-2	การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	165
ง-3	การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด	168
ง-4	การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	172
ง-5	การคำนวณผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ	176
ง-6	การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) ทั้ง 14 ประเภท ตามวิธี ILCD 2011 midpoint V 1.08	178
ง-7	ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	179
ง-8	ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด	180
ง-9	Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด	182
ง-10	Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด	182
ง-11	Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด	183
ง-12	ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร	183
ง-13	Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านการ	185
ง-14	Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร	186
ง-15	Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร	186
ง-16	ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	187

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง-17	Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	188
ง-18	Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	189
ง-19	Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	189

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1.4	กรอบแนวคิดการวิจัย	5
2.3	กรอบการดำเนินงานของ Product Environmental Footprint	8
2.4.2-1	การกำหนดขอบเขตแบบ B2B	10
2.4.2-2	การกำหนดขอบเขตแบบ B2C	10
2.4.2-3	ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์	12
2.5.1-1	ลำดับชั้นของการลดมลพิษจากกระบวนการผลิต	19
2.5.1-2	เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	21
2.6.1-1	มูลค่าการส่งออกปูกระป๋องของประเทศไทย	26
2.6.1-2	ส่วนแบ่งการตลาดของการส่งออกไปยังประเทศต่างๆเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ปี 2559	27
2.6.3	แผนผังกระบวนการผลิตเนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	29
2.6.5-1	ขั้นตอนการเคลือบและพิมพ์สีลงบนแผ่นโลหะ	31
2.6.5-2	ขั้นตอนการผลิตฝากระป๋องแบบธรรมดา	32
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	37
4.1	ขอบเขตผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	47
4.3.1	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	52
4.3.2	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	53
4.3.3	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะฝนกรดต่อผิวดิน	55
4.3.4	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ	58
4.3.5	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากร	59
4.4	ภาพรวมขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบเท่า (Normalization)	60
4.5.1	แสดงขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรผลิตภัณฑ์	61
4.6.2-1	แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการใช้น้ำ โรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ จำกัด	68
4.6.2-2	แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการใช้ไฟฟ้า โรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	69
4.7.1	แนวทางเลือกการลดการใช้ทรัพยากรน้ำของโรงงาน	73

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7.2-1	กลไกการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate Heat Exchanger)	76
4.7.2-2	แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน	79
4.7.3-1	กลไกการทำงานของการนำไอเสียมาใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันเตา	81
4.7.3-2	แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้น้ำมันเตาในโรงงาน	81
4.7.4	แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการเพาะพันธุ์ปูแทนการจับปูธรรมชาติ	82
4.7.5	ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์หลังปฏิบัติตามแนวทางเลือก	83
ค-1	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	136
ค-2	แสดงองค์ประกอบของแรงปล่อยรังสี (Radiative forcing)	137
ค-3	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซน	138
ค-4	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเกิดรังสีไอออไนซ์ต่อสุขภาพของมนุษย์	139
ค-5	แสดงเส้นทางการกระจายรังสีไอออไนซ์	140
ค-6	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเกิดหมอกควันทางเคมี	141
ค-7	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก	143
ค-8	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ	145
ค-9	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ	146
ค-10	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง	148
ค-11	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด claw	149
ค-12	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็งและไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	150
ค-13	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ	152
ค-14	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน	154
ค-15	แสดงกลไกการเกิดภาวะฝนกรด	155
ค-16	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน	157

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค-17	แสดงความสัมพันธ์ของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินและของเสียจากการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์	158
ค-18	แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ	159
ค-19	ปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด claw	160
ง-1	ค่า Normalization ของวิธี ILCD	177

สัญลักษณ์คำย่อและคำย่อ

Et	=	Eutrophication – terrestrial คือ ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ
Ea	=	Eutrophication – aquatic คือ ภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ
LT	=	Land transformation คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ดิน
PM	=	Particulate matter/Respiratory Inorganics คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
PO	=	Photochemical ozone formation คือการเกิดหมอกควันทางเคมี
RD-W	=	Resource depletion – water คือการลดลงของทรัพยากรน้ำ
HT-C	=	Human toxicity – cancer effect คือ ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็ง
HT-NC	=	Human toxicity - non-cancer effect คือ ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง
IR	=	Ionizing radiations- human health effects คือ การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพ
CC	=	Climate change คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
EAF	=	Ecotoxicity - aquatic fresh water คือ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ
OD	=	Ozone depletion คือ การทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศ
RD-MF	=	Resource depletion mineral & fossil คือการลดลงของทรัพยากร
AC	=	Acidification คือ ภาวะฝนกรด
PEF	=	Product Environmental Footprint คือ ฟุตพริ้นต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์
CT	**=**	เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology)
PCR	=	Product Category Rules คือ ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินผลิตภัณฑ์
B2B	=	Business to Business คือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการผลิตเสร็จจากโรงงาน
B2C	=	Business to Consumer คือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การกระจายสินค้าการใช้งานและการกำจัดซาก

สัญลักษณ์คำย่อและคำย่อ (ต่อ)

CFC	=	Chlorofluorocarbon คือ สารอันตรายที่ทำลายชั้นโอโซนและก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก
CTUh	=	Comparative Toxic Unit for human
CTUe	=	Comparative Toxic Unit for ecosystems
PM 2.5	=	Particulate matter, size 2.5 μm คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
NMVOC	=	Non-Methane Volatile Organic Compounds คือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยไม่รวมก๊าซมีเทน
Sb	=	Antimony คือ ธาตุพลวงซึ่งเป็นธาตุบ่งชี้ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร
P	=	phosphorus คือ ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุบ่งชี้ผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ
N	=	Nitrogen คือ ธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุบ่งชี้ผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ
U-235	=	Uranium-235 คือ เป็นโลหะหนักสีเงินใช้เป็นธาตุบ่งชี้ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์
ILCD	=	International reference life cycle data system
CPCM	=	Canned Pasteurized Crab Meat
WSF	=	Water scarcity footprint

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสินค้าในระดับอุตสาหกรรมในอดีตที่ผ่านมามุ่งเน้นการบำบัดมลพิษที่ปลายทาง (End of pipe) เป็นหลัก เช่น การบำบัดน้ำเสีย มลพิษทางอากาศ เป็นต้น เพื่อบำบัดมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม บางครั้งมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ปล่อยมาจากกระบวนการผลิตมีความจำเพาะที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการบำบัด ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสินค้าโดยรวมสูงขึ้น นำไปสู่การลักลอบปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ต่อมามีการพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นสำหรับการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งกำจัดหรือลดมลพิษที่จุดกำเนิด (Pollution Prevention) และเริ่มสนใจประเมินทั้งวัฏจักรผลิตภัณฑ์ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้านและพัฒนาต่อเนื่องให้เกิดการพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนั้นการประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์จึงพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในอดีตได้ดียิ่งขึ้น และได้รับการยอมรับจากวงการนักวิชาการทั่วโลก ต่อมาสหภาพยุโรปได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้น จึงมีการพัฒนาเครื่องมือการประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ให้ครอบคลุมหรือแก้ไขข้อบกพร่องที่พิจารณาผลกระทบแค่ด้านใดด้านหนึ่ง เช่น คาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon footprint) หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Water footprint) เพื่อจะให้สินค้าเป็นผลิตภัณฑ์สีเขียว (Green product) อย่างแท้จริงตามกระแสการค้าในตลาดโลกที่สหภาพยุโรปประกาศนโยบายตลาดสินค้ามาตรฐานเดียวเพื่อสิ่งแวดล้อม (Single Market for Green Products) โดยเรียกแนวคิดนี้ว่า Product Environmental Footprint (PEF) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และเป็นมาตรฐานฉลากสิ่งแวดล้อมกลุ่มใหม่ของสหภาพยุโรปซึ่งจะนำร่องในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (European commission; Environment, 2013).

เนื่องจากประเทศไทยพึ่งพารายได้หลักจากการส่งออกสินค้าประมาณ 52 % ต่อ GDP (กรมศุลกากร, 2557) ตลาดคู่ค้าหลักของไทยได้แก่ สหรัฐฯ จีน ญี่ปุ่น อาเซียน และสหภาพยุโรป ซึ่งมีความสำคัญกับตลาดส่งออกไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะสหภาพยุโรปเป็นผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารทะเลและประมงมากที่สุดในโลกภูมิภาคหนึ่ง ดังนั้น การเข้าถึงตลาดยุโรปโดยสามารถปฏิบัติตามข้อบังคับหรือกฎระเบียบต่างๆได้ จะทำให้สามารถเข้าถึงตลาดร่วมขนาดใหญ่ที่มีกำลังซื้อสูงที่สุดในโลก ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลอย่างผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์เป็นสินค้าอีกประเภทหนึ่งที่ส่งออกตลาดยุโรปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการเข้าถึงกฎระเบียบข้อบังคับของประเทศคู่

ค้าจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการหรือผู้ค้าส่งสินค้าต้องเตรียมรับมือ ข้อกำหนดทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่สหภาพยุโรปให้ความสำคัญ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ดำเนินการตามแนวทาง PEF เพื่อพิจารณาการใช้ทรัพยากรและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต โดยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และเข้าสู่กระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย (Business-to-Business)

การวางนโยบายทางด้านสิ่งแวดล้อมของสหภาพยุโรปที่ชัดเจนเรื่องการค้าเชิงพาณิชย์สีเขียวทั้งภูมิภาค แสดงให้เห็นถึงการขับเคลื่อนในมิติทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่จะก้าวควบคู่กันไปและสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ ซึ่งสิ่งที่ประเทศคู่ค้าอย่างประเทศไทยที่จะได้รับในการปฏิบัติตามข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อม (การติดฉลากฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อม) คือ ช่วยลดต้นทุนในการผลิตสินค้าในระยะยาวและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ลดการกีดกันทางการค้ากับประเทศคู่ค้า สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคเกิดความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันในตลาดโลกได้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและเข้าสู่กระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่อการผลิต 1 กระป๋อง โดยใช้แนวทางการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์

1.2.2 เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรการผลิตโดยใช้เทคนิค Cleaner Technology : CT

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตของเนื้อหา

- ศึกษากระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ โดยทำการเก็บข้อมูลวัตถุดิบ การขนส่งและการใช้พลังงานตั้งแต่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบและเข้าสู่กระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพร้อมจำหน่าย (Business to Business)

- ศึกษาคู่มือการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product Environmental Footprint Guide 2013) ขององค์กร Institute for Environmental and Sustainability (European Commission, 2013)

1.3.2 ขอบเขตของการเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูล (ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ) ของวัตถุดิบ การขนส่ง และการใช้พลังงานของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ตั้งแต่การจับปู การขนส่ง การพาสเจอร์ไรซ์ในโรงงาน และการบรรจุกระป๋องต่อการผลิต 1 กระป๋อง

1.3.3 ขอบเขตของเวลา

เดือน เมษายน 2558 – กันยายน 60

1.3.4 ขอบเขตของพื้นที่

- การจับปู

ตารางที่ 1.3.4 แหล่งที่มาของวัตถุดิบจากแพปูที่ส่งเข้าโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

วัตถุดิบ		**แพปู**	**ที่ตั้ง**
เนื้อปู	**ปูตัวต้ม**		
√	-	ท่าศาลา	อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
√	√	สงขลา	อ.สิงหนคร จ.สงขลา
√	-	ชุมพร	จ.ชุมพร
√	√	ดอนสัก	อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
√	-	ปากพูน	อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช
-	√	ปัตตานี	จ.ปัตตานี
-	√	หัวไทร	อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช
-	√	ตรัง	จ.ตรัง

หมายเหตุ : กรณีศึกษาดังกล่าวมีจำนวนแพที่ป้อนวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานมากกว่า 1 แหล่ง จำนวนตัวอย่างที่ต้องรวบรวมจะต้องครอบคลุมการผลิตอย่างน้อย 50% ของปริมาณวัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงาน (Guideline for PCR Pasteurized Crabmeat, 2001)

-โรงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

บริษัท XXX จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ XXX หมู่ X ถนนXXX ตำบลปากพนังฝั่งตะวันตก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80140

ผลิตภัณฑ์ (Products) ของโรงงานมีทั้งหมด 5 ชนิด ดังนี้

1 Claw 31 %

2 Jumbo Lump 23%

3 Premium 22 %

4 Special 20 %

5 Colossal 4%

บรรจุภัณฑ์ (package) มี 2 ชนิด ได้แก่ กระป๋องพลาสติก (30 %) และกระป๋องเหล็ก (70 %) แต่การบรรจุกระป๋องพลาสติกมีอัตราการผลิตน้อยลงมากและต้องผลิตตามออเดอร์ลูกค้า ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะอนุมานเพียงการบรรจุกระป๋องเหล็กเท่านั้น

หมายเหตุ : เลือกประเมินเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมากที่สุดของโรงงาน

1.3.4 ขอบเขตของเครื่องมือที่ใช้ศึกษา

1 แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกสำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

2 แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกสำหรับการจับปูม้า

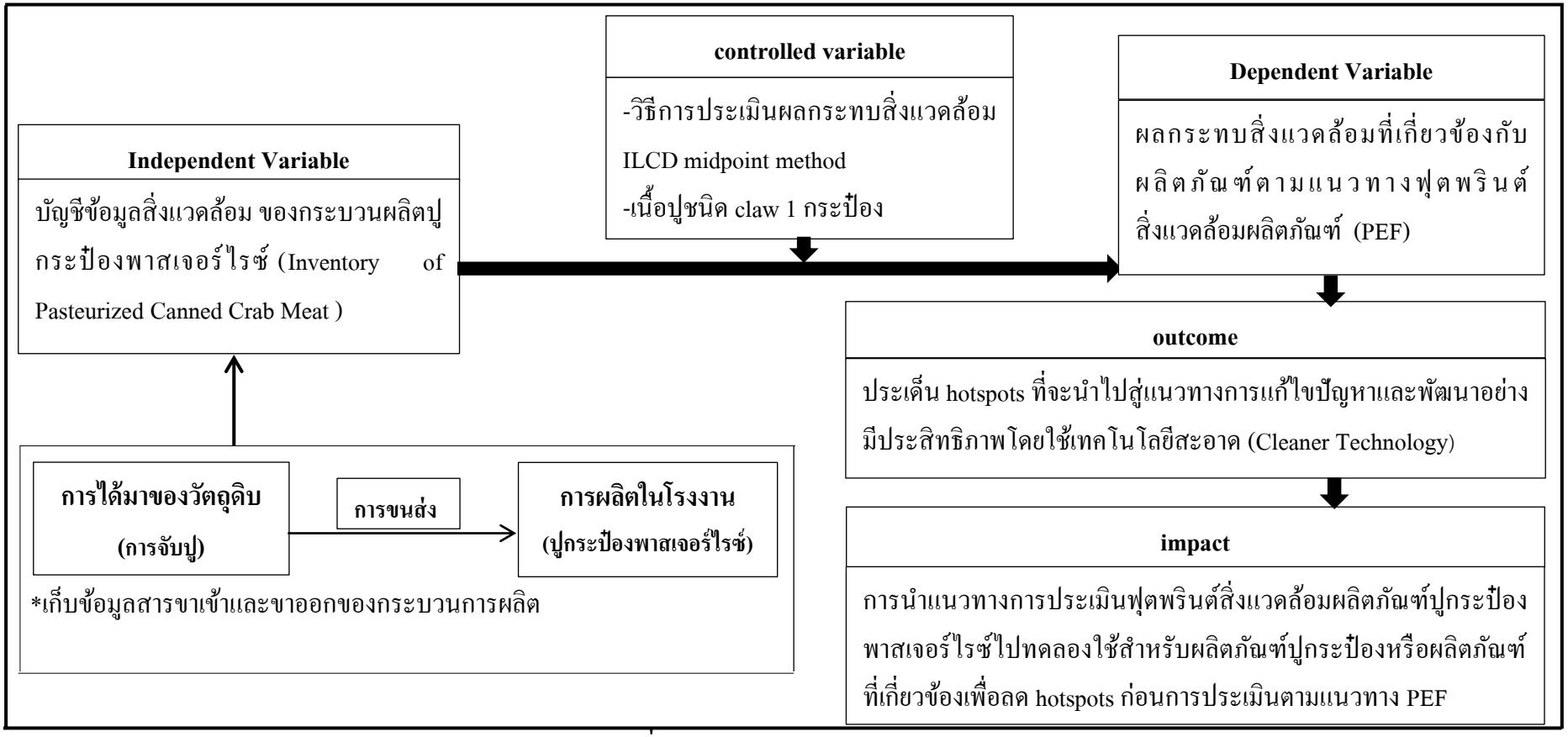
3 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) ทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของผลิตภัณฑ์ การจัดทำบัญชีสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ การประเมินผล การแปลผล และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

4 ฐานข้อมูล Ecoinvent Version 3.3

5 ฐานข้อมูล Thai National Life Cycle Inventory Database

6 วิธีการประเมินแบบ ILCD 2011 Midpoint Version 1.08

1.4 กรอบแนวคิด



รูปที่ 1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นฐานข้อมูล (Database) ของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

1.5.2 เป็นแนวทางในการประเมิน PEF สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ

1.5.3 เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรการผลิตและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

1.5.4 ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product Environmental Footprint : PEF)

ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (Product Environmental footprint : PEF) เป็นฉลากสิ่งแวดล้อมกลุ่มใหม่ของสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งได้ริเริ่มแนวความคิดตั้งแต่ ค.ศ. 2010 เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้มีการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมประเด็นที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าและบริการตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต โดยถูกดำเนินการภายใต้สถาบันสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนร่วมกับศูนย์วิจัยแห่งชาติยุโรปแห่งชาติ (Joint Research Centre and Centre Institute for Environment and Sustainability (JRC-IES)) ซึ่งมีระเบียบปฏิบัติของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product Environmental Footprint Category Rules ; PEFCRs) เพื่อแนะนำแนวทางและวิธีการในการประเมิน ผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (European Commission, 2013) โดยวิธีการศึกษาจะอยู่บนพื้นฐานของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ตามมาตรฐาน ISO 14000 - มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management Standard) ภายใต้อนุกรมของ ISO 14000 ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิต (ISO 14000, 2006) มีดังนี้

ISO 14020 เป็นหลักการขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการใช้ฉลากสิ่งแวดล้อม

ISO 14025 เป็นแนวทางหลักการและข้อกำหนดของวิธีการรับรองผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ฉลากประเภทที่ 3

ISO 14040 การจัดการสิ่งแวดล้อม-การประเมินวัฏจักรชีวิต-หลักการและกรอบการประเมินผลิตภัณฑ์

ISO 14044 การจัด การสิ่งแวดล้อม-การประเมินวัฏจักร-ข้อกำหนดและคำแนะนำ

2.2 ความหมายของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product Environmental footprint : PEF)

Institute for Environment and Sustainability and Joint Research Centre กล่าวว่า PEF is a multi-criteria measure of the environmental performance of a good or service throughout its life cycle (European Commission, 2013)

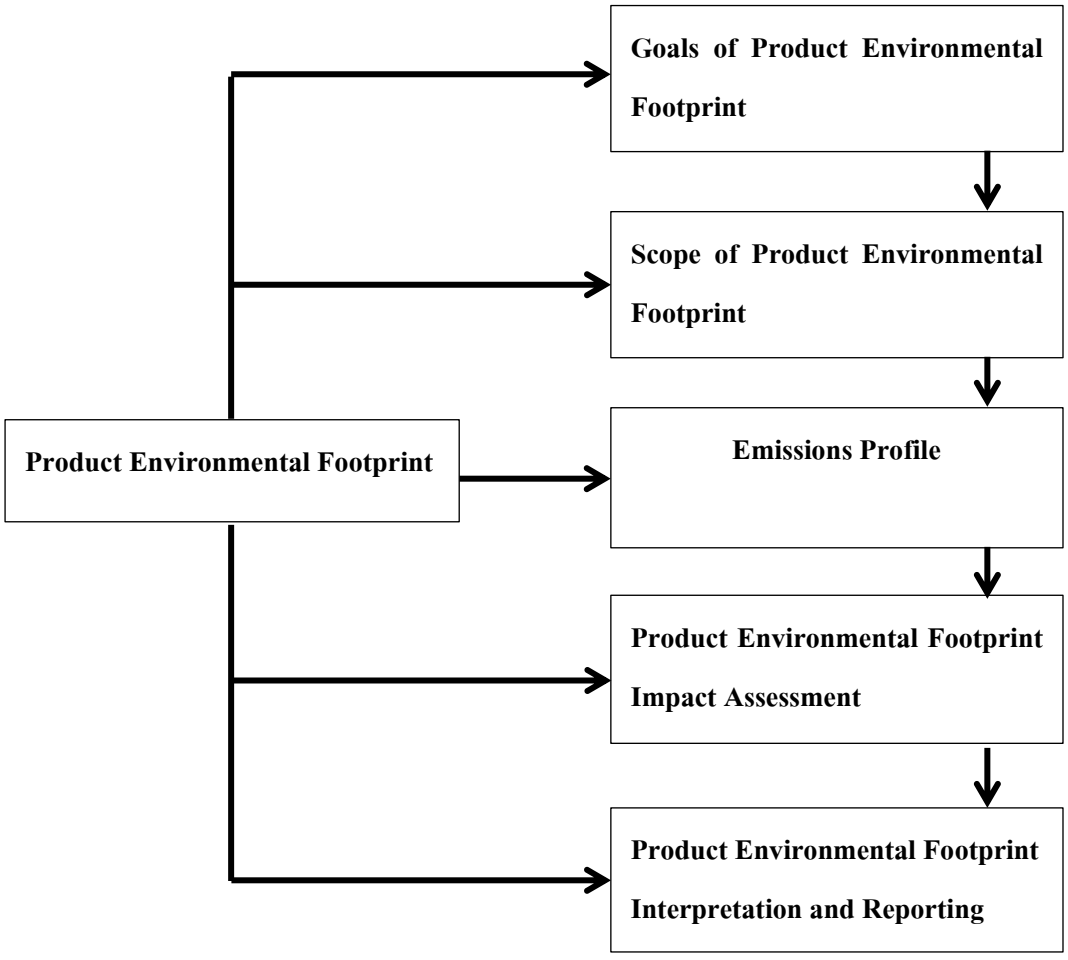
ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ เป็นเกณฑ์การแสดงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลายๆด้านที่ปล่อยออกมาจากวงจรของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

A Product Environmental Footprint is, an EPD or any type of product LCA intended for eco-design, comparative assertion, improvements etc. (ILCD Handbook, 2012)

ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ คือ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมผลกระทบสิ่งแวดล้อม 14 กลุ่ม โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งอยู่บนพื้นฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (สุรชัย สถิตคุณารัตน์, 2559)

2.3 กรอบการดำเนินงานของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่บนพื้นฐานหลักการ 5 ขั้นตอนสำคัญดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กรอบการดำเนินงาน Product Environmental Footprint (European Commission, 2013)

2.4 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

2.4.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definitions)

การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ จะต้องมีการกำหนดเป้าหมายของการศึกษาเพื่อวัดผลของการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) สามารถนำไปกำหนดเป็นเป้าหมายในการแข่งขันทางการค้าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ดังนี้

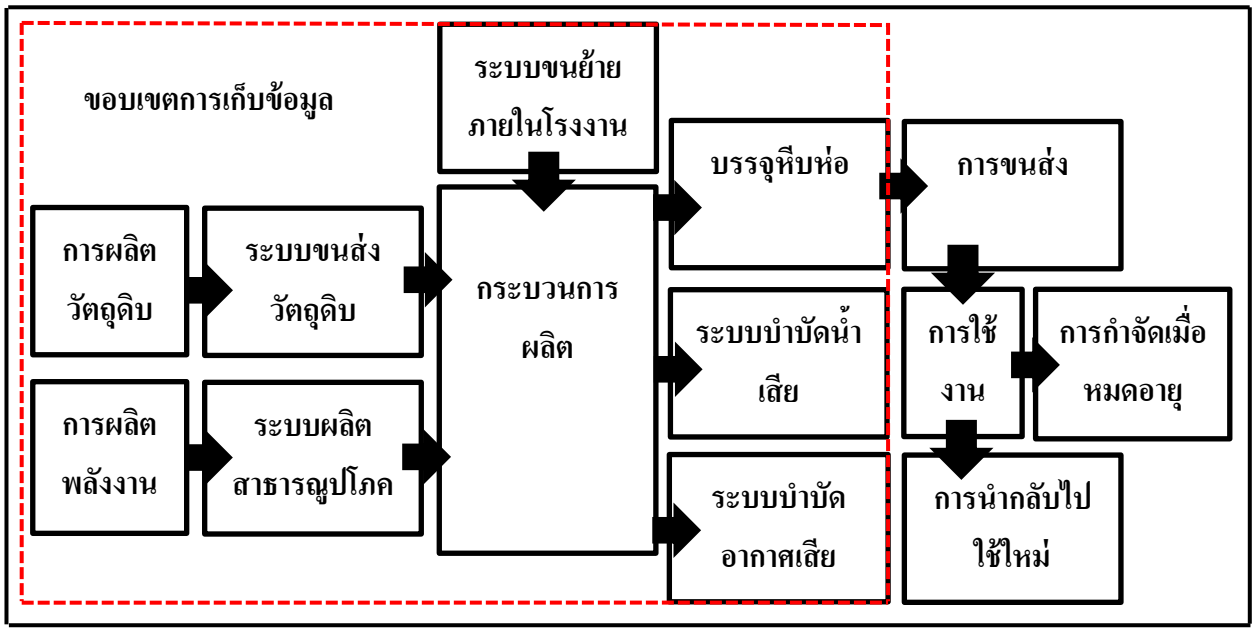
- เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต
- เพื่อการจัดทำฉลากฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อม (Product Environment footprint) โดยมีช่องทางการสื่อสารที่แสดงให้ผู้บริโภคเห็นว่าสินค้าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ทั้งในกระบวนการ วัตถุดิบที่ใช้ เป็นต้น

โดยเป้าหมายข้างต้นจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้หากวัตถุประสงค์ของการศึกษาต้องการความถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือและใช้ประโยชน์ได้จริงกับโรงงาน ในการกำหนดขอบเขตการศึกษา ระยะเวลาการศึกษา และงบประมาณค่าใช้จ่ายในการศึกษาก็จะสูงขึ้นอีกระดับหนึ่ง (รวิน และคณะ, 2556)

2.4.2 การกำหนดขอบเขต (Scope Definitions)

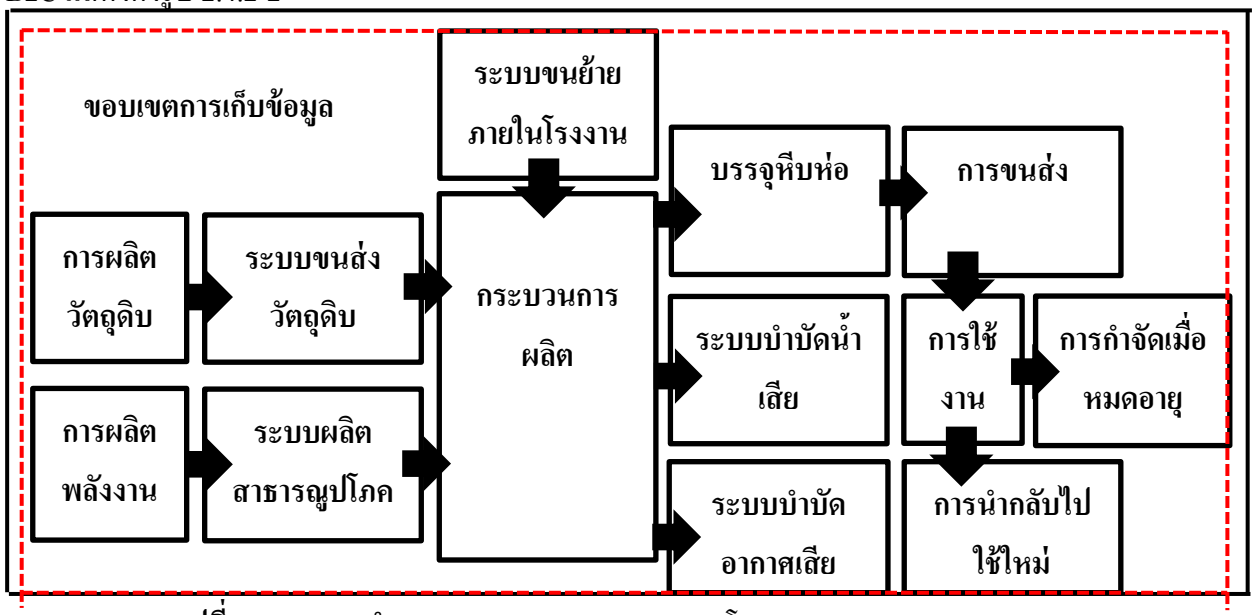
1 กำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะศึกษา ซึ่งเป็นการกำหนดกรอบของการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 แบบหลักดังนี้

- การกำหนดขอบเขตแบบ Business to Business (B2B) เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานจนถึงกระบวนการผลิตในโรงงานจนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยจะไม่ประเมินในขั้นตอนการใช้งาน (การบริโภค) และการกำจัดเมื่อหมดอายุ การกำหนดขอบเขตแบบ B2B เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการใช้งานได้ชัดเจน เช่น น้ำ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และวัสดุต่างๆ (เช่น กระดาษ พลาสติก) (รวิน และคณะ, 2556) ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ B2B แสดงดังรูป 2.4.2-1



รูปที่ 2.4.2-1 การกำหนดขอบเขตแบบ B2B (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

-การกำหนดขอบเขตแบบ Business to Consumer (B2C) เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน กระบวนการผลิตในโรงงาน การจัดจำหน่าย การบริโภค และการกำจัด ซึ่งการกำหนดขอบเขตแบบ B2C เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบผลในขั้นตอนการใช้งานได้อย่างชัดเจน เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (รวิน และคณะ, 2556) ตัวอย่างของขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ B2C แสดงดังรูป 2.4.2-2



รูปที่ 2.4.2-2 การกำหนดขอบเขตแบบ B2B (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

2 การกำหนดหน่วยทำงาน (Unit of analysis) (นาทวี โวรายอด, 2014)

2.1 หน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ต้องมีการระบุหน้าที่ของผลิตภัณฑ์และต้องสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนด ส่วนหน้าที่ของผลิตภัณฑ์อาจมีหลายหน้าที่ทั้งหน้าที่หลักและหน้าที่รอง ดังนั้นการกำหนดหน้าที่จึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 หน่วยผลิตภัณฑ์

หน่วยผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อบอกขนาดของการวัดหรือการเก็บข้อมูลสารขาเข้า-สารขาออกจากระบบ โดยเป็นตัวกำหนดให้การวัดการเก็บข้อมูลและการประเมินผลอยู่บนพื้นฐานของขนาดเดียวกัน ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาอื่นๆ โดยหน่วยวัดของผลิตภัณฑ์อาจจะเป็นปริมาณทางกายภาพ เช่น กิโลเมตร ลิตร เป็นต้น หน่วยวัดปริมาณมูลค่า เช่น บาท เยน เป็นต้น หรือหน่วยวัดปริมาณทางพลังงาน เช่น กิโลวัตรต่อชั่วโมง เป็นต้น

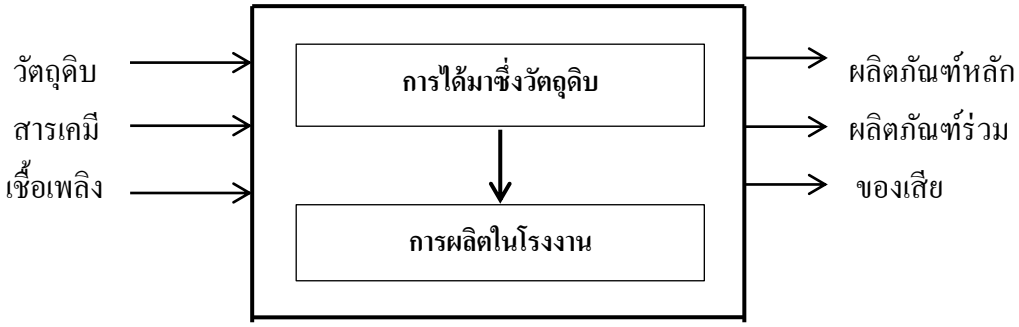
2.3 ลักษณะ 3 ประการของการกำหนดหน้าที่ผลิตภัณฑ์

- คุณสมบัติพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ (Specification)
- ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (Efficiency)
- ความคงทนของผลิตภัณฑ์ (Permanency)

3 การกำหนดขอบเขตของระบบ (System boundaries)

เป็นขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์และระบบสิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงสารขาเข้า-สารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ย่อยแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้องที่จะใช้พิจารณาตามกรอบการประเมินซึ่งระบุไว้ดังนี้

- การระบุสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการย่อย
- สารขาเข้า เช่น วัตถุดิบ สารเคมี เชื้อเพลิง เป็นต้น
- สารขาออก เช่น ผลิตภัณฑ์หลัก ผลิตภัณฑ์ร่วม ของเสีย เป็นต้น (นาทวี โวรายอด, 2014)



รูปที่ 2.4.2-3 ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์

4 การกำหนดประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Define of Environmental impact categories)

ตารางที่ 2.4.2-4 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแบบจำลองของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 14 ประเภท

ประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม	**แบบจำลองการประเมินผลกระทบ**	**แหล่งข้อมูล**
Climate Change	Bern modal-Global Warming Potentials (GWP) over a 100 year time horizon.	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007
Ozone Depletion (OD)	EDIP model based on the ODPs of the World Meteorological Organisation (WMO)	WMO 1999
Ecotoxicity-aquatic freshwater	USEtox model	Rosenbaum et al, 2008
Human Toxicity-non cancer effects	USEtox model	Rosenbaum et al, 2008
Human Toxicity-cancer effects	USEtox model	Rosenbaum et al, 2008

ตารางที่ 2.4.2-4 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแบบจำลองของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 14 ประเภทดังตาราง (ต่อ)

ประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม	แบบจำลองการประเมินผลกระทบ	แหล่งข้อมูล
Particulate Matter/Respiratory Inorganics	RiskPoll model	Rabl and Spadaro, 2004
Ionizing Radiation-human health effects	Human Health effect model	Frischknecht et al. 2000
Photochemical Ozone Formation	LOTOS-EUROS model	Van Zelm et al, 2008 as applied in ReCiPe
Acidification	Accumulated Exceedance model	Seppala et al., 2006, Posch et al, 2008
Eutrophication-terrestrial	Accumulated Exceedance model	Seppala et al., 2006, Posch et al, 2008
Eutrophication-aquatic	EUTREND model	Struijs et al, 2009 as implemented in ReCiPe
Resource Depletion-water	Swiss Eco-scarcity model	Frischknecht et al, 2008
Resource Depletion-mineral fossil	CML2002 model	Van Oers et all 2002
Land Transformation	Soil Organic Matter model	Mila I Canals et al, 2007

ที่มา European Commission, 2013

2.4.3 การทำบัญชีรายการข้อมูล (Emissions Profile)

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล เป็นขั้นตอนการระบุข้อมูลในเชิงปริมาณของสารขาเข้า-สารขาออกของกระบวนการย่อยหลายๆกระบวนการในการผลิตตลอดทั้งวัฏจักรการประเมินผลิตภัณฑ์ โดยดำเนินการภายใต้ขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา ในการรวบรวมข้อมูลในการจัดทำบัญชีรายการข้อมูลจะต้องเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมทั้งรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังของกระบวนการ (Flow diagram) ของกระบวนการ รวมทั้งรายละเอียดสารขาเข้า-สารขาออกทุกชนิดของกระบวนการ ซึ่งการดำเนินการจะประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

1.การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญก่อนการจัดทำบัญชีรายการข้อมูลเพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการได้มาซึ่งข้อมูลที่ทันสมัยและถูกต้องแม่นยำจะทำให้ผลการวิเคราะห์และการประเมินผลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้จะต้องเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับพื้นที่ศึก-
ษาวิจัย เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากพื้นที่อื่นที่ไม่ใช่เป็นพื้นที่ศึกษาอาจจะไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่แท้จริงเหมือนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาจริงได้ ดังนี้การได้มาซึ่งข้อมูลในพื้นที่ศึกษาจริงและเป็นข้อมูลที่เก็บเองโดยผู้วิจัยอาจจะเรียกว่าข้อมูลปฐมภูมิจะเป็นข้อมูลที่ดีที่สุด เพราะเป็นข้อมูลที่ทันสมัย และให้ความถูกต้อง เพราะฉะนั้นในการเก็บข้อมูลจริง (ข้อมูลปฐมภูมิ) ควรมีการออกแบบการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมและง่ายต่อการเก็บข้อมูล

2.การคำนวณข้อมูล

บางกรณีไม่สามารถเก็บข้อมูลจริงได้ จึงจำเป็นต้องมีการคำนวณขึ้นมาเอง เช่น ข้อมูลการปล่อยมลพิษ ซึ่งการคำนวณจะต้องมีการทำสมดุลมวล (Mass balance) เพื่อตรวจสอบปริมาณสารขาเข้าจะต้องเท่ากับสารขาออกเสมอ ถ้ามีปริมาณสารไม่เท่ากันจะต้องมีการตรวจสอบมลสารที่หายไป โดยบางโรงงานอาจจะไม่มีการตรวจวัดสารมลพิษที่ปล่อยออกมา เนื่องจากไม่มีกฎหมายควบคุมให้มีการตรวจวัดสารเหล่านี้ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน เป็นต้น

3.การปันส่วน

การปันส่วน เป็นเทคนิคในการประเมินการใช้วัตถุดิบ เชื้อเพลิง ระบบสาธารณูปโภค และสารเคมี เป็นต้นในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์หลัก (Main product) ร่วมกับ ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) หรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By-product) ที่มีการใช้วัตถุดิบ หรือเชื้อเพลิง หรือระบบสาธารณูปโภคร่วมกันในกระบวนการผลิต เทคนิคการปันส่วนจะช่วยให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้ทรัพยากร สาธารณูปโภค เชื้อเพลิง มีการใช้ในสัดส่วนเท่าไหร่ (รวิน และคณะ, 2556) วิธีการปันส่วนที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

3.1 การปันส่วนโดยข้อมูลทางด้านเทคนิค เช่น ข้อมูลการดำเนินงานของโรงงานในการผลิตสินค้า ซึ่งโดยส่วนใหญ่โรงงานจะมีข้อมูลกระบวนการผลิต

3.2 การปันส่วนโดยน้ำหนัก (กรณีที่ไม่มีข้อมูลเฉพาะของการผลิต) ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำการปันส่วนโดยใช้ข้อมูลทางด้านเทคนิคได้ จึงมีความจำเป็นต้องมีการปันส่วนในแบบ

ที่ 2 โดยอาศัยคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คือ การใช้ปั่นส่วนโดยน้ำหนัก หรือ การปันส่วนโดยปริมาตรที่จะใช้ในการสัดส่วนการใช้ระบบสาธารณูปโภคที่ใช้ร่วมกันกับผลิตภัณฑ์อื่น

3.3 การปันส่วนโดยข้อมูลราคาของผลิตภัณฑ์ การปันส่วนตามราคาของผลิตภัณฑ์จะใช้ในกรณีที่ราคาของวัตถุดิบต่างๆแต่ละชนิดมีสัดส่วนของราคาต่างกันค่อนข้างมาก จึงทำให้ไม่สามารถปันส่วนตามน้ำหนักในแบบที่ 2 ได้โดยการปันส่วนตามราคาเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ได้รับความนิยม (จักรพงษ์ และสุทธินันท์, 2556)

4 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เป็นกระบวนการการตรวจสอบปริมาณสารขาเข้า (input) และสารขาออก (output) ของกระบวนการผลิต ซึ่งจะต้องสมดุลกัน เพื่อที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำต่อไป (รวิน และคณะ, 2556) โดยใช้สมการที่ (1)

$$\in input = \in output \quad (1)$$

2.4.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Environmental Impact Assessment based on PEF)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (Product Environmental Footprint) ตั้งอยู่บนพื้นฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่จุดกำเนิดของปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากร การเกิดขยะมูลฝอย การปล่อยมลพิษลงสู่อากาศ น้ำ และดิน ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและเกิดการแพร่กระจายของสารมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ในที่สุดก็จะก่อให้เกิดภาวะมลพิษที่สร้างความเสียหายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับโลก โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวิธี ILCD midpoint method (ILCD Handbook, 2011) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดบทบาท (Characterization) เป็นขั้นตอนการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการผลิต ซึ่งจะทำให้ทราบถึงขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทของกิจกรรมดังกล่าว และจะนำไปสู่แนวทางการจัดการแก้ไขต่อไป

โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ 14 ด้าน การแสดงผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของตัวบ่งชี้ (indicators) โดยใช้สารขาเข้าหรือสารขาออกต่อหน่วยการประเมินคูณด้วยค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้าน (รวิน และคณะ, 2556) และรายละเอียดประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยนี้พิจารณาใช้การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวิธี The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) ซึ่งจัดการประเมินผลกระทบไว้ 14 ประเภทดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นผลกระทบอันเกิดจากการใช้พลังงานฟอสซิลเป็นหลักของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยอ้างอิงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าดังกล่าวถูกพิจารณาเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ 1 กิโลกรัม ($kgCO_{2eq}$)

1.2 การทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion) เป็นปรากฏการณ์การลดลงของชั้นโอโซนที่ปกคลุมผิวโลกเพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก การเกิดการลดลงของชั้นโอโซนเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CFC) จากกิจกรรมของมนุษย์ไปทำลายชั้นโอโซน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ชั้นโอโซนบางลงจนชั้นโอโซนเริ่มหายไปหรือเรียกว่า ช่องโหว่โอโซน เมื่อเกิดช่องโหว่โอโซนจะทำให้อุณหภูมิโลกบริเวณนั้นจะสูงกว่าปกติ เนื่องจากชั้นโอโซนที่กรองรังสีอัลตราไวโอเลตถูกทำลายลงทำให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศในที่สุด โดยอ้างอิงผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบกับคลอโรฟลูออโรคาร์บอน 1 กิโลกรัม ($kg\ CFC\text{-}11_{eq}$)

1.3 ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Ecotoxicity aquatic freshwater) เกิดจากการปนเปื้อนของมลสารที่มีความเป็นพิษลงสู่แหล่งน้ำจืดทั้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำบ่อตื้น เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำ และนำไปสู่การปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ได้ถ้าหากมีการอุปโภค-บริโภคน้ำดังกล่าว ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมถูกประเมินในรูปปริมาณเทียบเท่าความเป็นพิษของระบบนิเวศ CTUe

1.4 ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity – cancer effects) มลสารที่มีความเป็นพิษซึ่งมีการปนเปื้อนผ่านห่วงโซ่อาหารเข้าสู่มนุษย์ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โดยอ้างอิงเทียบเท่าปริมาณความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ CTU

1.5 ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity – cancer effects) มลสารที่มีความเป็นพิษซึ่งมีการปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โดยอ้างอิงเทียบเท่าปริมาณความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ CTU

1.6 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter/ Respiratory Inorganics) เป็นอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ มีลักษณะเป็นสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในอากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาหรือเรียกว่าฝุ่นละอองรวม

(TSP) ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ซึ่งฝุ่นขนาดเล็กได้แก่ PM 10, PM 2.5 นั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองรวม (TSP) เนื่องมีขนาดเล็กกว่าจะทำให้สามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจและมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละรวม (TSP) พิจารณาโดยอ้างอิงเทียบเท่ากับกิโลกรัมฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน 1 กิโลกรัม (kg $PM\ 2.5_{eq}$)

1.7 การปล่อยกัมมันตภาพรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ionizing Radiation-human health effects) หมายถึง รังสีชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติทำให้อะตอมหรือโมเลกุลของสสารที่รังสีนั้นไปตกกระทบ เกิดการแยกอนุภาคอิเล็กตรอน (electron) ออกไป ซึ่งสารที่ถูกรังสีตกกระทบนั้นจะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ รังสีไอออไนซ์มีทั้งที่อยู่ในรูปของอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผลกระทบจากการปล่อยกัมมันตภาพรังสีรังสีถูกพิจารณาเทียบเท่ากับ 1 กิโลกรัมยูเรเนียม-235 ($U\text{-}235_{eq}$)

1.8 การเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation) เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O) และสารอินทรีย์ระเหยง่ายออกสู่ชั้นบรรยากาศ ผลกระทบจากหมอกควันเคมีจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ พืชผลทางการเกษตรของเกษตรกรจะลดลง ผลกระทบต่อทัศนียภาพทัศนียภาพการมองเห็น เป็นต้น พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ 1 กิโลกรัม NMVOC เทียบเท่า (kg $NMVOC_{eq}$)

1.9 ภาวะฝนกรด (Acidification) เกิดจากการเผาไหว้เชื้อเพลิงในห้องเครื่องรถยนต์แล้วมีการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (S_2O) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากรถยนต์และโรงงาน ออกสู่บรรยากาศ ทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (S_2O)รวมตัวกับน้ำ (H_2O)ในชั้นบรรยากาศหลังจากนั้นจะรวมตัวกับก้อนเมฆ และก่อให้เกิดฝนกรด (H_2SO_4) ผลกระต่อที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดฝนกรดจะทำให้ มีการสึกหรอของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เช่น หินปูน โลหะ และคอนกรีต เป็นต้น พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ 1โมลไฮโดรเจนไอออนเทียบเท่า (mol H^+_{eq})

1.10 ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-terrestrial) เป็นสภาวะที่พืชบางชนิดบนพื้นดินมีการเจริญเติบโตมากผิดปกติ เนื่องจากเกิดการสะสมของธาตุไนโตรเจนมากเกินไป ซึ่งประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ 1 โมลไนโตรเจนเทียบเท่า (mol N_{eq})

1.11 ภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-aquatic) เกิดจากการมีธาตุอาหารจำพวก ไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสสูงกว่าปกติในแหล่งน้ำ ส่งผลให้ไปกระตุ้นให้พืชน้ำเติบโตมากผิดปกติ นำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ ซึ่งถูกพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ 1 กิโลกรัมฟอสฟอรัสเทียบเท่า (kg P_{eq})

1.12 การลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource Depletion-water) เป็นผลกระทบที่พิจารณาการลดลงของทรัพยากรน้ำใช้ในกิจกรรมการผลิตสินค้าหรือบริการที่สัมพันธ์กับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ โดยพิจารณาปริมาณการลดลงในหน่วยลูกบาศก์เมตรน้ำใช้เทียบเท่า (m^3 $water_{eq}$)

1.13 การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion-mineral, fossil) เป็นการลดลงของทรัพยากรแร่ธาตุและเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พิจารณาการลดลงของทรัพยากรต่อ 1 กิโลกรัมธาตุพลวงเทียบเท่า ($kgSb_{eq}$)

1.14 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Transformation) เป็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกิจกรรมหนึ่งไปเป็นอีกกิจกกรมหนึ่งได้แก่ การพัฒนาที่ดินจากพื้นที่รกร้างเป็นพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรม เป็นต้น พิจารณาเป็นปริมาณกิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า (kg C deficit)

2. การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) เป็นการแสดงขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือบริการในด้านต่างๆเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง (reference) เช่น ระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับนานาชาติหรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการจะอ้างอิง

3. การให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นการแสดงสัดส่วนค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ เพื่อแสดงให้เห็นถึงขนาดความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท เพื่อนำไปสู่การประเมินผลของผู้ประเมินที่จะเป็นคนกำหนดสัดส่วนน้ำหนักคะแนน (Weighting Factors: WF) (รวิน และคณะ, 2556)

2.4.5 การแปลผลและรายงานผล (Interpretation and Reporting)

การแปลผลเป็นขั้นตอนการนำผลการศึกษาจากขั้นตอนของการวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล (LCI) และขั้นตอนการประเมินผลกระทบ (LCIA) มาผนวกในการแปลผลลัพธ์เพื่อให้ได้ประเด็นปัญหา ซึ่งจะทำให้ทราบผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่จะก่อให้เกิดขนาดของความรุนแรงของผลกระทบ และทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของผลกระทบนั้นๆ การแปรผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ดังนั้นผู้ที่จะนำผลการศึกษาไปปรับใช้ในกระบวนการการผลิตเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในผลิตภัณฑ์ที่จะศึกษาเป็นอย่างดีและเข้าใจระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดีจึงสามารถนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่มีประสิทธิภาพได้ (พงษ์วิภา และคณะ, 2551)

การแปลผลการศึกษาเพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน

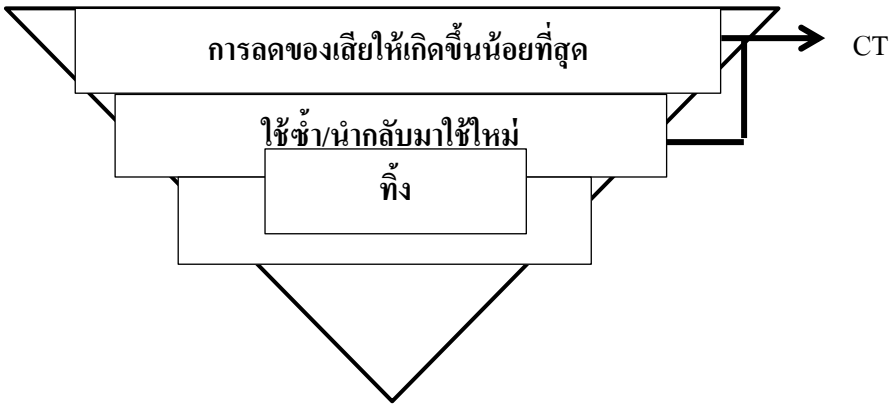
1. การจำแนกประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่มาจากผลลัพธ์การวิเคราะห์บัญชีข้อมูลเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์
2. การประเมินแนวทางเลือกเพื่อที่จะปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม
3. การคัดเลือกแนวทางเพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม จัดทำสรุป ข้อเสนอแนะและรายงานผล

2.5 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology: CT) เป็นกลยุทธ์การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม โดยการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์จากการใช้ทรัพยากรที่เป็นวัตถุดิบ พลังงานสารเคมี เป็นต้น ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นและเกิดของเสียน้อยที่สุดหรือไม่เกิดของเสียเลย กลยุทธ์ดังกล่าวจึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2556)

2.5.1 หลักการการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด

หลักการการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดมุ่งเน้นลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด โดยการผลิตที่ลดการเกิดของเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด การใช้ซ้ำ หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมของโรงงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลงโดยแสดงลำดับชั้นของการลดมลพิษจากกระบวนการผลิตดังรูปที่ 2.5.1-1



รูปที่ 2.5.1-1 ลำดับชั้นของการลดมลพิษจากกระบวนการผลิต (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2556)

2.5.2 วิธีการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีสะอาด

2.5.2.1 การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด เป็นการลดของเสียที่ต้นทางของการใช้ทรัพยากรการผลิต โดยจะต้องวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุการเกิดของเสียจากการใช้ทรัพยากร

1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation) เป็นการเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ที่ปรากฏเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น การลดขนาดความหนาของหีบห่อบรรจุสินค้า การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จากของเหลวเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ผง เป็นต้น

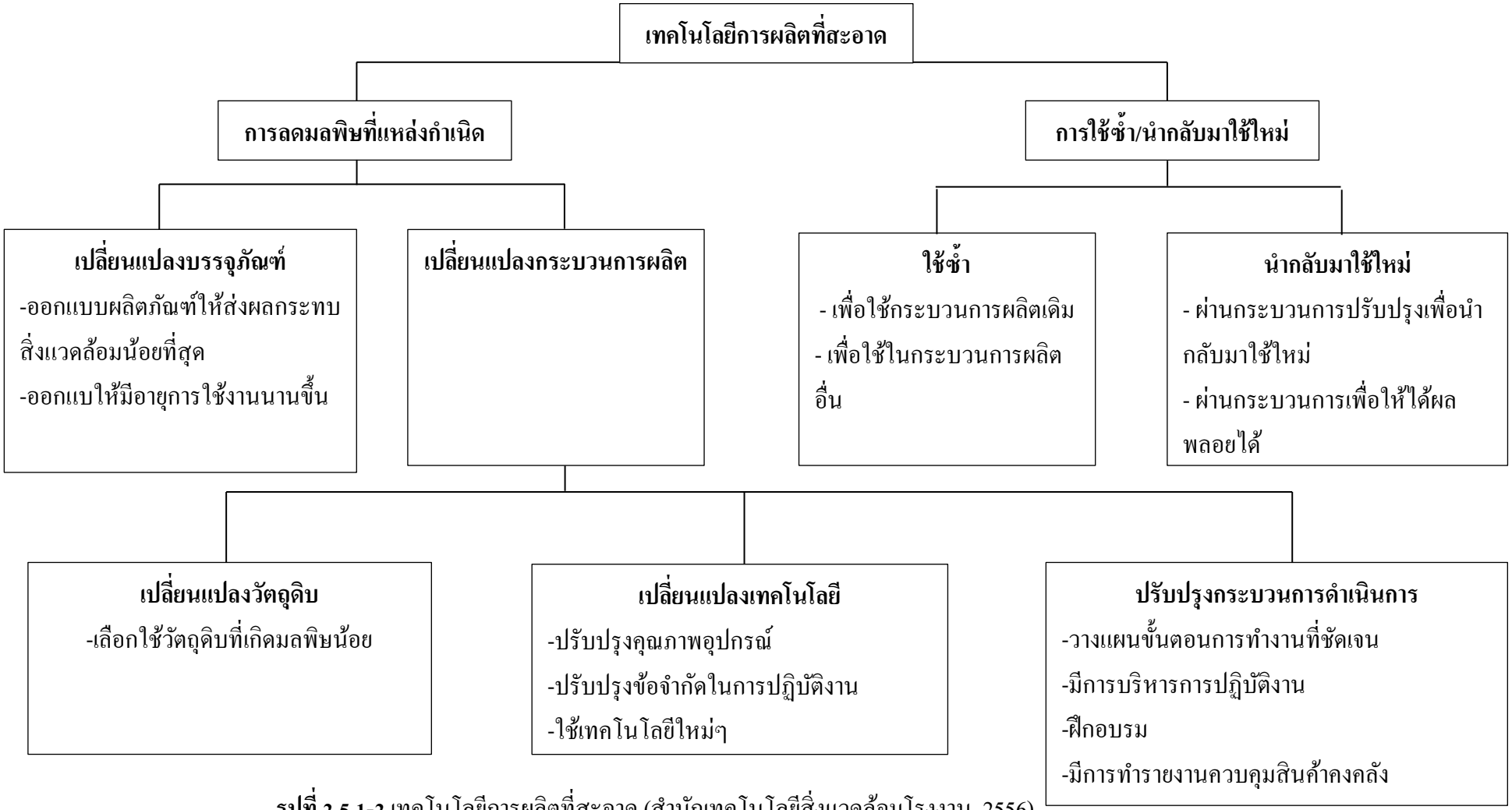
2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต (Process Change) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

-การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Input Material Change) เลือกใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนมลพิษน้อย เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

-การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี (Technology Improvement) โดยใช้วิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์ กลไกการผลิต หรือวิธีการต่างๆ เพื่อนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือลดของเสียให้น้อยลง พัฒนาข้อจำกัดของโรงงานให้สามารถดำเนินการได้ เป็นต้น

-การปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ (Operational Improvement) เป็นการปรับปรุงการบริหารจัดการการผลิต ให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิผล ทั้งลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น การวางแผนอบรมการใช้อุปกรณ์ ข้อควรระวังในการทำงานภายในโรงงาน มีระบบการใช้ทรัพยากรในโกดังที่เป็นลักษณะ First in – First out เพื่อลดคุณภาพการใช้ทรัพยากร มีการวางแผนซ่อมบำรุงอุปกรณ์/เครื่องจักรอย่างชัดเจน เป็นต้น

2.5.2.2 การใช้ซ้ำ (reuse) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) เป็นการนำของเสียจากกระบวนการต่างๆของการผลิตกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในขั้นตอนต่างๆ



รูปที่ 2.5.1-2 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2556)

-การใช้ซ้ำ (reuse) เป็นการนำของเสียจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ผ่านกระบวนการปรับแต่งหรือดัดแปลงก่อนการใช้งาน ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในกระบวนการเดิมหรือกระบวนการอื่นๆ เช่น การนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

-การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) คือการนำของเสียจากการผลิตไปผ่านกระบวนการดัดแปลง/ปรับแต่งก่อนแล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2556)

2.5.3 วิธีการดำเนินการในทางปฏิบัติของเทคโนโลยีสะอาด

เทคนิคการทำ CT (CT Technique) เป็นวิธีการดำเนินการหรือการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ได้ทั้ง กระบวนการผลิต อุปกรณ์เครื่องจักร วัสดุ/พลังงาน บุคลากร ผลิตภัณฑ์และของเสียที่เกิดขึ้น โดยหลักการปฏิบัติแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเริ่มต้น

- การจัดตั้งทีม CT ทีมงานประกอบด้วยสมาชิกจากฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องภายในองค์กร หากว่าองค์กรมีขนาดใหญ่ อาจจะมีการจัดตั้งทีมงายย่อยได้เพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน ทีมงาน CT มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำมาตรการ CT และรับผิดชอบงานทั้งหมดของกระบวนการ CT ผู้ที่เกี่ยวข้องในทีมงานจะต้องเป็นบุคลากรขององค์กรนั้น

- การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้น เป็นการเดินสำรวจขอบเขตของกระบวนการทำ CTเบื้องต้นของทีมงานทุกคนเพื่อที่จะให้สมาชิกในทีมงานเห็นสภาพจริงของปัญหาอย่างคร่าวๆ เพราะฉะนั้นข้อมูลจากการสำรวจและเก็บข้อมูลจะนำไปสู่การค้นพบปัญหาและนำไปสู่การค้นหาสาเหตุและทางแก้ไขต่อไปในเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน

- การแยกแยะปัญหาและสาเหตุ ซึ่งเครื่องมือในการบ่งชี้แยกแยะปัญหามีหลายรูปแบบ จะทำให้ทีมงาน GP ทราบถึงปัญหาที่แท้จริงและต้นเหตุของปัญหาเหล่านั้นโดยมีเครื่องมือดังนี้

เทคนิค Eco-Mapping

เทคนิค Eco-Mapping เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อม โดยการจัดทำแผนผังแบบ Bird's eye view แสดงถึงการจัดการและกระบวนการผลิตของบริษัท เพื่อให้ได้รูปแบบของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะทำให้สามารถหาจุดบกพร่องได้จากการการสำรวจผ่าน Eco-mapping

เทคนิคการระดมสมอง (Brain Storming)

เทคนิคการระดมสมอง (Brain Storming) เป็นการที่ฝ่ายบริหารและฝ่ายลูกจ้างร่วมมือกันในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปสู่วิธีการที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด การระดมสมองสามารถช่วยให้พบปัญหาใหม่ๆได้ และช่วยในการพิจารณาแนวทางใหม่ๆในการแก้ปัญหาเดิมที่มีอยู่

เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa Diagram)

เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa Diagram) ใช้ในการวิเคราะห์และแสดงภาพข้อมูลของปัญหา เป็นวิธีการที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหา บางครั้งเรียกว่า fish-bone diagram หรือ cause-effect analysis

- การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย หลังจากทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจะนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างและการประเมินแนวทางเลือก

- การสร้างแนวทางเลือก เมื่อมีการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน จะทำให้สามารถสร้างแนวทางเลือกได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุด

- การตรวจสอบและประเมินแนวทางเลือก เป็นขั้นตอนการเลือกแนวทางที่สร้างขึ้นมาโดยการจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาทางด้านเทคนิค สิ่งแวดล้อม และการเงินเพื่อเลือกแนวทางเลือกที่วิกฤตและเร่งด้วยที่จะต้องแก้ไขอย่างด่วนที่สุด ในการจัดลำดับความสำคัญจำเป็นจะต้องพิจารณาด้วยกัน 3 องค์ประกอบ

1. การประเมินด้านเทคนิค พิจารณาโดยใช้ปัจจัยหลักโดยการเทียบกับมาตรฐานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ
    - Internal Benchmarking เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลการผลิตในอดีตของโรงงาน
    - External Benchmarking เป็นการเปรียบเทียบจากแหล่งข้อมูลมาตรฐานอื่นๆ เช่น มาตรฐานจากต่างประเทศ
2. การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการประเมินผลกระทบในเชิงมูลค่าหรือประเมินในรูปตัวเงินถึงค่าใช้จ่ายในการทำ CT
3. การประเมินด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรการผลิต

สิ่งที่ควรใช้ประกอบการพิจารณาการเลือกใช้เทคนิค CT ที่จะนำไปปฏิบัติขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 อย่างคือ

- ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นระยะเวลาที่จะได้ผลกำไรสุทธิกลับคืนมาคุ้มค่ากับการลงทุนทำ CT ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (2)

  ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

  = เงินลงทุนทั้งหมด (บาท) / กำไรเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี) (2)

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) เป็นค่าที่ใช้ในการพิจารณาช่วงเวลาการลงทุนที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นค่าที่บอกถึงกระแสเงินในอนาคตเทียบกับมูลค่าในปัจจุบันซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3)$$

n = อายุของโครงการ(ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ(total investment)

i = อัตราลดค่า (discount rate)

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการตามแนวทางแก้ไขที่ได้คัดเลือก

- การกำหนดแผนดำเนินงาน ทางเลือก CT ที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำมาแจกแจงรายละเอียดเป็นแผนปฏิบัติการ โดยครอบคลุมถึงกิจกรรมที่กระทำ ผู้รับผิดชอบ และระยะเวลาดำเนินการ

- การดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ทีม CT จะทำการปรับปรุงองค์กรตามแผนดำเนินการที่วางไว้ ในช่วงนี้อาจจำเป็นต้องมีการปรับแผนดำเนินงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

- ฝึกฝน สร้างความตระหนักและพัฒนาขีดความสามารถ เพื่อให้การปรับปรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีการฝึกอบรมบุคลากรเพื่อสร้างความตระหนักในแนวคิด GP และมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 5 การวัดผลและตรวจสอบ

- การตรวจวัดและประเมินผลที่เกิดขึ้น ผลลัพธ์ที่เกิดจากการทำ CT จะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินการที่ยั่งยืนภายใต้แนวคิดของ CT

- การเสริมสร้างแนวคิดจีพี ในระบบการจัดการขององค์กร ผู้บริหารขององค์กรควรสร้างบรรยากาศและวางนโยบายที่จะเสริมสร้างและส่งเสริมแนวคิดของการเพิ่มผลผลิตสีเขียวในองค์กร เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ต่อเนื่องและยั่งยืน

- การกำหนดปัญหาใหม่เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทีม CT ทำการสำรวจกิจกรรมต่างๆขององค์กรและกำหนดปัญหาใหม่เพื่อวัฏจักรการทำงานใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในองค์กร (Lynn Johannson., 2006)

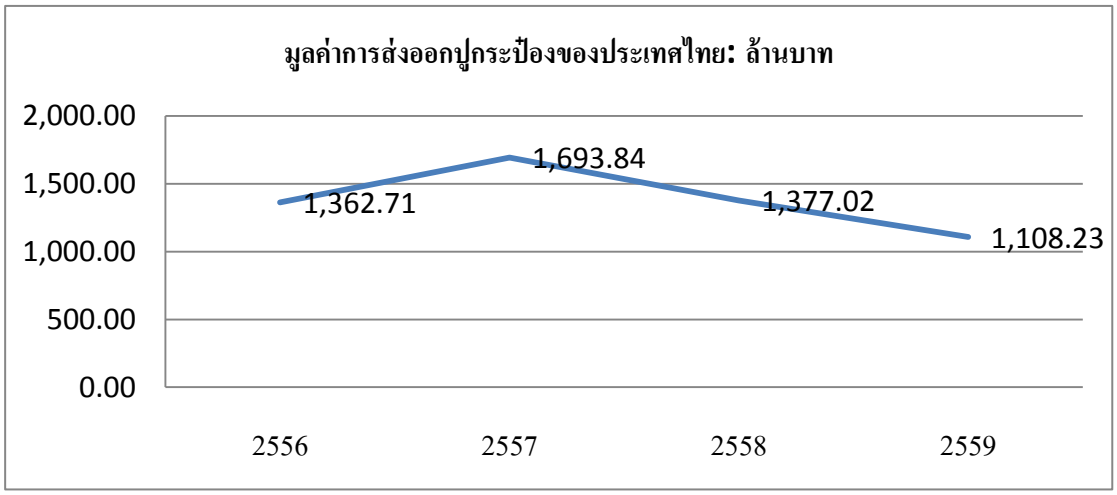
2.6 ผลิตภัณฑ์เนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

2.6.1 สถานการณ์ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในปัจจุบันและข้อกำหนดทางสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ของไทยมีสัดส่วนน้อยมากคิดเป็น 1.56 % ของการส่งออกสินค้าประมงของไทย แต่ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์นับเป็นสินค้าประมงในกลุ่มผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องที่สร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายล้านบาท โดยมีมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี 2556-2559 เท่ากับ 1,362.71 1,693.84 1,377.02 และ 1,108.23 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2559) ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.6.1-1

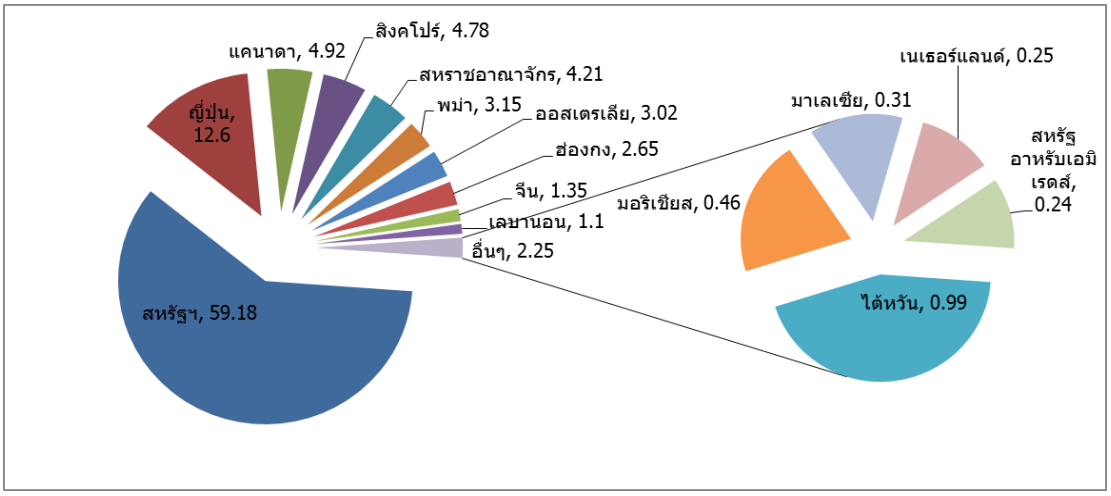
ส่วนแบ่งการตลาด (Market share) ในการส่งไปยังคู่ค้า 15 ประเทศแรก คิดเป็น 99.22% ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น สหรัฐฯ และญี่ปุ่นเป็นหลักและประเทศอื่นๆแสดงดังรูปที่ 2.6.1-2

สำหรับโรงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ เป็นผู้ส่งออกเนื้อปูม้าบรรจุกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์รายใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งได้เริ่มดำเนินธุรกิจการผลิตปูกระป๋องตั้งแต่ ปี 2540 แหล่งวัตถุดิบจะมาจากแพปลา/แพปูในภาคใต้ เช่น แพปูสงขลา แพปูชุมพร แพปูปัตตานี เป็นต้น เมื่อพิจารณาข้อบังคับด้านเทคนิคที่



รูปที่ 2.6.1-1 มูลค่าการส่งออกปูกระป๋องของประเทศไทย (กรมศุลกากร, 2559)

เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ในปี2561 สหภาพยุโรปจะนำนโยบาย single market for green products มาบังคับใช้อย่างเป็นทางการสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องส่งเข้าสหภาพยุโรป (สุรชัย สถิตคุณารัตน์, 2559) ถึงแม้ว่าสัดส่วนการส่งออกไปยังยุโรปจะน้อยเมื่อเทียบกับสหรัฐฯ แต่องค์กรสิ่งแวดล้อมสหรัฐฯก็มีแนวทางที่จะดำเนินการตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรปด้วย โดยเฉพาะวอลมาร์ทซึ่งเป็นบริษัทค้าปลีกอันดับ 1 ของโลกเตรียมตอบรับการดำเนินการตาม PEF เพื่อปฏิบัติตามเป้าหมายที่ 12 การบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืนของแผนการพัฒนาที่ยั่งยืน สหประชาชาติ (SIERRA CLUB, 2013) ดังนั้นเพื่อรักษาส่วนแบ่งการตลาดการส่งออกไปยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ผู้ส่งออกจำเป็นต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดทางสิ่งแวดล้อมของกลุ่มประเทศคู่ค้า



รูปที่ 2.6.1-2 ส่วนแบ่งการตลาดของการส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ปี 2559 (กรมศุลกากร, 2559)

2.6.2 นิยามคำศัพท์

เนื้อปูกระป๋อง (CANNED CRAB MEAT) หมายถึง เนื้อปูที่ได้จากส่วนใดส่วนหนึ่งของปูทั้ง กาม ขา และเนื้อที่ได้จากกระดองปูคือ sub-order Brachyura ใน order Decapoda และปูทุกชนิดที่อยู่ในวงศ์ Lithodidae ซึ่งนำมาผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์แล้วบรรจุกระป๋อง (Guideline for PCR Pasteurized Crabmeat, 2001)

การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) โดยอาศัยความร้อน (thermal processing) ในการฆ่าเชื้อเพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) จุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียง่าย (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2550)

เนื้อปูม้าพาสเจอร์ไรซ์บรรจุภาชนะ หมายถึง เนื้อปูที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ บรรจุภาชนะ เก็บรักษาที่ 0-3 ^{o}C (อบก, 2554)

กากปู หมายถึง ส่วนที่เหลือจากการแกะเนื้อปู เช่น เปลือกปูอ่อน เปลือกปูแข็ง ส่วนของเยื่อที่มีลักษณะเป็นแถบบาง เป็นต้น (อบก, 2554)

2.6.3 แผนผังกระบวนการผลิตเนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

กระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์บรรจุกระป๋องของโรงงานประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังรูปที่ 2.6.3

2.6.4 กระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

1. การรับวัตถุดิบจากแพปู วัตถุดิบจะเป็นเนื้อปูม้าต้มซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ ปูตัวต้มและเนื้อปูม้า โดยปูตัวต้มและเนื้อปูจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 3.3 องศาเซลเซียสระหว่างขนส่งมาโรงงาน

2. การคัดขนาดปูและล้างปู เป็นขั้นตอนการคัดขนาดปูของปูม้าและล้างปูให้สะอาดแล้วนำไปใส่ตะกร้าน้ำแข็งที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

3. การฉีกกระดองและแกะปู เป็นขั้นตอนหลังจากการคัดขนาดและล้างปู ซึ่งจะแยกส่วนต่างๆของปูออก เช่น ก้ามปู ขาปู ส่วนตัวของปู เนื้อส่วนพายและในส่วนไข่ปูเปลือกปูและปลายก้ามปูจะเป็น byproduct จะนำไปขายให้ผู้รับซื้อ หลังจากนั้นก็นำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ตามปริมาตรของกระป๋อง โดยจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

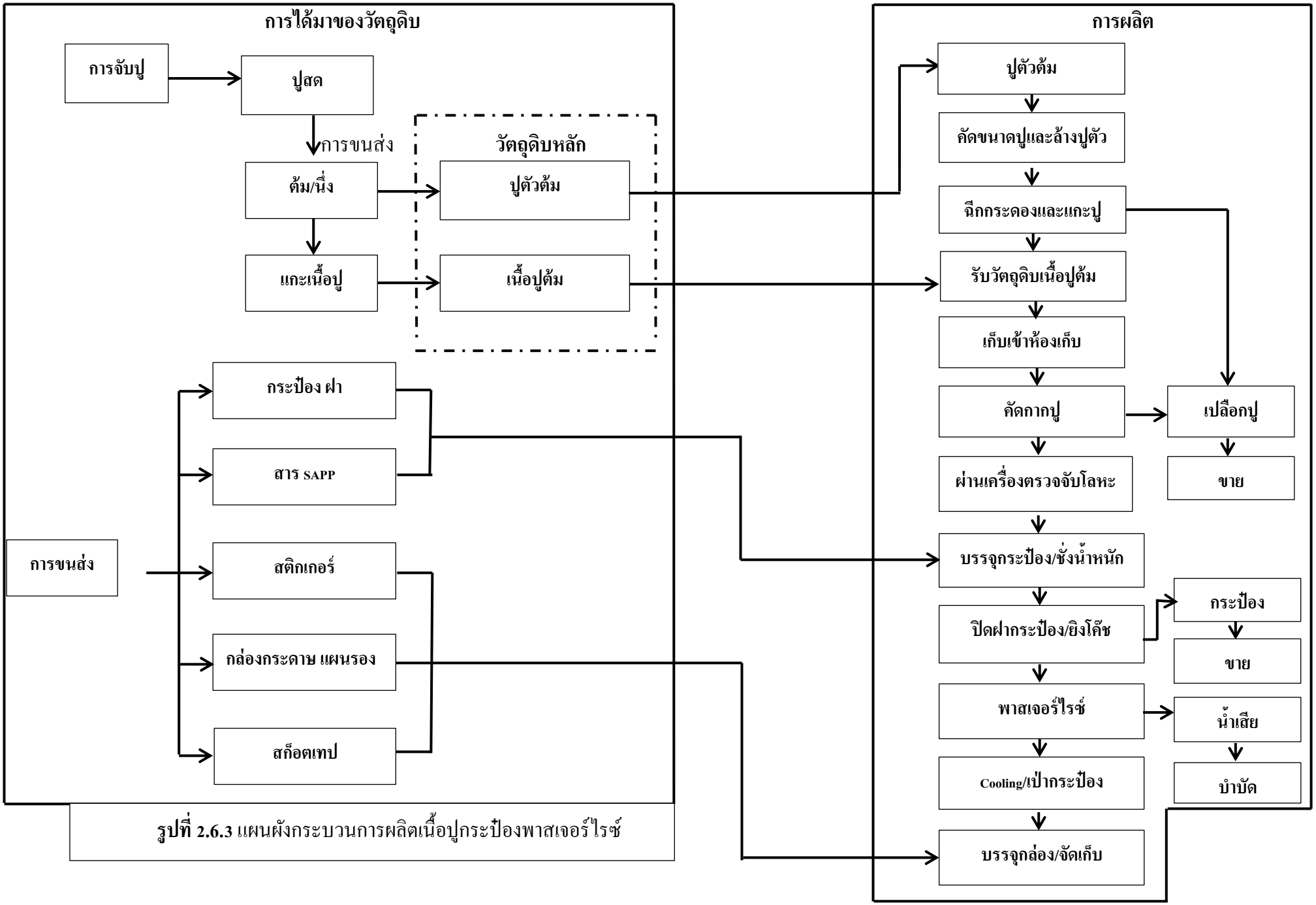
4. ผ่านเครื่องตรวจจับโลหะซึ่งจะจับเนื้อปูที่ปนเปื้อนโลหะ อโลหะและ สแตนเลส เมื่อผ่านเครื่องตรวจจับโลหะจะต้องไม่มีการปนเปื้อน

5. การบรรจุกระป๋อง เมื่อผ่านเครื่องตรวจจับโลหะก็จะบรรจุเนื้อปูม้าลงกระป๋องให้ได้ปริมาณ 454 กรัมต่อกระป๋องและเติมสารฟอสเฟตเพื่อรักษาสภาพเนื้อปู หลังจากนั้นก็นำไปผ่านเครื่องปิดฝากระป๋องและยิงโค้ช

6. การพาสเจอร์ไรซ์ เป็นขั้นตอนของการคงสภาพเนื้อปูกระป๋องให้เก็บได้นานขึ้น โดยนำไปเรียงลงตระกล้าเหล็ก แล้วให้อุณหภูมิที่ 89 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที สำหรับกระป๋องโลหะ ส่วนกระป๋องพลาสติกจะให้อุณหภูมิอยู่ที่ 84 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 160 นาที

7. การทำให้อุณหภูมิเย็นลง เป็นการให้อุณหภูมิในกระป๋องลดลงอย่างรวดเร็วเพื่อเป็นการถนอมอาหาร โดยกำหนดอุณหภูมิหลังการทำ cooling ไม่เกิน 3.3 องศาเซลเซียส

8. การบรรจุกล่องและการสต็อกสินค้า ซึ่งจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายรอการส่งสินค้า โดยจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 4.4 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.6.3 แผนผังกระบวนการผลิตเนื้อปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

2.6.5 ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร

บรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหารเป็นสิ่งที่สำคัญในแง่ของการเก็บรักษาซึ่งคงไว้ซึ่งรสชาติอาหารที่เหมือนเดิมและไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน (contaminate) ระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหาร ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารสามารถจำแนกตามลักษณะบรรจุภัณฑ์ได้ 3 ประเภท ได้แก่ บรรจุภัณฑ์อาหารประเภทกระป๋องโลหะ บรรจุภัณฑ์อาหารประเภทพลาสติกคงรูป และบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทพลาสติกอ่อนตัว ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทกระป๋องโลหะและบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทพลาสติกคงรูปเท่านั้น

1.บรรจุภัณฑ์อาหารประเภทกระป๋องโลหะ

การเตรียมแผ่นโลหะสำหรับผลิตกระป๋องและฝากระป๋อง ซึ่งแผ่นโลหะที่นิยมนำมาทำกระป๋อง ได้แก่ แผ่นโลหะเคลือบดีบุก แผ่นโลหะไม่เคลือบดีบุก และอลูมิเนียม โดยในการพิมพ์สีลงบนโลหะจะขึ้นอยู่กับออเดอร์ของลูกค้า

จากข้อมูลโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหารประเภทกระป๋องโลหะสามารถแบ่งขั้นตอนกระบวนการผลิตกระป๋องได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.1 การตัดแผ่นโลหะ

นำม้วนแผ่นโลหะมาคลี่ออกแล้วตัดเป็นแผ่นสีเหลี่ยมขนาดพื้นที่ประมาณ 1 ตารางเมตร หลังจากนั้นนำไปเคลือบป้องกันการผุกร่อนของโลหะด้วยแล็คเกอร์ และพิมพ์หมึกลงบนแผ่นโลหะ

1.2 การพิมพ์สี

แผ่นเหล็กหรืออลูมิเนียมที่ใช้เป็นวัสดุกระป๋องที่จะนำมาพิมพ์สีจะต้องเคลือบด้วย White coat เพื่อรองพื้นแล้วนำไปพิมพ์ หลังจากนั้นอบด้วยความร้อนเพื่อให้สีแห้ง หลังจากพิมพ์สีจะมีระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผ่านการตรวจคุณภาพจะนำมาเคลือบด้วยวินิชเพื่อให้เกิดความคงทนและเงางาม แผ่นโลหะที่ผ่านการพิมพ์สีหรือไม่พิมพ์สีแล้วจะนำไปสู่กระบวนการการเคลือบด้วยแลกเกอร์เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของโลหะและป้องกันการปนเปื้อนของโลหะลงสู่อาหาร

1.3 การอบแห้ง

หลังจากเคลือบผิวโลหะบรรจุอาหารด้วยแล็คเกอร์แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยตัวทำละลายในแล็คเกอร์ การแห้งมีด้วยกัน 2 แบบ คือ การอบแห้งโดยใช้ความร้อน และการอบแห้งโดยใช้รังสีอุลตราไวโอเลต

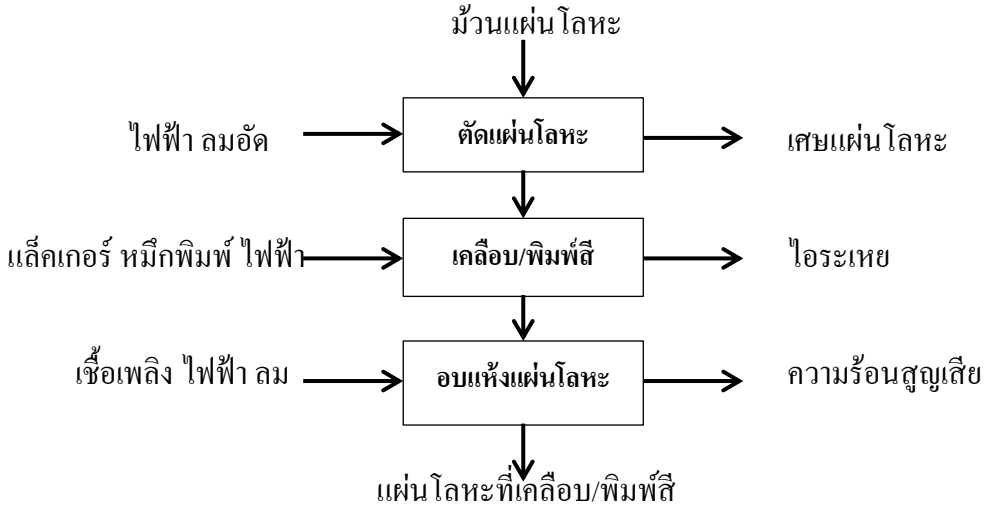
1.4 การผลิตฝากระป๋องแบบธรรมดา

- การตัดแผ่นเหล็ก ซึ่งจะใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกหรือแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก จะถูกนำมาตัดเป็นแผ่นสีเหลี่ยมให้ได้ขนาดตามที่ต้องการให้สำหรับปั๊มเป็นรูปฝากระป๋อง

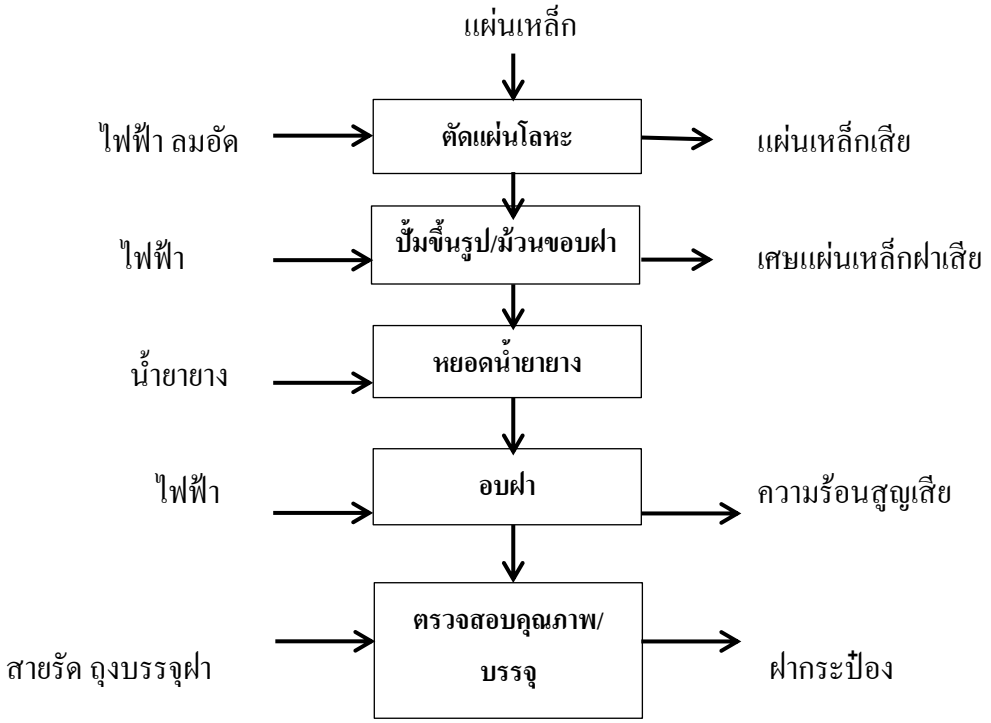
-การปั๊มขึ้นรูป/ทำลอนขอบฝา หลังจากตัดแผ่นเหล็กได้ตามขนาดที่ต้องการ จะตัดแผ่นเหล็กเป็นวงกลมและปั๊มลายบนฝากระป๋อง รวมทั้งทำลอนที่ขอบฝากระป๋องเพื่อใช้สำหรับครอบฝากระป๋องให้พอดี

-การหยอดน้ำยายางและการอบฝา ฝากระป๋องที่ปั๊มขึ้นรูปเสร็จแล้ว จะถูกนำไปหยอดน้ำยายางเพื่อป้องกันการรั่วซึมบริเวณที่ถูกพับให้เป็นตะเข็บ

-การตรวจสอบคุณภาพและบรรจุ เป็นการตรวจสอบรอยบนฝากระป๋องไม่ให้มีผิดรูปหรือมีรอยรั่วซึม



รูปที่ 2.6.5-1 ขั้นตอนการเคลือบและพิมพ์สีลงบนแผ่นโลหะ (มงคล และคณะ, 2556)



รูปที่ 2.6.5-2 ขั้นตอนการผลิตฝากระป๋องแบบธรรมดา (มงคล และคณะ, 2556)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Manfredi et al. (2015) เปรียบเทียบวิธีการจัดการสิ่งแวดล้อมโดย EC PEF method กับ วิธีอื่นๆ (ISO 14044:2006, ISO/TS 14067:2013, ILCD Handbook, Ecological Footprint, GHG Protocol, BPX 30-323-0, PAS 2050) โดยใช้เกณฑ์การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ ขอบเขตของการประเมิน ข้อกำหนดประเภทของข้อมูลและคุณภาพของข้อมูล ข้อกำหนดของความไม่แน่นอนของข้อมูล ข้อกำหนดของการรายงานผลและการตรวจสอบ ผลการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 5 ดัชนีชีวัด คือ ความเกี่ยวข้อง (relevance) ความสมบูรณ์ (completeness) ความมั่นคง (consistency) ความถูกต้อง (accuracy) และความโปร่งใส (transparency) จากผลการศึกษาพบว่า EC PEF method เป็นวิธีที่แก้ไขข้อบกพร่องของวิธีอื่นๆได้ดีที่สุดในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม

Matthias Finkbeiner (2014) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเครื่องมือ “Product Environmental Footprint” ที่จะสามารถนำมากำหนดเป็นนโยบายการค้าเชิงพาณิชย์สีเขียวภายใต้ข้อกำหนดของสหภาพยุโรป ที่เล็งเห็นถึงข้อบกพร่องจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ประเมินแค่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งซึ่งอาจจะทำให้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านใดด้านหนึ่งลดลงแต่อาจจะทำให้ผลกระทบอีกด้านหนึ่งเพิ่มขึ้น จึงได้มีการพัฒนาแนวคิดการประเมิน Product Environmental Footprint ที่

ครอบคลุมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้ยังอยู่ในขั้นตอนการทดลองใช้กับสินค้าหรือบริการต่างๆในกลุ่มสหภาพยุโรป โดยเป็นโครงการนำร่องให้ห่วงโซ่การผลิตสินค้าและบริการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งขณะนี้มีมีสินค้ารวม 24 ชนิดเข้าร่วมโครงการ เช่น รองเท้า แบตเตอร์รี่ ผงซักฟอก เครื่องหนัง เครื่องเขียน อุปกรณ์ IT เบียร์ เนื้อสัตว์ กาแฟ นม อาหารสัตว์ อาหารสัตว์เลี้ยง ปลา น้ำมันมะกอก pasta ไวน์ และน้ำดื่ม ซึ่งจะประกาศใช้ในโซนยุโรปในปี 2559 ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวอาจจะยังตอบไม่ได้ว่าสามารถประสบความสำเร็จหรือจะล้มเหลวด้วยปัจจัยหลายอย่างที่จะต้องพิจารณา เช่น ความร่วมมือระหว่างประเทศ วิธีการศึกษาผลกระทบของสินค้าที่อาจจะยังไม่ครอบคลุม เป็นต้น

Punam Singh, Haripriya Gundimeda and Matthias Stucki (2014) ได้ทำการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อม (Environmental footprint) ของเชื้อเพลิงในการหุงต้ม 10 ชนิด ได้แก่ LPG (NG), LPG (CO), kerosene, coal, electricity, firewood, crop residue, dung cake, charcoal และ biogas ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาทางเลือกในการใช้เชื้อเพลิง LPG และ kerosene ที่ยั่งยืนและก่อให้เกิดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดสำหรับในชนบทและในชุมชนเมือง โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า biogas และ charcoal มีประสิทธิภาพที่สุดและก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่ำ ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักที่ยั่งยืนในอนาคตได้ และช่วยสร้างโอกาสการจ้างงานเพิ่มขึ้นและพัฒนาทักษะในการใช้เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ สำหรับเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่ชนบทคือ kerosene, biogas และ Charcoal ส่วนเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่จะใช้ในชุมชนเมืองคือ LPG, kerosene และ biogas ซึ่งการเลือกใช้เชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับทรัพยากรจะสร้างฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมที่ต่ำในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม

Erwin et al. (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาระเบียบปฏิบัติ (PEFCR) ของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (PEF) ที่อยู่ภายใต้การดำเนินการของคณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) โดยมีศูนย์วิจัยแห่งชาติยุโรปแห่งชาติ (Joint Research Centre and Centre) ที่ได้พัฒนาเครื่องมือในการดูแลสิ่งแวดล้อม “Product Environmental Footprint” ซึ่งเป็นฉลากสิ่งแวดล้อมกลุ่มใหม่ของยุโรป ในส่วนของวิธีการศึกษาจะมีข้อกำหนดการศึกษาตามคู่มือ Guide on Product EF (PEF) ที่กำหนดในระเบียบปฏิบัติ (PEFCR) โดยแบ่งขอบเขตการศึกษาออกเป็น 2 ประเภท คือ business-to-business (B2B) เป็นการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบจนถึงกระบวนการผลิต และ business-to-consumer (B2C) เป็นการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบจนถึงกระบวนการกำจัด ในการพัฒนาระเบียบปฏิบัติ

(PEFCR) ตามคู่มือ Guide on Product EF (PEF) จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลหลายแหล่งและองค์กรที่ให้การสนับสนุนเพื่อที่จะพัฒนาระเบียบปฏิบัติ (PEFCR) ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ดังนี้

- The European Food Sustainable Consumption and Production (SCP) เป็นพิธีสารการผลิตและการบริโภคอย่างยั่งยืนของสหภาพยุโรป

- Supplementary requirement (for seafood and horticultural products) to the PAS 2050 เป็นแนวทางการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพรินต์ของอาหารทะเลตามหลักมาตรฐานของประเทศอังกฤษ

- GEDnets PCRs for Environmental Product Declaration (EPD) เป็นองค์กรเกี่ยวกับระเบียบปฏิบัติ (PCRs) ในการออกฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (EPD)

- the Repository of good practice in France (BP X 30-323) ซึ่งเป็นฉลากสิ่งแวดล้อมของประเทศฝรั่งเศส

ระเบียบปฏิบัติ (PEFCR) ของการผลิตสินค้าควบคู่ไปกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมจึงพัฒนาได้เป็นคู่มือ PEF Guide ที่แบ่งประเภทของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสินค้าและบริการ 14 ประเภทผลกระทบ (14 midpoint) ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก ILCD Handbook ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์ในกรณีเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ระเบียบปฏิบัติ (PEFCR) ของ Product Environmental Footprint สามารถใช้ EnviFood Protocol ซึ่งมีข้อกำหนดตามอนุกรม ISO 14044:2006 โดย EnviFood Protocol เป็นพิธีสารที่เป็นที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะ

Six et al. (2016) ศึกษาการนำฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมมาใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทานการเลี้ยงสุกร (cradle to gate) โดยใช้วิธีการประเมินด้วย ILCD midpoint 14 ด้าน ซึ่งแบ่งการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 ขั้นตอนเริ่มจากการคำนวณผลกระทบแต่ละด้าน การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (weighting) ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำขั้นตอนการเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (weighted) มาประเมินเนื่องจากการนำมาใช้งานยังมีข้อจำกัดและความคลาดเคลื่อนในการประเมินของหน่วยที่ต่างกัน ผลการศึกษาถูกรายงานเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อม 14 ด้าน จากการศึกษาพบว่า N2O และ CH4 เป็นสาเหตุหลักของการปล่อย GHGs โดยมากกว่า 50% ของผลกระทบ 13 ด้านที่เหลือมาจากการผลิตอาหารสัตว์ และฟาร์มเลี้ยงสุกร

Poolsawad et al. (2016) การเตรียมความพร้อมของฐานข้อมูล LCI สำหรับฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (PEF) ของประเทศไทย จากการศึกษาวิจัย พบว่า คุณภาพของข้อมูลวัสดุพื้นฐานและ

พลังงานต่างๆยังไม่สามารถนำมาเป็นตัวแทนในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่น่าเชื่อถือได้ ดังนั้นการพัฒนาความเป็นตัวแทนของข้อมูลจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การรายงานผล PEF สะท้อนผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง

Soode-Schimonsky et al. (2017) ศึกษาการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของสตรอเบอร์รี่ในประเทศเอสโตเนียและประเทศเยอรมัน การศึกษาครั้งนี้พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 15 ด้าน โดยศึกษาทั้งหมด 7 ฟาร์ม ได้แก่ Organia 1 Organic 2, Conventional 1, Conventional 2, Conventional 3, และ Protected system, Polytunnels ผลการศึกษา พบว่า ฟาร์ม Protected system มีค่าฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อม (PEF) มากที่สุด 0.0040 pt. ซึ่งผลกระทบที่มีสัดส่วนมากที่สุดได้แก่ ผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็งและไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง และฝุ่นละอองขนาดเล็ก 85% ของผลกระทบมาจาก Production stage จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าใน cooling stage และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลกับเครื่องจักรในกระบวนการเกษตร การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทำได้โดยการใช้ห้องเย็นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือกก็จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมลงอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยการผลิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบของแพปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงานโดยใช้แบบสอบถาม ส่วนข้อมูลทุติยภูมิได้จากฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อม เอกสารโรงงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 3.1

3.2 วิธีการวิจัย

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ พิจารณาการประเมินตามวิธีอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 – 2006 โดยแบ่งขั้นตอนในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

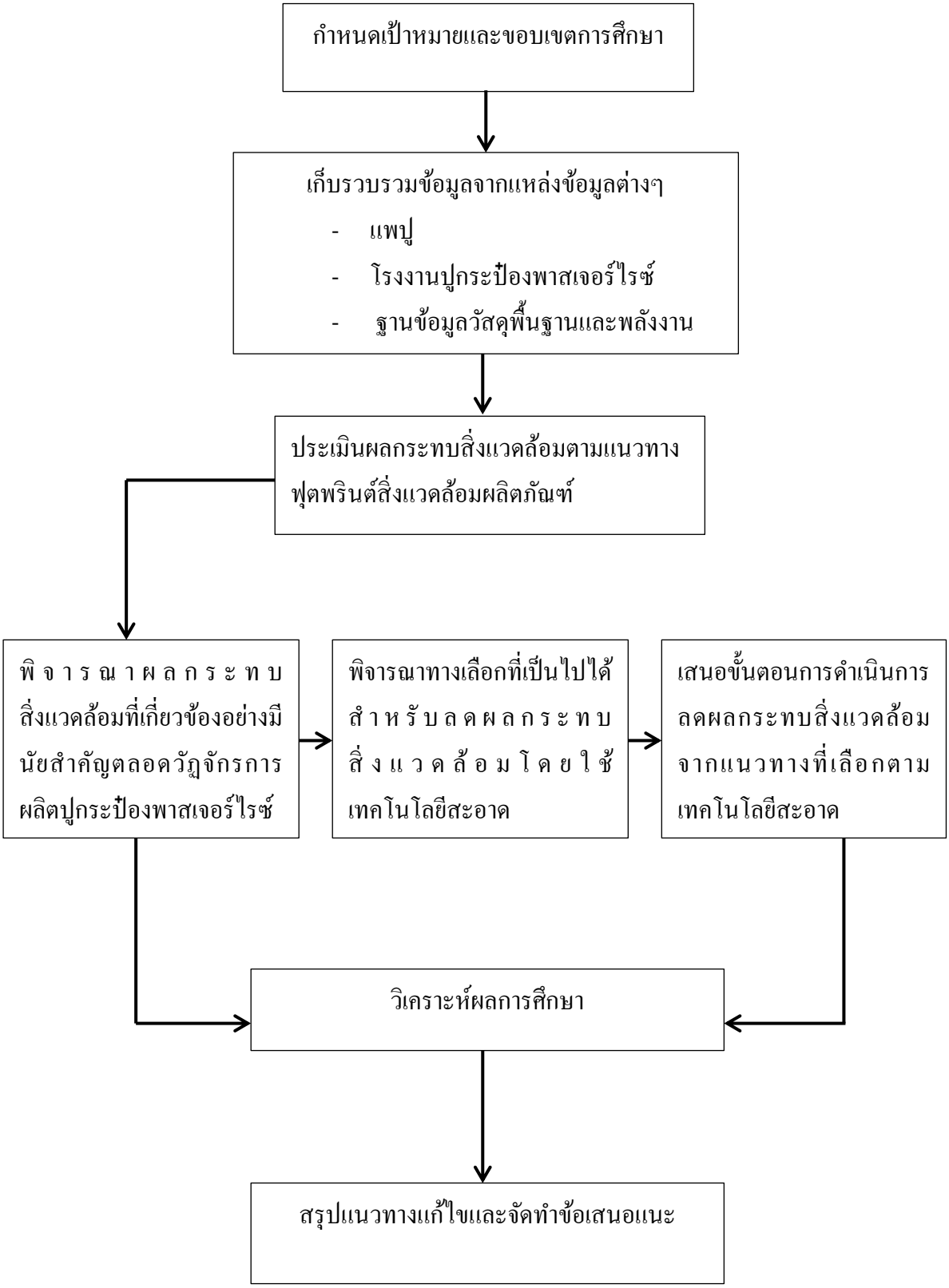
วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและเข้าสู่กระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่อการผลิต 1 กระป๋อง โดยใช้แนวทางการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์

-การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope of Study) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด Claw ซึ่งจะประเมินตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงโรงงานผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย (Business to Business)

-การกำหนดเป้าหมาย (Goal) มีการนำแนวทางการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ไปทดลองใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องหรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อลด hotspots ก่อนการประเมินตามแนวทาง PEF

-หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Function) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาคือปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสำเร็จรูปพร้อมบริโภคได้ทันที

-หน่วยการทำงาน (Functional Unit) กำหนดหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ตามหน่วยที่วางจำหน่ายเป็นน้ำหนักสุทธิ คือเนื้อปูพาสเจอร์ไรซ์บรรจุภาชนะ 1 กระป๋องขนาด 16 oz. (น้ำหนักสุทธิ 466 กรัม) รายละเอียดดังภาคผนวก ข



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.2 การทำบัญชีรายการข้อมูล (Emissions Profile)

3.2.2.1 การเก็บข้อมูล

ประกอบด้วยข้อมูลแผนผังกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงโรงงานผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย (Business to Business) ข้อมูลที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

-ข้อมูลกระบวนการได้มาของเนื้อปูม้าจากแพปูและการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในโรงงาน ได้แก่ สารเข้า (input) และสารขาออก (output) ซึ่งได้จากแบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (โรงงานและแพปู) ตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

-ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Emission factor; EF) ซึ่งได้จากฐานข้อมูล Ecoinvent Version 3.3 และฐานข้อมูล Thai National Life Cycle Inventory Database

3.2.2.2 รายละเอียดการเก็บข้อมูลสำหรับวัตถุดิบ (raw material) (Guideline for PCR Pasteurized Crabmeat, 2001) แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.ข้อมูลปฐมภูมิ

กรณีนี้มีแหล่งวัตถุดิบ (แพปู) มากกว่า 1 แหล่ง ข้อมูลรายการและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการจับปูและต้มปูของแต่ละแพที่ป้อนวัตถุดิบเข้าสู่โรงงาน ควรมีจำนวนตัวอย่างที่ต้องรวบรวมจะต้องครอบคลุมการผลิตอย่างน้อยร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงาน (Guideline for PCR “Pasteurized Crabmeat, 2001) ประกอบด้วย

- เก็บรวบรวมข้อมูลครอบคลุมการผลิตอย่างน้อยร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงาน
- ระยะทางในการเดินทางของเรือไปจับปูและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว
- ข้อมูลวิธีการขนส่งวัตถุดิบ/ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต
- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง มายังแพ
- ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้
- ข้อมูลรายการและปริมาณวัตถุดิบในการผลิต
- ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตประจำปี
- ข้อมูลวิธีการขนส่งวัตถุดิบ/ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต
- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อ เพลิงที่ใช้ในการขนส่ง

- ข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต
- ข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและขาออกของระบบสนับสนุนการผลิต (เช่น ระบบ
ผลิตไอน้ำ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น)
- ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้
- ข้อมูลประเภทปริมาณและวิธีการจัดการของเสีย

2. ข้อมูลทุติยภูมิ

- ฐานข้อมูล Ecoinvent Version 3.3
- ฐานข้อมูล Thai National Life Cycle Inventory Database

ข้อมูลทุติยภูมิในส่วนนี้ คือ ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบและการขนส่งวัตถุดิบ ประกอบด้วย

- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การขนส่ง
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การผลิตพลังงานไฟฟ้า
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การผลิตน้ำประปา
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การจัดการของเสียและน้ำเสียจากการผลิต
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำที่ใช้ในกระบวนการสนับสนุนการผลิต
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำแข็งจากการผลิตเองในบริษัทฯ และจาก โรงงานผลิต น้ำแข็ง
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของไอน้ำ
- ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำล้างวัตถุดิบ

3.2.2.3 รายละเอียดการเก็บข้อมูลสำหรับการผลิตในโรงงาน

กระบวนการผลิตรวมถึง การแปรรูปวัตถุดิบ การทำความสะอาด การตรวจสอบและการบรรจุ รวมถึงการกำจัดของเสียที่ได้จากขั้นตอนการผลิต ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินได้แก่ ปริมาณไฟฟ้า ไอน้ำ ผลิตภัณฑ์ และของเสีย ซึ่งแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ

- ข้อมูลรายการและปริมาณวัตถุดิบในการผลิต
- ระยะเวลาการรวบรวมข้อมูลการผลิตรายปี
- ข้อมูลวิธีการขนส่งวัตถุดิบ/ของเสีย

- ข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและขาออกของระบบสนับสนุน (เช่น ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ระบบผลิตความเย็น ระบบผลิตไอน้ำ เป็นต้น)

2. ข้อมูลทุติยภูมิ

- ฐานข้อมูล Ecoinvent Version 3.3

- ฐานข้อมูล Thai National Life Cycle Inventory Database

3.2.2.4 ภาชนะบรรจุปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

- ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจุ (เช่น เม็ดพลาสติกสี และพลังงาน) และปริมาณภาชนะบรรจุที่ผลิตได้ให้ใช้ข้อมูลจากระบบบันทึกข้อมูลของโรงงานผลิตภาชนะบรรจุของการผลิตปีล่าสุด

- ข้อมูลพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุ

- ข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุ

- ข้อมูลระบบสนับสนุนการผลิต (ระบบส่องสว่างระบบซ่อมบำรุง เป็นต้น)

- ปริมาณน้ำเสียที่ได้จากการตรวจวัด

- ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

- ข้อมูลประเภท ปริมาณ และวิธีการจัดการของเสีย

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อ เพลิงที่ใช้ในการขนส่ง

- ข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต

3.2.2.5 เงื่อนไขอื่นๆ

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจัดเก็บข้อมูล 1 ปีการผลิต (12 เดือน) เป็นอย่างน้อย (Guideline for PCR Pasteurized Crabmeat, 2001) ซึ่งการเก็บข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2558 และมีที่มาของข้อมูลทั้งข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิ แสดงดังตารางที่ **3.2.2.5**

3.2.2.6 การปันส่วน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์มี 5 ชนิดผลิตภัณฑ์และมีการใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกัน เมื่อพิจารณาราคาผลิตภัณฑ์ของโรงงานแต่ละประเภท พบว่ามีราคาที่แตกต่างกัน ดังนั้นการปันส่วนการใช้ทรัพยากรถูกกำหนดตามสัดส่วนมูลค่าผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.2.2.5 ที่มาของข้อมูลในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต	สารขาเข้า-ขาออก		ฐานข้อมูล	
	แพปู*	โรงงาน*	Thai National Life Cycle Inventory Database	Ecoinvent 3.3 Database
ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ -การจับปู**	√			√
การขนส่ง	√	√	√	√
ขั้นตอนการผลิตในโรงงาน -การผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์		√	√	√

หมายเหตุ * เป็นข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

**การจับปูพิจารณาข้อมูลจากแพปูนาชะอัง จังหวัดชุมพรเพียงแห่งเดียวซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุด 52.78 % ของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าโรงงาน (สถาบันอาหาร, 2555) และเป็นการจับปูตามธรรมชาติเท่านั้น

3.2.2.7 การตัดออก (cut off)

การตัดออกของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์พิจารณาตัดออก (Cut-off) ที่น้อยกว่า 1% ของสารเคมี+แพ็คเก็จจิ้งทั้งหมด รายละเอียดดังภาคผนวก ข

3.2.2.8 สมมุติฐานการคำนวณและการประเมินผล

-การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 14 กลุ่ม มีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารแต่ละชนิด (Emission factor) จากฐานข้อมูล Thai LCI และ Ecoinvent 3.3

-ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ถูกคัดเลือกจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

-การรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ถูกนำเสนอผ่านการเทียบหน่วย (Normalization)

3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (Environmental Impact Assessment based on PEF) ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการประเมินเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจำแนกประเภทของผลกระทบและการกำหนดบทบาท (Characterization)

เป็นขั้นตอนการนำบันชีข้อมูล (Emissions Profile) ที่ได้จากการกำหนดหน่วยการประเมินมาคูณด้วยค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Emission Factor) ของสารนั้นๆ เพื่อให้ทราบถึงขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมดำเนินการตามวิธี ILCD 2011 Midpoint method 14 ด้าน ดังตารางที่ 3.2.3

ตารางที่ 3.2.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 14 ด้านตามวิธี ILCD 2011 Midpoint method

ประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม	**หน่วย**
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change; CC)	kg CO_{2eq}
การทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion; OD)	kg $CFC\text{-}11_{eq}$
ความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำจืด (Ecotoxicity aquatic freshwater; EAF)	CTUe
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ – ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity –cancer effects; HT-C)	CTUh
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ – ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity –non cancer effects; HT-NC)	CTUh
ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ (Particulate Matter/ Respiratory Inorganices; PM)	kg $PM2.5_{eq}$
การปล่อยกัมมันตภาพรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ionizing Radiation-human health effects; IR)	kBq $U235_{eq}$
การเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation; POF)	kg $NMVOC_{eq}$
ภาวะฝนกรด (Acidification; AC)	mol H^{+}_{eq}
ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-terrestrial; Et)	mol N_{eq}
ภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-aquatic; Ea)	kg P_{eq}
การลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource Depletion-water; RD-W)	m^3 $water_{eq}$
การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion-mineral, fossil; RD-MF)	kg Sb_{eq}
การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Transformation; LT)	kg C deficit

ที่มา : ILCD Handbook, 2011

จากสูตรคำนวณ $$EPj = \sum (Qi \times EFij) \quad (4)$$

โดย EP_j = Environmental Impact Potentials (kg Substance Equivalent) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบ j ใดๆ

Q_i = Quantity of Substances (kg Substance i) คือ ค่าปริมาณมลสาร i ที่ปลดปล่อยออกมา

Ef_{ij} = Emission factor (kg Substance Equivalent/kg Substance j) คือ ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้าน

2 การเทียบหน่วย (Normalization) โดยใช้ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบ j ใดๆ หารด้วยค่าอ้างอิง โดยคำนวณได้ดังสมการที่ (5)

จากสูตรคำนวณ $$NPj(product) = EPj \div (T \times ERj) \quad (5)$$

โดย NPj (product) = Normalized Environmental Impact Potentials (Person for Target Year) คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์

T = Lifetime of Product (Year) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

ERj = Normalization Reference (kg Substance Equivalent/person/year) คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี

3.2.4 การแปลผล (Interpretation)

การแปลผลหรือการตีความข้อมูลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ที่ผ่านการทวนสอบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 14 ประเภทผลกระทบ เพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงผลระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นจุดวิกฤต (Environmental hotspots) ซึ่งจะนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และตามขอบเขตการศึกษา

3.2.5 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner technology: CT)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญจากการประเมินด้วยแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ จะนำไปสู่การประเมินการจัดลำดับจากการประเมินเบื้องต้น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลการผลิต 12 เดือนดังนี้

3.2.5.1 การสร้างและประเมินแนวทางเลือกที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหา

- การประเมินด้านเทคนิค โดยใช้มาตรฐาน Internal Benchmarking เปรียบเทียบข้อมูลปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

วิธีการประเมินทางเทคนิค

จากสมการ (6) ความเป็นไปได้ทางเทคนิค (%) = $\frac{\text{ค่าดัชนีเฉลี่ย – ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}}{\text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}} \times 100$ (6)

ค่าดัชนี = $\frac{\text{ปริมาณการใช้ (ทรัพยากร, วัตถุดิบ, หรือของเสีย)}}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้}}$

-การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการประเมินผลกระทบค่าใช้จ่ายของปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด

วิธีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

จากสมการ (7) ความเป็นไปได้ = (ค่าดัชนีเฉลี่ย – ค่าดัชนีที่ดีที่สุด)×กำลังการผลิตเฉลี่ย×ราคาต้นทุนต่อหน่วย

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (%) = $\frac{\text{ค่าความเป็นไปได้}}{\text{ผลรวมของค่าความเป็นไปได้ทั้งหมด}} \times 100$ (7)

-การประเมินด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการให้ความสำคัญกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดในโรงงาน

วิธีการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม

พิจารณาถึงปริมาณ (Quality, Q) พิจารณาถึงผลกระทบ (Effect, F) และพิจารณาถึงการแพร่ระบาย (Distribution, D) ซึ่งประเมินโดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน โดยมีดัชนีคือ Q×E×D ซึ่งค่าปริมาณ (Quality, Q) เป็นปริมาณมลสารที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตแต่ละชนิด

3.2.5.2 การรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญในการประเมินเบื้องต้น

จากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินเบื้องต้นแต่ละด้านและค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight factor) ทั้ง 3 ด้านมาคำนวณและรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาในการประเมินเบื้องต้น (ตารางที่ 4.4.1-4) ซึ่งมีรายละเอียดดังสมการต่อไปนี้

จากสมการ (8) คะแนนรวม = (X1 x W1) + (X2 x W2) + (X3x W3) (8)

โดยที่ X1 คือ ค่าคะแนนความสำคัญด้านเทคนิค

X2 คือ ค่าคะแนนความสำคัญด้านเศรษฐศาสตร์

X3 คือ ค่าคะแนนความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาทางวิสาหกิจชุมชนและทีมที่ปรึกษาได้ร่วมกันให้ค่าถ่วงหนักของแต่ละด้านเพื่อนำมาคำนวณ ค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งมีค่าระหว่าง 1-3 การให้น้ำหนักขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์โครงการที่จะให้น้ำหนักด้านเทคนิค การเงิน หรือสิ่งแวดล้อม เป็นหลัก

โดยที่ W 1 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเทคนิค

W 2 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเศรษฐศาสตร์

W 3 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักด้านสิ่งแวดล้อม

3.2.5.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่พบในโรงงานโดยใช้ Ishikawa Diagram

เป็นรูปแบบการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยมีแนวทางชี้ประเด็นของปัญหา 4 รูปแบบ ได้แก่ ปัญหาที่เกิดจากคน (man) ปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร (machine) ปัญหาที่เกิดจากวิธีการ (method) และปัญหาที่เกิดจากวัสดุ หรือปัจจัยการผลิตต่างๆ (material) ซึ่งจะทำให้สามารถค้นหาปัญหาได้อย่างเป็นระบบและครอบคลุม

3.2.5.3 การดำเนินการเสนอแนวแก้ไขและเลือกแนวทางแก้ไข

การเสนอแนวทางแก้ไขและการเลือกแนวทางแก้ไขมาปรับปรุงเป็นขั้นตอนการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่โรงงานจะต้องดำเนินการแก้ไข เพื่อนำไปสู่การผลิตที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเกิดผลผลิตมากที่สุดโดยก่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด (ธันวดี สุขสาโรจน์, 2558)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ กำหนดขอบเขตการประเมินตั้งแต่ แพปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน (cradle to gate) โดยพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงได้แก่ มลพิษที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ปัจจัยการผลิต และผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอ้อม ได้แก่ การปล่อยของเสียจากการผลิตกระแสไฟฟ้า การปล่อยของเสียจากการผลิตเชื้อเพลิงอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งตามข้อกำหนดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 14 ด้าน (ILCD-2011) เมื่อนำมาผ่านกระบวนการคัดกรอง (Screening study) พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์อย่างมีนัยสำคัญมีประเด็นทั้งหมด 5 ด้าน (รายละเอียดดังภาคผนวก ค) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ภาวะฝนกรด (Acidification) การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ionizing Radiation-human health effects) การลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource depletion-water) และการลดลงของทรัพยากร (Resource depletion - mineral, fossil) ดังรูปที่ 4.1

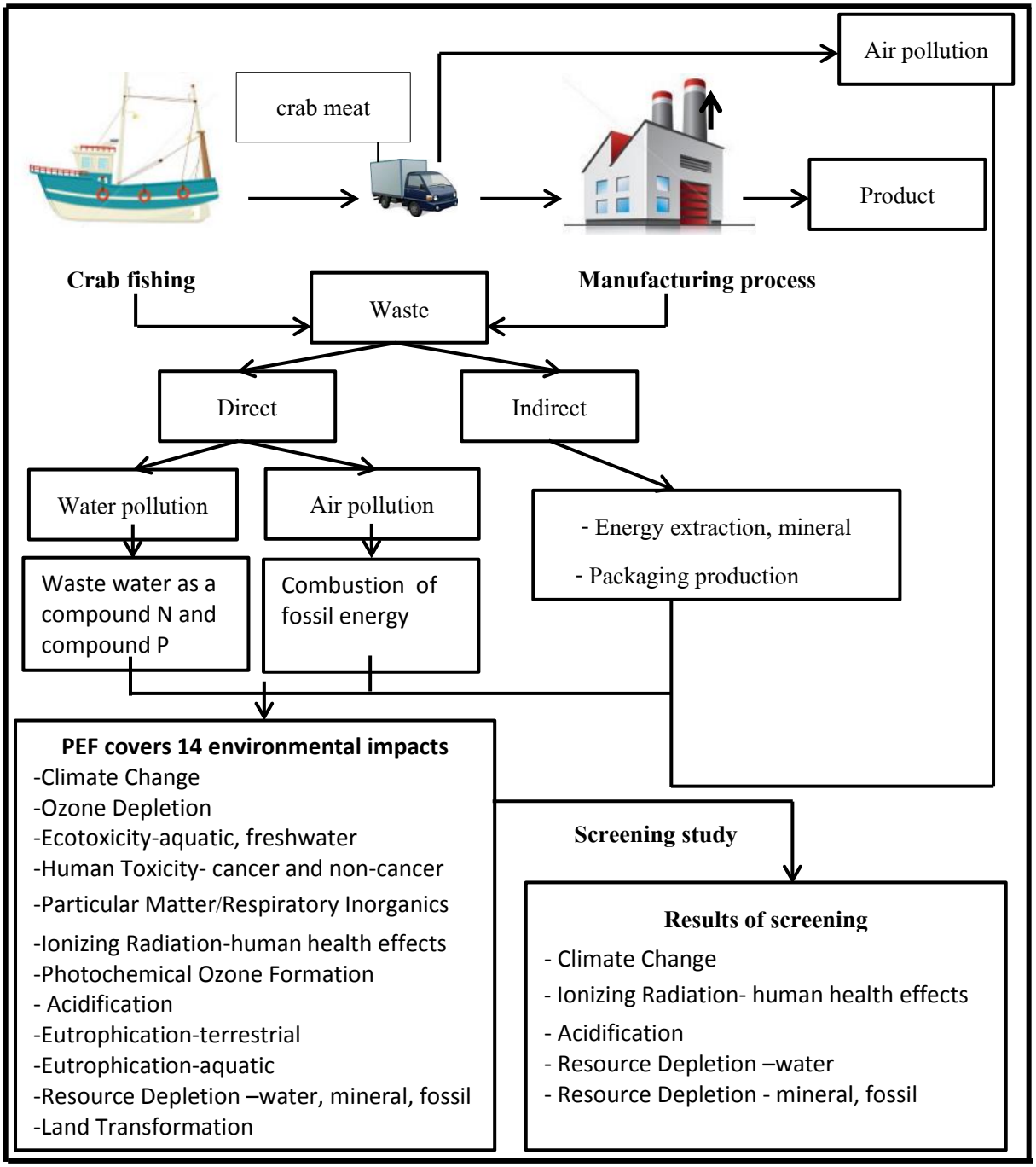
4.2 การจัดทำบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

การจัดทำบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการจัดทำรายการการใช้ทรัพยากรทั้งหมดทั้งที่เป็นระบบการผลิตหลักและระบบสนับสนุน ของเสียจากกระบวนการผลิต ผลพลอยได้ และผลิตภัณฑ์ ในการผลิตทั้งหมดมากำหนดหน่วยการประเมินต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์และสามารถใช้ในการเทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์เดียวกันกับโรงงานอื่นได้ โดยผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์กำหนดหน่วยการประเมินเป็น 1 กระป๋อง (446 กรัม) ตามรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 และบัญชีข้อมูลการขนส่งจะแสดงดังภาคผนวกที่ ข

4.3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 14 ด้านตามวิธี ILCD midpoint method ของสหภาพยุโรปและใช้ค่าศักยภาพการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมของมลสาร (Emission factor) จากฐานข้อมูล Ecoinvent 3.3 และ Thai database ซึ่งผล

การศึกษามีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3 และรายละเอียดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ 5 ด้าน จากทั้งหมด 14 ด้านซึ่งผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

ตารางที่ 4.2 บัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ของผลิตภัณฑ์ 1 กระป๋อง (446 กรัม)

ประเภท	รายละเอียด	ปริมาณ (หน่วยต่อปู 1 kg)	หน่วย	ปริมาณต่อ 1 กระป๋อง (หน่วยต่อกระป๋อง)
แพปู				
สารขาเข้า	ปูตัว	2.2700	kg	1.0578
	น้ำ	0.0019	m^3	0.0009
	ไฟฟ้า	1.3258	kWh	0.6178
	LPG	0.0958	kg	0.0446
	น้ำแข็ง	1.261	kg	0.5876
	ดีเซล	0.1999	kg	0.0931
	น้ำยาล้างภาชนะ	0.0049	kg	0.0023
	NaOCl 10%	0.0033	kg	0.0015
สารขาออก	เนื้อปู	1	kg	0.466
	กากปู	1.2473	kg	0.5812
	น้ำเสีย	0.0032	m^3	0.0015
กระบวนการผลิตในโรงงาน				
สารขาเข้า	ไฟฟ้า	78,081	kWh	0.7593
	น้ำคลอรีน	985.20	m^3	0.0095
	น้ำ RO	644.90	m^3	0.0064
	น้ำพาสเจอร์ไรซ์	275.35	m^3	0.0027
	ไอน้ำ	100,875	kg	0.9810
	น้ำมันเตา	6,265	kg	0.0609
	น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	41,180	kg	0.4005
	น้ำแข็ง (ซื้อ)	27,453	kg	0.2669
	NaOCl 10%	247.57	kg	2.41E-03
	$Ca(OCl)_2$ 65%	16.98	kg	1.65E-04
	น้ำยาล้างภาชนะ	353.18	kg	3.43E-03
	สบู่เหลวล้างมือ	50.94	kg	4.95E-04
	Cookertreat 100	47.54	kg	4.62E-04

ตารางที่ 4.2 บัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ของผลิตภัณฑ์ 1 กระป๋อง (446 กรัม) (ต่อ)

ประเภท	รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณต่อ 1 กระป๋อง (หน่วยต่อกระป๋อง)
กระบวนการผลิตในโรงงาน				
สารขาเข้า	แอลกอฮอล์	24.90	kg	2.42E-04
	น้ำหมึก	226.40	kg	2.20E-03
	น้ำยาล้างหมึก	905.60	kg	8.80E-03
	น้ำยาผสม	2,943.20	kg	2.86E-02
	NH_3	305.64	kg	2.97E-03
	SAPP	103.58	kg	1.01E-03
	กระป๋อง	3,581.31	kg	3.48E-02
	ฝา	1,058.19	kg	1.03E-02
	ถุงมือ	206.47	kg	2.01E-03
	กล่อง	1,378.32	kg	1.34E-02
	สก็อตเทป	16.52	kg	1.60E-04
	แผ่นรอง	924.16	kg	8.98E-03
สารขาออก	ผลิตภัณฑ์	102,828	กระป๋อง	1
	น้ำเสีย	1,960	m^3	0.0190
	กากปู	20,964.40	kg	0.2038

ตารางที่ 4.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 1 กระป๋อง

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ปริมาณ	หน่วย
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	2.57E+00	$kgCO_{2eq}$
การทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศ	1.34E-07	kg $CFC\text{-}11_{eq}$
ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ (สารก่อมะเร็ง)	4.60E-08	CTUh
ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ (สารไม่ก่อมะเร็ง)	8.85E-07	CTUh
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก	1.49E-03	kg $PM\ 2.5_{eq}$

ตารางที่ 4.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ 1 กระป๋อง (ต่อ)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ปริมาณ	หน่วย
การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์	1.94E-01	kg $U\text{-}235_{eq}$
การเกิดหมอกควันทางเคมี	7.32E-03	kg $NMVOC_{eq}$
ภาวะฝนกรด	5.79E-01	mol H^{+}_{eq}
ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ	1.45E-02	mol N_{eq}
ภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ	1.20E-03	kg P_{eq}
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ	4.52E-06	CTUe
การใช้พื้นที่	-	kg C deficit
การลดลงของทรัพยากรน้ำ	3.36E-04	m^3 $water_{eq}$
การลงของทรัพยากร	1.62E-01	kg Sb_{eq}

หมายเหตุ – ไม่นำมาประเมินเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถูกบ่งชี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการพิจารณาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากผลิตภัณฑ์ จากรูปที่ 4.3.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ การจับปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า กระบวนการผลิตในโรงงานปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมมากที่สุด เท่ากับ 1.340 $kgCO_{2eq}$ (52.01%) โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อม 76.46% ของผลกระทบจากกระบวนการผลิตในโรงงานมาจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร (ไฟฟ้า น้ำมันเตา และน้ำใช้) เท่ากับ 1.02 $kgCO_{2eq}$ ส่วนบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 0.2080 $kgCO_{2eq}$ สารเคมี 0.0774 $kgCO_{2eq}$และของเสีย 0.0285$kgCO_{2eq}$ ตามลำดับ ส่วนกระบวนการจับปูปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมเท่ากับ 1.020 $kgCO_{2eq}$ (39.68%) ซึ่งกิจกรรมหลักมาจากการใช้ทรัพยากรในการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 1.02 $kgCO_{2eq}$ และการขนส่ง (หมายความรวมทั้งการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งปัจจัยการผลิต การขนส่งของเสีย และการขนส่งบรรจุภัณฑ์) ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.2164 $kgCO_{2eq}$ (8.40%)

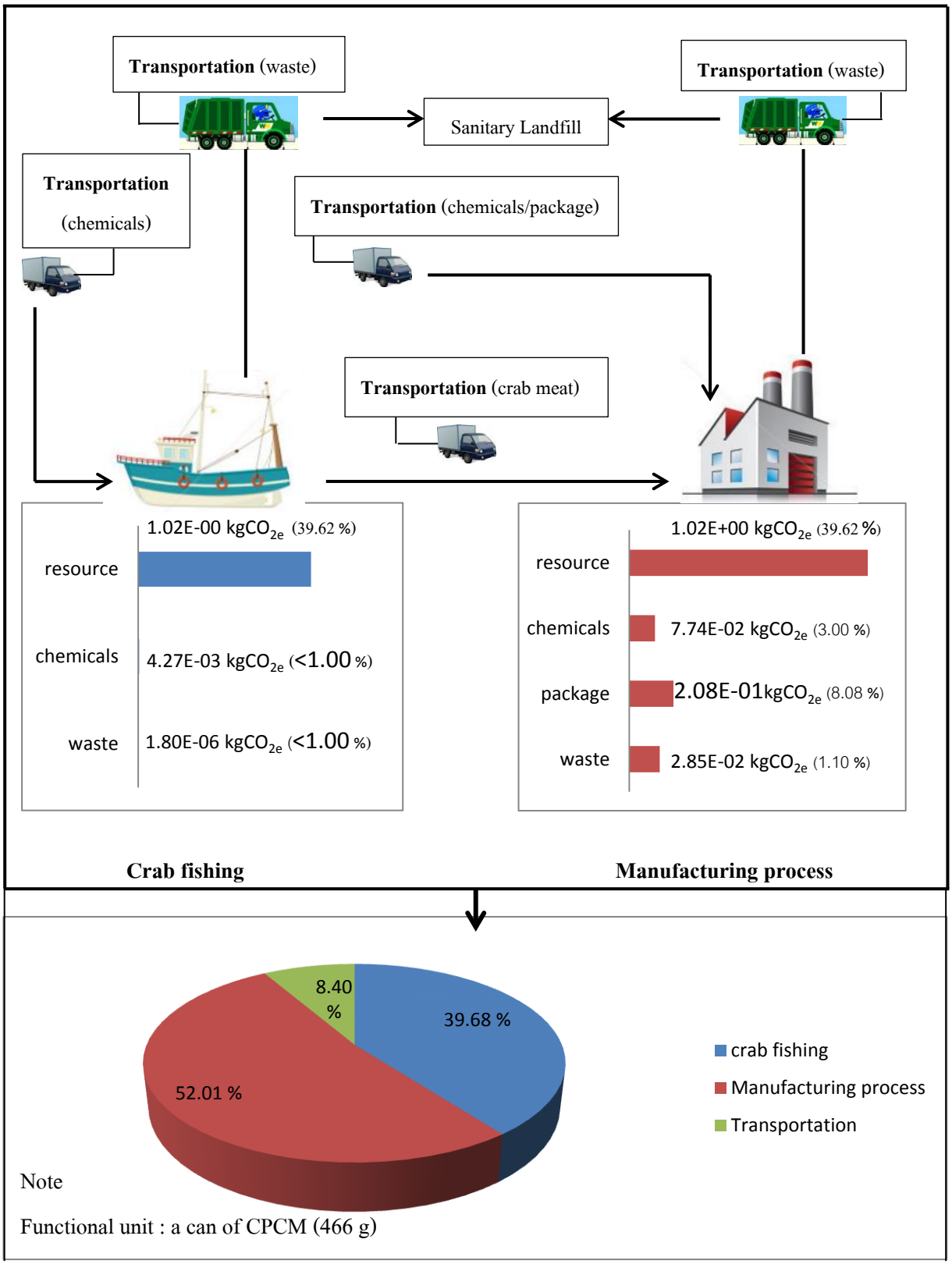
การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่มีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์มาจากการใช้พลังงานฟอสซิล (ดีเซล แอลพีจี ไฟฟ้า น้ำมันเตา) มากที่สุด การผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ทั้งจากการจับปูและการผลิตในโรงงาน แสดงให้เห็นค่าผลกระทบจากการใช้พลังงานฟอสซิลในสัดส่วนที่สูง เมื่อพิจารณาในขั้นตอนการจับปูจะเป็นลักษณะการเดินเรือออกไปจับปูตามธรรมชาติซึ่งไม่

สามารถควบคุมปริมาณปูม้าที่จะจับให้ได้ปริมาณตามความต้องการได้ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงปูม้าจึงเป็นทางเลือกให้มีวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ที่แน่นอนและสามารถลดการใช้พลังงานในการเดินเรือที่เป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนการผลิตในโรงงานพลังงานฟอสซิลที่ใช้มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องจักรและน้ำมันเตาสำหรับป้อนหม้อไอน้ำเป็นหลัก การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรเพื่อปรับปรุงและการใช้พลังงานทางเลือกสำหรับหม้อไอน้ำเป็นแนวทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

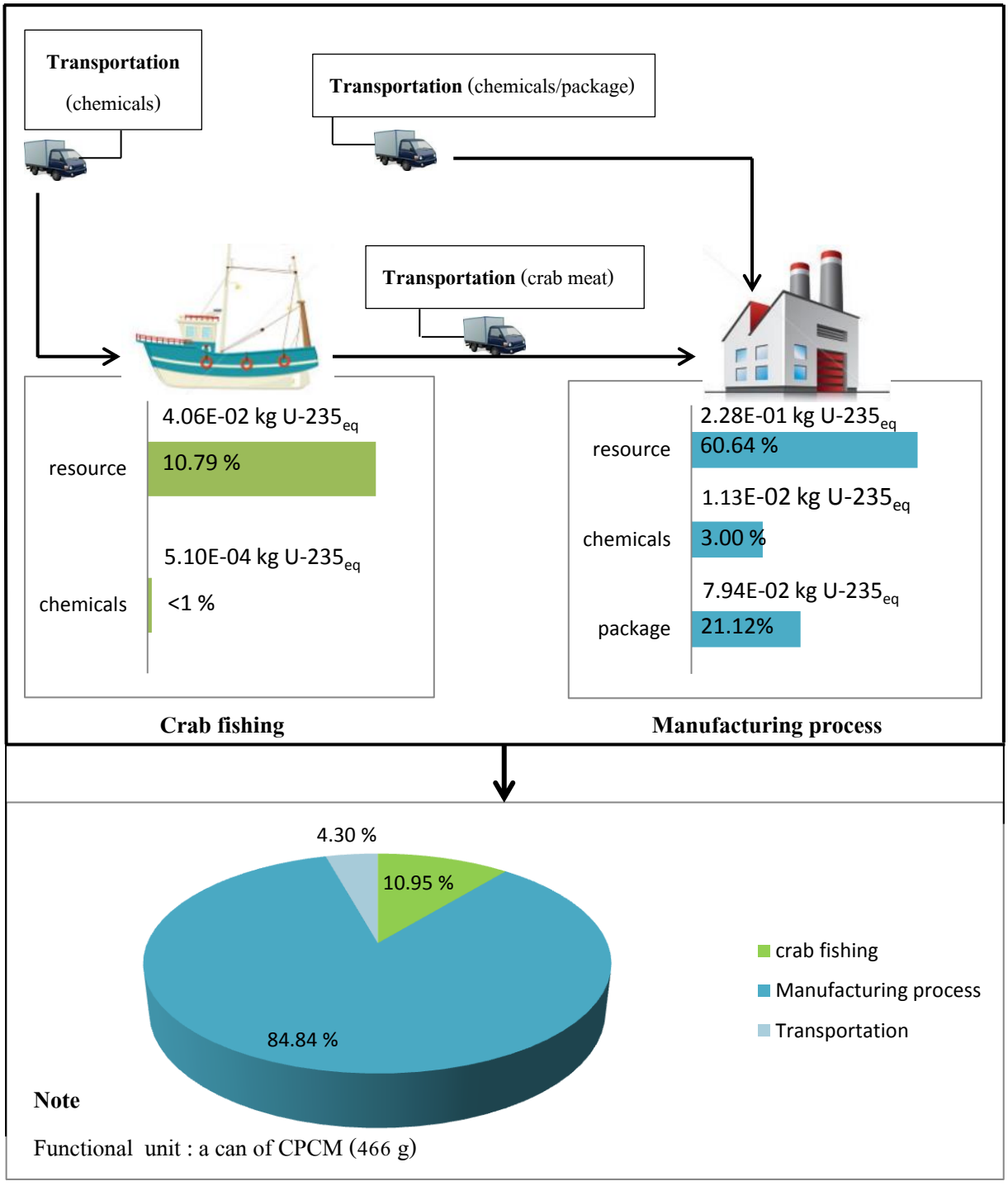
4.3.2 การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ionizing Radiation- human health effects)

ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ ถูกบ่งชี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการพิจารณาการปลดปล่อยยูเรเนียม-235 เทียบเท่าจากผลิตภัณฑ์ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ การจับปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า กระบวนการผลิตในโรงงานปล่อยยูเรเนียม-235 เทียบเท่ารวมมากที่สุด เท่ากับ 3.19E-01 kgU-235$_{eq}$ (84.84%) โดยมาจากน้ำมันเตามากที่สุดเท่ากับ 2.08E-01 kgU-235$_{eq}$ และบรรจุภัณฑ์ 6.73E-02 kgU-235$_{eq}$ ตามลำดับ ในส่วนกระบวนการจับปูมีการปล่อยยูเรเนียม-235 เทียบเท่ารวมเท่ากับ 4.12E-02 kgU-235$_{eq}$ (10.95%) ซึ่งกิจกรรมหลักมาจากการใช้ทรัพยากรในการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 4.06E-02 kgU-235$_{eq}$ และการขนส่ง (หมายความรวมทั้งการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งปัจจัยการผลิต การขนส่งของเสีย และการขนส่งบรรจุภัณฑ์) ปล่อยยูเรเนียม-235 เทียบเท่าน้อยที่สุด เท่ากับ 1.62E-02 kgU-235$_{eq}$ (4.30%) แสดงดังรูปที่ 4.3.2

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นสัดส่วนของผลกระทบจากการปล่อยกัมมันตรังสีจากการใช้ทรัพยากร (ดีเซล แอลพีจี น้ำมันเตา และไฟฟ้า) ในอัตราส่วนที่สูงทั้งการจับปูและการผลิตในโรงงานซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการศึกษาว่าการสกัดพลังงานฟอสซิล และการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate matter) การปล่อยซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) (ส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล) เป็นหนึ่งในหลายปัจจัยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นการลดการปล่อยสารกัมมันตรังสีโดยการเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดผลกระทบดังกล่าว



รูปที่ 4.3.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

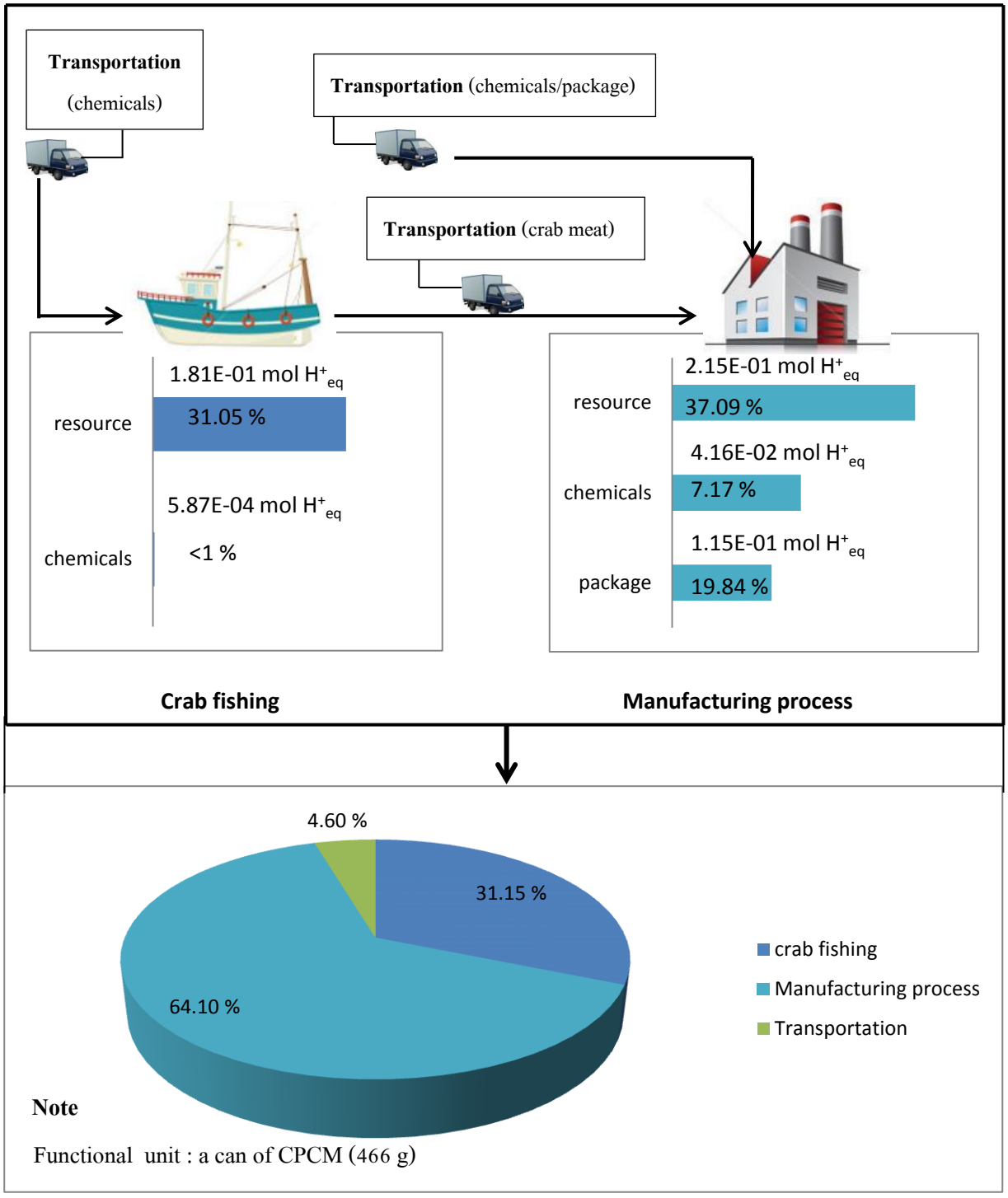


รูปที่ 4.3.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

4.3.3 ภาวะฝนกรด (Acidification)

ผลกระทบด้านภาวะฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินถูกบ่งชี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการพิจารณาการปลดปล่อยโมลไฮโดรเจนไอออนเทียบเท่าจากผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการปล่อยมลภาวะทางอากาศ ได้แก่ NO_x, NH_3 และ SO_2 (Roy et al., 2014) เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะฝนกรดต่อผิวดิน การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมพิจารณาตั้งแต่ การจับปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า กระบวนการผลิตในโรงงานปล่อยโมลไฮโดรเจนไอออนเทียบเท่ารวมมากที่สุดเท่ากับ 3.72E-01 mol H^+_{eq} (64.10 %) โดยร้อยละ 57.79 ของผลกระทบจากกระบวนการผลิตในโรงงานมาจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร ส่วนสารเคมีเท่ากับ 4.16E-02 mol H^+_{eq} บรรจุภัณฑ์ 1.15E-01 mol H^+_{eq} ตามลำดับ ส่วนกระบวนการจับปูมีการปล่อยโมลไฮโดรเจนไอออนเทียบเท่ารวมเท่ากับ 1.81E-01 mol H^+_{eq} (31.15%) ซึ่งกิจกรรมหลักมาจากการใช้ทรัพยากรในการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 1.81E-01 mol H^+_{eq} และการขนส่ง (หมายความรวมทั้งการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งปัจจัยการผลิต การขนส่งของเสีย และการขนส่งบรรจุภัณฑ์) ปล่อยโมลไฮโดรเจนไอออนเทียบเท่าน้อยที่สุด เท่ากับ 2.66E-01 mol H^+_{eq} (4.60%) แสดงดังรูปที่ 4.3.3

กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า (ผลกระทบทางอ้อม) ที่มีกำมะถันปนเปื้อนสูง เป็นปัญหาหลักของการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดฝนกรด การผลิตความร้อนจากการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง การเผาไหม้ของดีเซลและ แอลพีจี (ผลกระทบทางตรง) ก็เป็นส่วนหลักของการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ที่มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสัดส่วนที่สูง การเลือกใช้พลังงานที่ปนเปื้อนกำมะถันในอัตราส่วนที่น้อยหรือการกำจัดกำมะถันก่อนนำมาใช้จะช่วยให้สามารถลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงได้ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเครื่องยนต์ที่มีอัตราการให้อัตราอากาศที่พอดีกับการเผาไหม้ก็จะช่วยลดการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และนำไปสู่การลดการเกิดภาวะฝนกรด



รูปที่ 4.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะฝนกรดต่อผิวดิน

4.3.4 การลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource Depletion-water)

ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ ถูกบ่งชี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการพิจารณาในหน่วยน้ำใช้เทียบเท่าจากผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องน้ำใช้เทียบเท่า (water consumption$_{eq}$) หมายถึงน้ำที่นำมาใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกโดยแบ่งเป็นน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ น้ำระเหยระหว่างกระบวนการผลิต และน้ำที่นำมาจากแหล่งธรรมชาติ (Swiss Eco-Factor, 2013) การประเมินการลดลงของทรัพยากรน้ำของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ประเมินตั้งแต่ การจับปู และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า
กระบวนการผลิตในโรงงานมีค่าผลกระทบของการลดลงของทรัพยากรน้ำมากที่สุด เท่ากับ 3.22E-04 m^3 (95.83%) water$_{eq}$ ซึ่งแบ่งเป็นผลกระทบน้ำใช้จากการเตรียมน้ำคลอรีนเท่ากับ 1.42 E-04 m^3 water$_{eq}$ (42.26%) น้ำ RO เท่ากับ 9.60E-05 m^3 water$_{eq}$ (28.57%) และน้ำพาสเจอร์ไรซ์เท่ากับ 7.80E-05 m^3 water$_{eq}$ (23.21%) ส่วนในขั้นตอนการจับปูมีผลกระทบจากการลดลงของน้ำใช้เทียบเท่า เท่ากับ 1.35E-05 m^3 water$_{eq}$ (4.17%) แสดงดังรูปที่ 4.3.4

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Water footprint) ของการผลิตสินค้าและบริการในปัจจุบันพิจารณาการใช้น้ำต่อหน่วยการประเมินเปรียบเทียบกับการก่อให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำ (Water scarcity) จากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำนั้นๆมาใช้ในกิจกรรมการผลิตสินค้าและบริการดังกล่าว ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์สามารถเป็นเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังสามารถป้องกันการขาดแคลนทรัพยากรน้ำในช่วงหน้าแล้ง ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์มีค่าผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากรน้ำต่อ 1 กระป๋อง จากการใช้แหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำปากพนัง (ใช้ข้อมูลตัวแทนของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก) เท่ากับ 3.22E-04 m^3 water$_{eq}$ โดยในปี 2558 โรงงานมีผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (ผลิตภัณฑ์ claw) 102,828 กระป๋อง ดังนั้นผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากรน้ำทั้งหมดต่อปี เท่ากับ 33.11 m^3 water$_{eq}$ เมื่อพิจารณากิจกรรมการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์เพียงโรงงานเดียวจากการใช้น้ำในลุ่มน้ำปากพนัง ผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะมีไม่มากนัก แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเมืองมีการขยายตัวในอนาคตหรือพิจารณาโรงงานทั้งหมดที่ใช้น้ำจากลุ่มน้ำปากพนัง ผลกระทบต่อการลดลงของน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้นและอาจจะนำไปสู่การขาดแคลนทรัพยากรน้ำได้ในอนาคตได้ ดังนั้นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกิจกรรมการใช้น้ำทั้งหมดของลุ่มน้ำปากพนังจะเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างยั่งยืน

4.3.5 การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion - mineral, fossil)

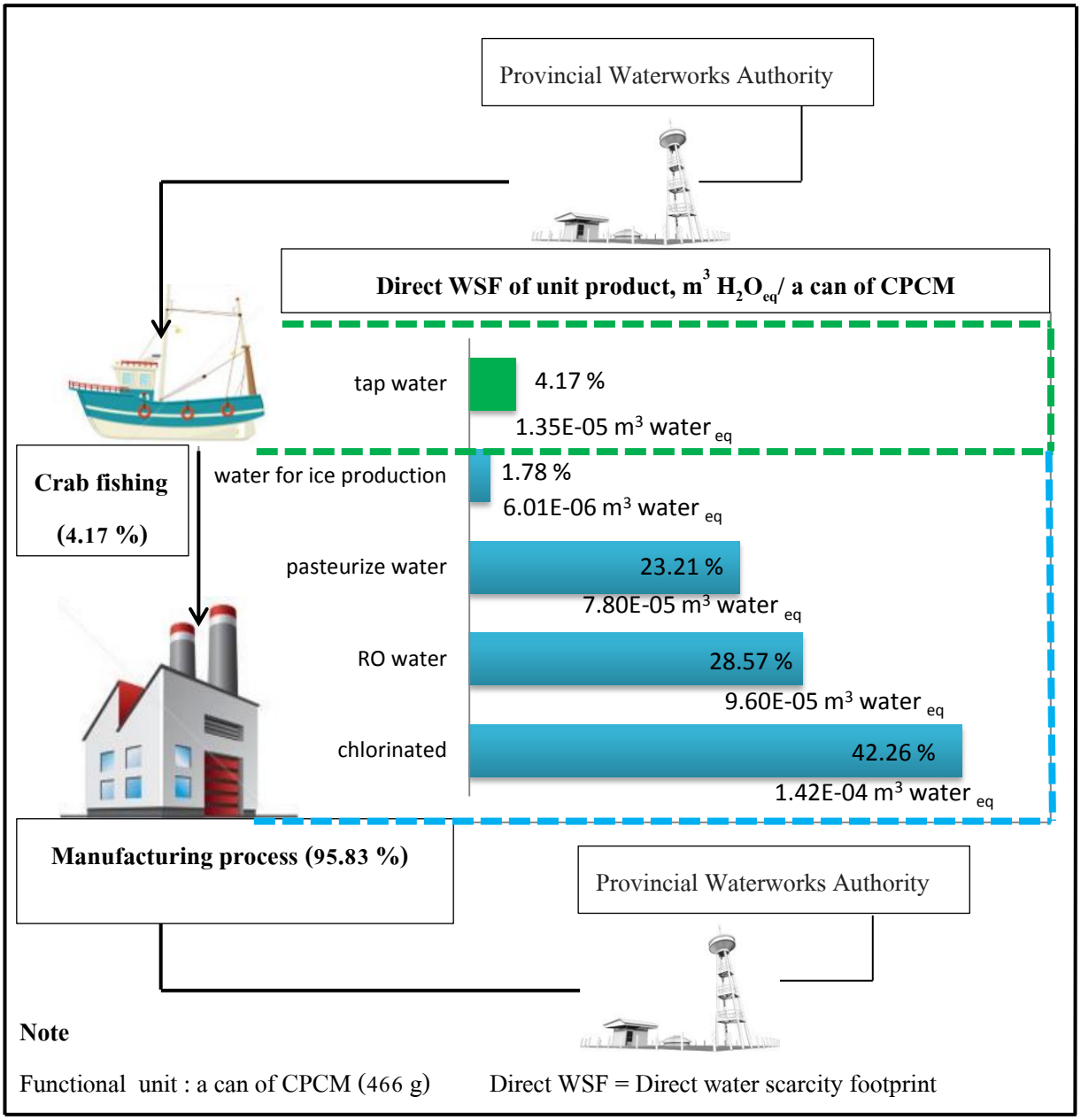
ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร ถูกบ่งชี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการพิจารณาการปลดปล่อยธาตุพลวง (Sb) เทียบเท่าของผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการลดลงของทรัพยากร

หมายถึงการลดลงของพลังงานฟอสซิลและแร่ธาตุต่างๆ (ARD, 2002) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ประเมินตั้งแต่ การจับปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า กระบวนการผลิตในโรงงานปล่อย Sb เทียบเท่ารวมมากที่สุดเท่ากับ 9.96E-02 $kgSb_{eq}$ (55.04 %) โดยมาจากจากกระบวนการผลิตในโรงงานมาจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร 9.60E-02 $kgSb_{eq}$ ส่วนสารเคมีเท่ากับ 2.03E-03 $kgSb_{eq}$และบรรจุภัณฑ์ 1.48E-03 $kgSb_{eq}$ ตามลำดับ ในส่วนกระบวนการจับปูผลกระทบหลักมาจากการใช้ทรัพยากรในการจับปูเท่ากับ 8.01E-02 $kgSb_{eq}$ (44.10%) การขนส่ง (หมายความรวมทั้งการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งปัจจัยการผลิต การขนส่งของเสีย และการขนส่งบรรจุภัณฑ์) ปล่อย Sb เทียบเท่า เท่ากับ 1.50E-03 $kgSb_{eq}$ (0.84 %) แสดงดังรูปที่ 4.3

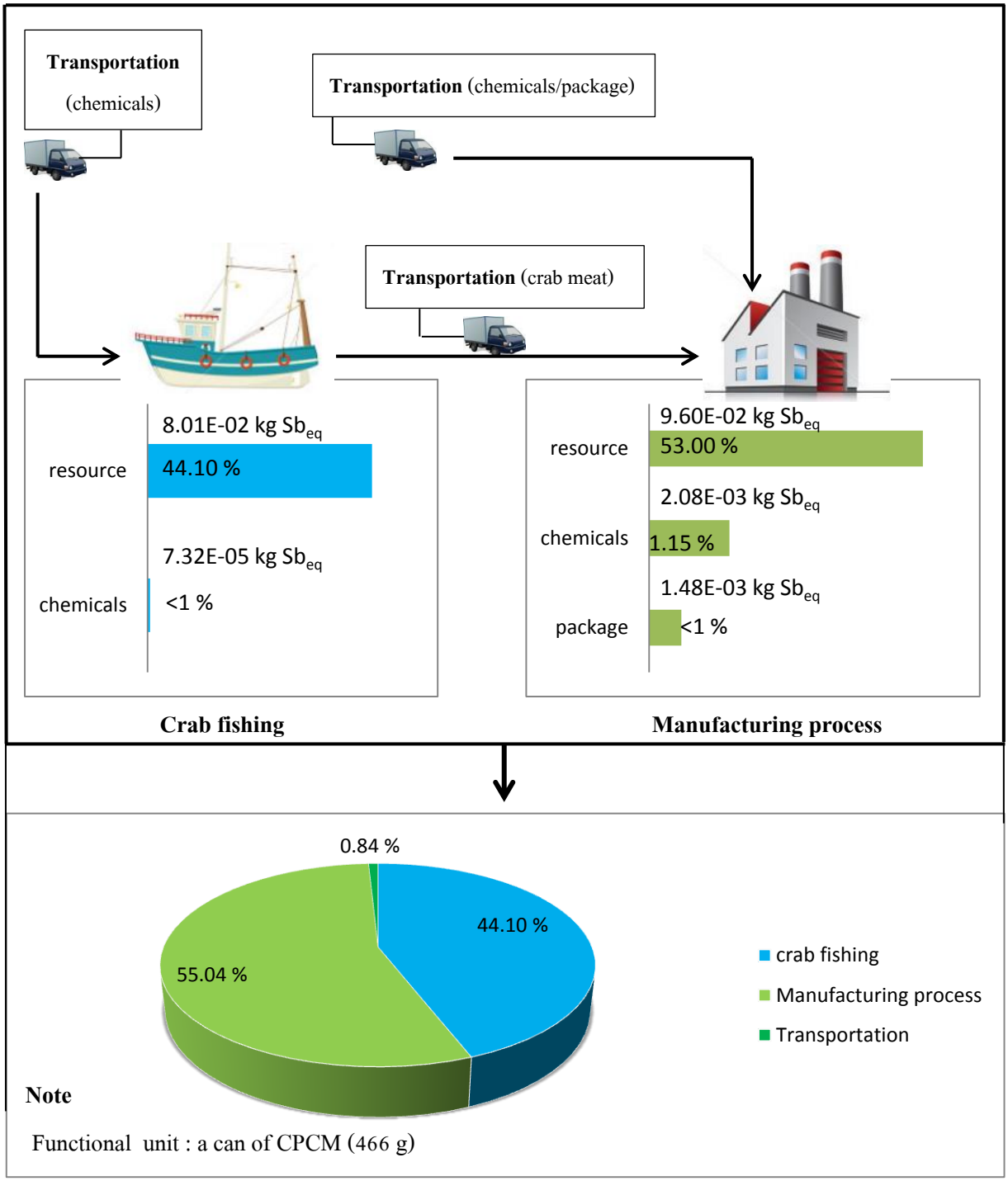
การลดลงของทรัพยากรถูกพิจารณาจากการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถทดแทนได้ เช่น โลหะแร่ธาตุ พลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน น้ำมันและแก๊ส) เทียบกับปริมาณทรัพยากรสำรอง (reserve) ใต้พื้นโลกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้ฐานข้อมูลการประเมินจากต่างประเทศเป็นตัวแทนของการลดลงของทรัพยากรซึ่งอาจจะไม่ปรากฏให้เห็นการลดลงของทรัพยากรที่แท้จริง เนื่องจากปริมาณทรัพยากรที่ใช้จริงสำหรับการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์กับค่าศักยภาพที่ส่งผลให้เกิดการลดลงของทรัพยากร (Emission factors) ไม่ได้มาจากแหล่งเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาจัดทำฐานข้อมูลสำหรับประเทศไทยสำหรับการใช้ทรัพยากร โดยเฉพาะพลังงานฟอสซิลเป็นสิ่งที่จะต้องดำเนินการให้เกิดเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการพลังงานในอนาคตที่ยั่งยืน

4.4 ภาพรวมขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบเท่า

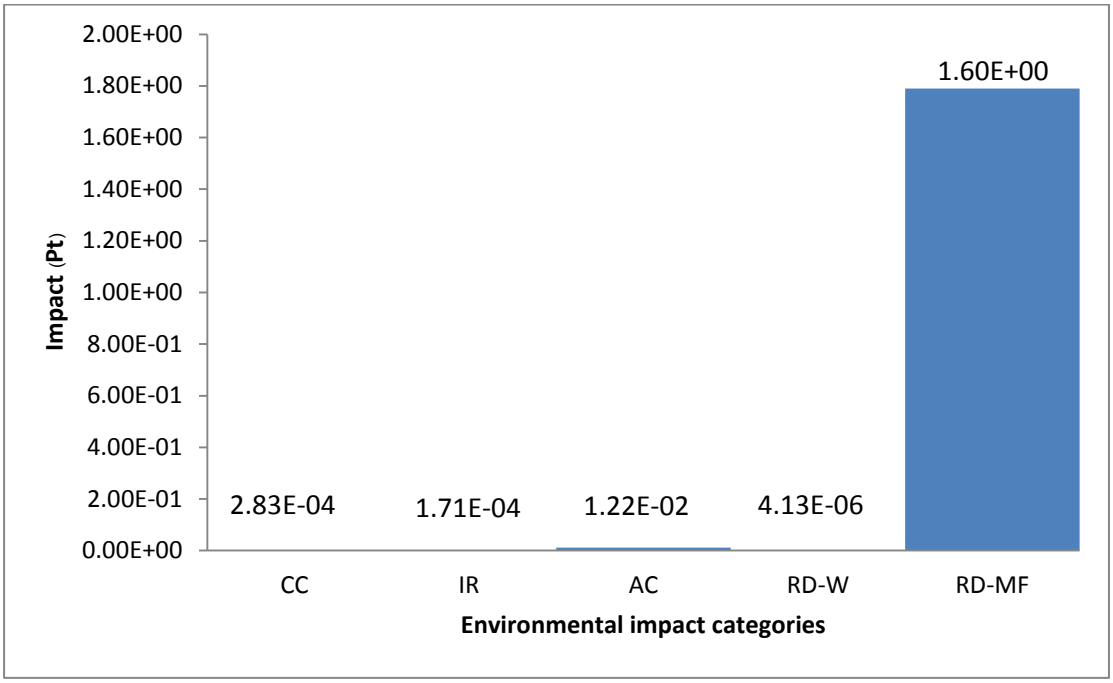
ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ตามข้อกำหนดฟุต-พรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ และมีนัยสำคัญที่จะต้องดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน (รายละเอียดดังภาคผนวก ค) จากการศึกษาพบว่า การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion - mineral, fossil) มีขนาดผลกระทบมากที่สุด 99% (1.60E+00 Pt) ของผลกระทบที่มีนัยสำคัญ รองลงมาคือ ภาวะฝนกรด (Acidification) <1.00 % (1.22E-02 Pt) การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ionizing Radiation- human health effects) <1.00% (1.71E-04 Pt) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) <1.00 % (2.83E-04 Pt) และการลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource depletion-water) <1.00 % (4.13-06 Pt) ตามลำดับ (รายละเอียดการคำนวณขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังภาคผนวก ง) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ



รูปที่ 4.3.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากร



หมายเหตุ Pt = Person for Target Year, CC = Climate change, IR = Ionizing Radiation- human health effects, AC = Acidification, RD-W = Resource Depletion –water, RD-MF = Resource Depletion - mineral, fossil

ค่า normalization reference (ILCD midpoint V1.08, 2011)

รูปที่ 4.4 ภาพรวมขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบเท่า (Normalization)

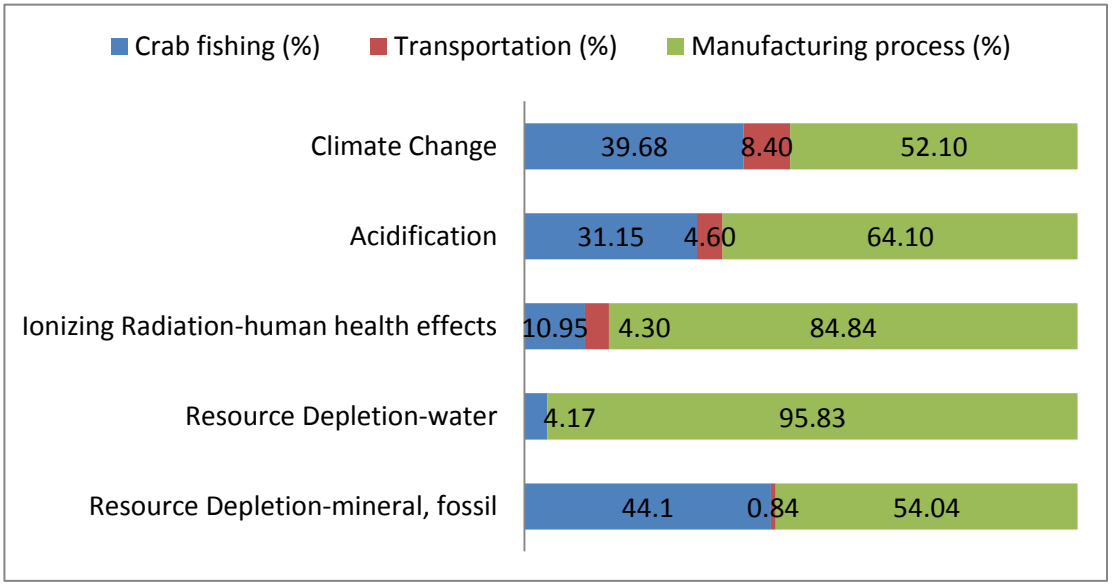
4.5 การระบุจุดวิกฤตของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

การระบุจุดวิกฤตของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์จะช่วยให้ลดค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีนัยสำคัญมากที่สุด ดังนั้นจะแบ่งขั้นตอนการระบุจุดวิกฤตได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

4.5.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Most Relevant Life Cycle Stages)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำมาพิจารณาเป็นสัดส่วนผลกระทบตั้งแต่การจับปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีค่าผลกระทบจากกระบวนการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 52.01% การจับปู 39.68% และการขนส่ง 8.40% ตามลำดับ ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งต่อสุขภาพมนุษย์มีค่าผลกระทบจากกระบวนการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 84.84% การจับปู 10.95% และ

การขนส่ง 4.30% ตามลำดับ ผลกระทบด้านภาวะฝนกรดมีค่าผลกระทบจากกระบวนการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 64.10% การ



รูปที่ 4.5.1 แสดงขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรผลิตภัณฑ์

จับปู 31.15 % และการขนส่ง 4.60 % ตามลำดับ ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำมีค่าผลกระทบจากกระบวนการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 95.83 % และการจับปู 4.17 % ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรมีค่าผลกระทบจากกระบวนการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 54.04 % การจับปู 44.10% และการขนส่ง 0.84 % ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.5.1

4.5.2 การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องปรับปรุงของกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

การกำหนดจุดวิกฤต (hotspots) ที่จะดำเนินการแก้ไขพิจารณาตามข้อกำหนดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (PEF guidance, 2016) พบว่า การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ แพปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงานโดยส่วนใหญ่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะเกิดในกระบวนการผลิตมากที่สุด รองลงมาเป็นแพปู และการขนส่งตามลำดับ ดังนั้นจุดวิกฤต (hotspots) ที่จะต้องปรับปรุงอันดับแรกคือกระบวนการผลิตในโรงงานซึ่งมีสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดมากกว่า 50 % แสดงดังตารางที่ 4.5.2-1

ตารางที่ 4.5.2-1 การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องปรับปรุงของกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

Environmental impacts	**Most Relevant Life Cycle Stages (%)**	**Hotspots (%)**
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	การจับปูและการผลิตในโรงงาน (91.69)	โรงงาน (52.01)
การปล่อยกัมมันตรังสีที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์	การจับปูและการผลิตในโรงงาน (95.79)	โรงงาน (84.84)
ภาวะฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน	การจับปูและการผลิตในโรงงาน (95.25)	โรงงาน (64.10)
การลดลงของทรัพยากรน้ำ	โรงงาน (95.83)	โรงงาน (95.83)
การลดลงของทรัพยากร	การจับปูและการผลิตในโรงงาน (98.14)	โรงงาน (54.04)

หมายเหตุ การระบุ Most Relevant Life Cycle Stages พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมสะสมที่มากกว่า 80%

การระบุ Hotspots พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมสะสมที่มากกว่า 50%

เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตในโรงงานซึ่งเป็นจุดวิกฤต (hotspots stage) จากวัตถุดิบ/ปัจจัยการผลิต/ของเสีย พบว่า ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสัดส่วนผลกระทบการใช้ทรัพยากรมากที่สุด 60.30% น้ำมันเตา 16.19% บรรจุภัณฑ์ 15.52% สารเคมี 5.77% และของเสีย 2.12% ตามลำดับ ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์มีสัดส่วนผลกระทบจากน้ำมันเตามากที่สุด 65.20% บรรจุภัณฑ์ 24.89% ทรัพยากร 6.30% และสารเคมี 3.56% ตามลำดับ ผลกระทบด้านภาวะฝนกรดมีสัดส่วนผลกระทบจากทรัพยากรมากที่สุด 38.44% บรรจุภัณฑ์ 30.91% น้ำมันเตา 19.32% และสารเคมี 11.18% ตามลำดับ ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรมีสัดส่วนผลกระทบจากน้ำมันเตามากที่สุด 85.54% ทรัพยากร 10.84% สารเคมี 2.08% และบรรจุภัณฑ์ 1.48% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5.2-2

ตารางที่ 4.5.2-2 จุดวิกฤตของปัจจัยการผลิตและของเสียของโรงงานผลิต

ประเภทผลกระทบ	ทรัพยากร	น้ำมันเตา	สารเคมี	บรรจุภัณฑ์	ของเสีย
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	60.30%	16.19%	5.77%	15.52%	2.12%
การปล่อยกัมมันตรังสีที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์	6.30%	65.20%	3.56%	24.89%	-
ภาวะฝนกรด	38.44%	19.32%	11.18%	30.91%	-
การลดลงของทรัพยากร	10.84%	85.54%	2.08%	1.48%	-

หมายเหตุ

ทรัพยากรได้แก่ ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในการผลิต เช่น ผลิตน้ำใช้ ผลิตไอน้ำ ไฟฟ้า อาคาร เป็นต้น การระบุ Most Relevant Elementary Flows พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมสะสมที่มากกว่า 80%

4.6 การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology: CT)

4.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการสำรวจกระบวนการผลิตของโรงงานปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ โดยพิจารณาจากการใช้ทรัพยากรการผลิตทั้ง วัตถุดิบ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำใช้ เทคโนโลยีสนับสนุนการผลิต ณ จุดต่างๆในกระบวนการผลิต แล้วนำมาทวนสอบตามแผนผังกระบวนการผลิต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยการประเมินเบื้องต้น 3 ประเด็น ได้แก่ การประเมินด้านเทคนิค การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ และการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6.1

1 การประเมินทางด้านเทคนิค

ในการประเมินทางด้านเทคนิคเพื่อหาประเด็นในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยจะใช้ข้อมูลในการคำนวณคือ ดัชนีเฉลี่ย ดัชนีที่ดีที่สุด ของทรัพยากรการผลิตแต่ละประเภท ซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 4.6.1-1

ตารางที่ 4.6.1 ผลิตภัณฑ์ พลังงาน และทรัพยากรในกระบวนการผลิตจากโรงงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ในปี 2558

รายการ	หน่วย	ค่าใช้จ่าย	ปริมาณ												ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด
		บาทต่อหน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.		
ผลิตภัณฑ์	kg		2,692.16	1,152.62	2,200.33	772.81	5,109.84	4,226.37	3,275.96	2,729.89	6,792.05	3,246.14	3,404.77	2,707.13	3,192.51	
ไฟฟ้า	kWh	3.33	13,349.07	9,677.74	16,372.12	6,813.45	16,974.09	17,820.81	17,456.98	17,086.54	15,829.69	13,858.42	12,277.44	11,761.47	14,106.48	
ดัชนีไฟฟ้า			4.958	8.396	7.441	8.816	3.322	4.216	5.328	6.2599	2.331	4.269	3.606	4.344	5.274	2.331
น้ำใช้	kg	1.5	3.84E05	1.76E05	3.05E05	1.30E05	3.70E05	3.76E05	4.80E05	3.86E05	5.15E05	3.88E05	3.72E05	3.19E05	3.50E05	
ดัชนีน้ำใช้			142.63	152.69	138.61	168.22	72.41	88.96	146.52	141.39	75.82	119.53	109.26	117.8	122.82	72.41
ไอน้ำ	kg	4.0	12,540.51	8,564.12	15,950.49	6,905.85	15,957.40	16,453.54	17,210.85	17,560.81	17,940.71	13,532.65	12,740.32	12,132.38	13,957.47	
ดัชนีไอน้ำ			4.658	7.430	7.249	8.936	3.123	3.893	5.254	6.433	2.641	4.168	3.742	4.482	5.167	2.641
สารเคมี	kg	0.4	157.39	66.34	121.66	67.57	213.12	174.73	209.32	178.41	210.47	160.03	151.90	124.31	1529.93	
ดัชนีสารเคมี			0.0584	0.0575	0.0553	0.0874	0.0417	0.0413	0.0638	0.0653	0.0309	0.0493	0.0446	0.0459	0.0534	0.0309
บรรจุภัณฑ์	kg	31	1,021.11	621.22	1,000.12	305.41	2,315.54	2,001.87	1,325.44	1,248.45	3,124.58	1,124.87	1,145.35	1,245.11	1,373.25	
ดัชนีบรรจุภัณฑ์			0.379	0.539	0.454	0.395	0.453	0.473	0.404	0.457	0.460	0.346	0.336	0.459	0.429	0.336

หมายเหตุ

ค่าดัชนี (Key Figure) คำนวณจาก ปริมาณการใช้ (ทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า น้ำใช้ ไอน้ำ สารเคมี บรรจุภัณฑ์) หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์

ค่าดัชนีเฉลี่ย เป็นผลรวมของค่าดัชนีหารด้วยจำนวนดัชนีทั้งหมด

ค่าดัชนีที่ดีที่สุด คือดัชนีที่มีค่าน้อยที่สุดของแต่ละรายการทรัพยากรการผลิต

ตารางที่ 4.6.1-1 ผลการประเมินทางด้านเทคนิคโรงงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ในปี 2558

รายการ	ค่าดัชนีเฉลี่ย	ค่าดัชนีที่ดีที่สุด	ความเป็นไปได้ทางเทคนิค (%)	คะแนน X1 (1-3)
ไฟฟ้า	5.274	2.331	126.25	3
น้ำใช้	122.82	72.41	69.61	3
ไอน้ำ	5.167	2.641	95.64	3
สารเคมี	0.0534	0.0309	72.81	3
บรรจุภัณฑ์	0.429	0.336	27.68	2

หมายเหตุ

เกณฑ์การให้คะแนน : 0 – 20% ได้ 1 คะแนน 21-40% ได้ 2 คะแนน มากกว่า 40 % ได้ 3 คะแนน

2 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินในประเด็นของค่าใช้จ่าย โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณคือ ราคาต้นทุนต่อหน่วย ดัชนีเฉลี่ย ดัชนีที่ดีที่สุด ของทรัพยากรการผลิตแต่ละประเภท รวมทั้งกำลังการผลิต ซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 4.6.1-2

ตารางที่ 4.6.1-2 ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์โรงงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ในปี 2558

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	ค่าดัชนีเฉลี่ย	ค่าดัชนีที่ดีที่สุด	ความเป็นไปได้	ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (%)	คะแนน X2 (1-3)
ไฟฟ้า	kWh	3.33	5.274	2.331	31.29	9.96	1
น้ำใช้	Kg	1.50	122.82	72.41	241.40	76.83	3
ไอน้ำ	Kg	4.00	5.167	2.641	32.26	10.26	1
สารเคมี	Kg	0.40	0.0534	0.0309	0.03	0.02	1
บรรจุภัณฑ์	Kg	31.00	0.429	0.336	9.20	2.93	1

หมายเหตุ

กำลังการผลิตรวม 3.192 ตัน/เดือน เกณฑ์การให้คะแนน : 0 – 20% ได้ 1 คะแนน 21-40% ได้ 2 คะแนน มากกว่า 40 % ได้ 3 คะแนน

3 การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม

ในการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการผลิต โดยพิจารณาจากปริมาณการใช้ (Quantity: Q) ผลกระทบที่เกิดขึ้น (Effect: E) และการแพร่กระจาย (Dispersion: D) ช่วงการให้คะแนนอยู่ระหว่าง 1 – 3 ผลการประเมินดังตารางที่ 4.5.1-3

ตารางที่ 4.6.1-3 ผลการประเมินความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อมโรงงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ในปี 2558

รายการ	หน่วย	ปริมาณการใช้หน่วยต่อปี	การให้คะแนนด้านสิ่งแวดล้อม			ผลคูณ (QxExD)	คะแนน X3 (1-3)
			Q	E	D		
ไฟฟ้า	kWh	14,106.48	3	3	3	27	3
น้ำใช้	Kg	3.50×10^{5}	3	2	2	12	3
ไอน้ำ	Kg	13,957.47	2	1	1	2	1
สารเคมี	Kg	1,529.93	1	1	1	1	1
บรรจุภัณฑ์	Kg	1,373.25	1	1	1	1	1

หมายเหตุ เกณฑ์การให้คะแนน : 0 – 5 ได้ 1 คะแนน 6 -10 ได้ 2 คะแนน มากกว่า 10 ได้ 3 คะแนน

4. การรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญในการประเมินเบื้องต้น

การรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาที่มีความสำคัญที่สุดก่อน-หลังได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อที่จะนำไปสู่แนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญต่อไป รายละเอียดดังตารางที่ 4.6.1-4

ตารางที่ 4.6.1-4 การรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญในการประเมินเบื้องต้นของโรงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ในปี 2558

รายการ	ความสำคัญด้านเทคนิค		ความสำคัญด้านเศรษฐศาสตร์		ความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม		รวมคะแนน	ลำดับ
	W1 = 2		W2 = 3		W3 = 1			
	X1	X1*W1	X2	X2*W2	X3	X3*W3		
ไฟฟ้า	3	6	1	3	3	3	12	2
น้ำใช้	3	6	3	9	3	3	18	1
ไอน้ำ	3	6	1	3	1	1	10	3
สารเคมี	3	6	1	3	1	1	10	3
บรรจุภัณฑ์	2	4	1	3	1	1	6	4

จากตารางที่ 4.6.1-4 การจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ตามแนวคิดการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด พบว่า ปัญหาสำคัญที่จะต้องดำเนินการแก้ไขเป็นอันดับ 1 คือ การใช้ทรัพยากรน้ำของโรงงาน โดยกิจกรรมหลักมาจากการใช้น้ำสำหรับการล้างทำความสะอาด การผลิตน้ำแข็ง การเตรียมน้ำสำหรับหม้อต้มน้ำ เป็นต้น ประเด็นปัญหาอันดับ 2 ที่จะต้องแก้ไข คือ การใช้ทรัพยากรไฟฟ้า ซึ่งเป็นทรัพยากรหลักที่มีการใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในสัดส่วนที่สูง โดยหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับการดำเนินกิจกรรมการผลิตในโรงงาน เช่น ไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักร และไฟฟ้าแสงสว่างในกระบวนการผลิต อันดับ 3 เป็นการผลิตไอน้ำซึ่งโรงงานใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ ส่วนสารเคมี และบรรจุภัณฑ์ เป็นองค์ประกอบที่มีผลกระทบน้อยและเปลี่ยนแปลงได้ยากจึงไม่ถูกนำมาเสนอแนวทางแก้ไข

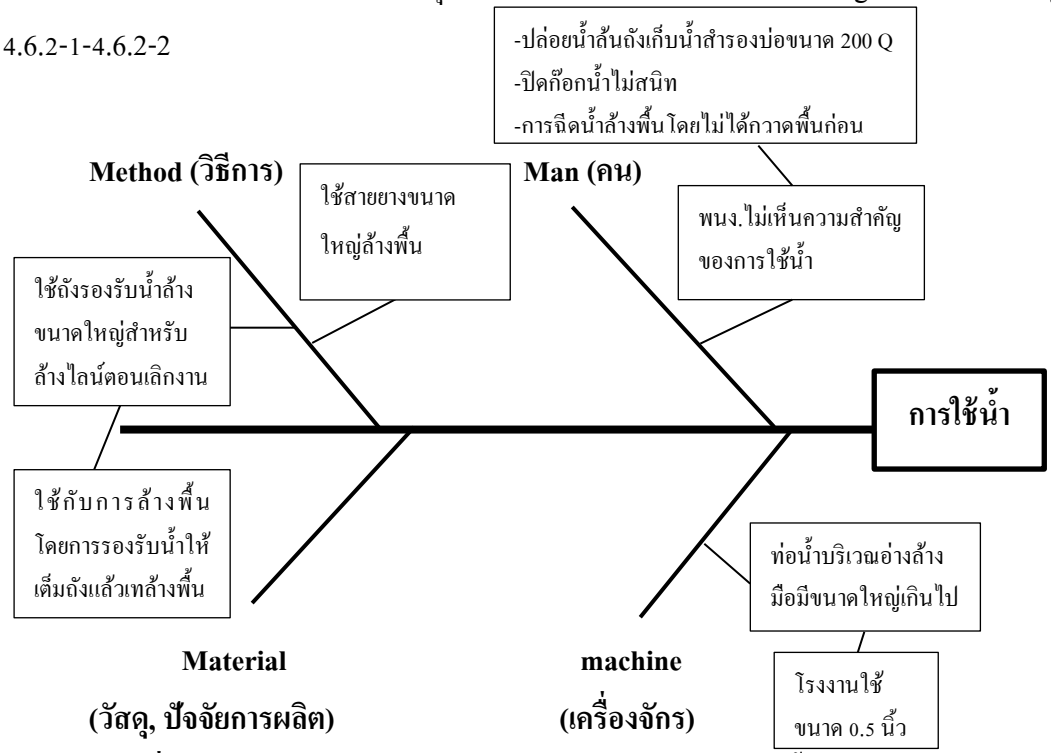
จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมการใช้ทรัพยากรการผลิตของโรงงานที่จะนำไปสู่การเสนอแนวทางแก้ไขแบ่งการรายงานผลการศึกษาเป็น 2 รูปแบบ คือ การรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (ดังรูปที่ 4.4) ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานการพิจารณาประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้นโดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรต่อหน่วยจากค่าเฉลี่ยในการคำนวณ ทำให้ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้าเป็นหลักเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยสูงสุด ส่วนการรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดการผลิตด้วย

เทคโนโลยีสะอาด (ตารางที่ 4.6.1-4) พิจารณา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาปริมาณการใช้ทรัพยากรต่อหน่วยที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการคำนวณ ซึ่งผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการใช้ทรัพยากรน้ำสูงเป็นอันดับแรกและการใช้ทรัพยากรไฟฟ้าเป็นลำดับถัดมา การแสดงผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ไม่สอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์นั้น เมื่อพิจารณาแนวคิดการผลิตด้วยเทคโนโลยีที่สะอาดจะช่วยให้ปัญหาการใช้ทรัพยากรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปสู่แนวทางในเชิงปฏิบัติได้ชัดเจนมากขึ้น ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรน้ำสามารถนำไปสู่แนวทางในเชิงปฏิบัติได้มากกกว่าการใช้ทรัพยากรไฟฟ้า

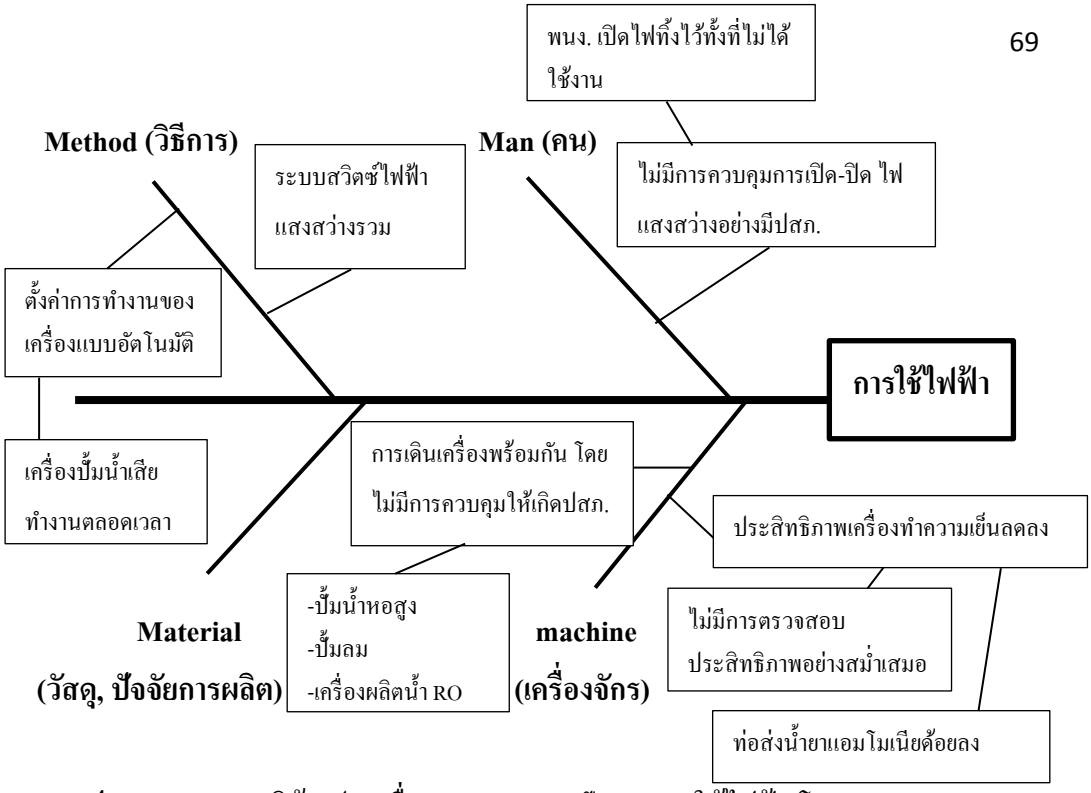
อย่างไรก็ตาม การเสนอมาตรการแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการวิจัยนี้จะต้องไม่พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพียงมิติเดียว จำเป็นต้องมองทั้ง 3 มิติ คือ สิ่งแวดล้อม เทคนิค เศรษฐศาสตร์ เพื่อให้แนวทางเลือกสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้จริงทั้งการใช้ทรัพยากรไฟฟ้าและทรัพยากรน้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างครอบคลุม

4.6.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่พบในโรงงานโดยใช้ Ishikawa Diagram

ปัญหาที่ระบุได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของการใช้ทรัพยากรการผลิตซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบมากที่สุดแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ การใช้ทรัพยากรน้ำ และการใช้ทรัพยากรไฟฟ้า โดยใช้วิธีวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้ผังก้างปลาหรือ Ishikawa Diagram ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.6.2-1-4.6.2-2



รูปที่ 4.6.2-1 แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการใช้น้ำของโรงงาน



รูป 4.6.2-2 แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการใช้ไฟฟ้า โรงงงาน

4.7 ทางเลือกการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อม (Cleaner Technology Options)

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อม เป็นการมุ่งเน้นการจัดการปัจจัยการผลิต การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงาน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี การใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ภายในโรงงาน ซึ่งโรงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ที่จะนำหลักการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดแบ่งประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุงเป็น 3 ประเด็นได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำ การใช้ทรัพยากรไฟฟ้า การผลิตไอน้ำโดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน และประเด็นการใช้ดีเซลสำหรับเดินเรือจับปูส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของวัตถุดิบที่จะป้อนเข้าโรงงาน นำไปสู่ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมที่สูงขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.7.1 การใช้ทรัพยากรน้ำ

เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในหมวดอาหาร การใช้น้ำจึงเป็นทรัพยากรสำคัญในหลายขั้นตอนการผลิต ทั้งการล้างวัตถุดิบ ล้างวัสดุอุปกรณ์ และภาชนะ การล้างทำความส่วนการผลิตต่างๆเพื่อกำจัดเศษซาก และการใช้น้ำสำหรับผลิตน้ำแข็งและน้ำเย็นสำหรับเตรียมในกระบวนการผลิต ดังนั้นการนำหลักการผลิตที่สะอาดมาใช้จะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมซึ่งพิจารณาด้านการจัดการและด้านเทคนิค ดังตารางที่ 4.7.1

ตารางที่ 4.7.1-1 ทางเลือกการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านการใช้น้ำ (ต่อ)

การแก้ไขโดยการจัดการ	
การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อม	**หมายเหตุ**
1. การพัฒนาบุคลากรขององค์กรให้เกิดความตระหนักและมีส่วนร่วมรับผิดชอบการใช้ทรัพยากรน้ำ - กำหนดนโยบายการใช้น้ำของบริษัทให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรม - การอบรม/ให้ความรู้/แนวทางปฏิบัติที่จะก่อให้เกิดการใช้น้ำที่สิ้นเปลือง - สร้างแรงจูงใจกับพนักงานให้เกิดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ให้รางวัลกับพนักงานที่เสนอแนวทางการลดการใช้น้ำให้กับองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น	การให้ความร่วมมือของบุคลากรของหน่วยงานเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่การก่อให้เกิดประสิทธิผลของการใช้ CT ดังนั้นผู้บริหารจะต้อง

	เป็นผู้ที่ทำความเข้าใจกับทุกคนในองค์กรให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้น้ำ
2. การตรวจสอบปัจจัยที่ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ - ตรวจสอบการซึมของน้ำบริเวณข้อต่อต่างๆของท่อและส่วนวาล์วน้ำ ถ้าหากมีการรั่วของน้ำให้ทำการซ่อม/เปลี่ยน - การใช้น้ำของโรงงานเป็นส่วนสำคัญและก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ เนื่องจากการเก็บข้อมูลทรัพยากรน้ำใช้จำเป็นต้องนำมาปันส่วนการใช้ทรัพยากรของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้นการมีมิเตอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำและในส่วนการผลิตที่สำคัญจึงเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น	
3. การปรับลดการใช้น้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น - ทำการตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำสำหรับ 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การพาสเจอร์ไรซ์และการทำคูลลิ่ง และเปรียบเทียบกับสมรรถนะของเครื่องจักร - ท่อน้ำบริเวณอ่างล้างมือใช้ท่อขนาดใหญ่ส่งผลให้การเปิดน้ำแต่ละครั้งสิ้นเปลือง อาจปรับขนาดท่อน้ำบริเวณอ่างล้างมือให้เล็กลง	
1. การใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงสำหรับล้างไลน์การผลิต 2. การติดตั้งระบบลูกลอยเพื่อป้องกันน้ำล้นถังรับน้ำสำรอง	Option 1 หน้า 65

	Option 2 หน้า 66

Option 1 : การใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงสำหรับล้างไลน์การผลิต

เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประหยัดน้ำและเวลาสำหรับการทำความสะอาดได้ดีกว่าการล้างทำความสะอาดแบบเดิม และยังสามารถล้างสิ่งสกปรกที่ติดแน่นให้ออกได้ง่ายขึ้น

- เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง KARCHER รุ่น K2.360 แรงดัน 120 บาร์

เนื่องจากการใช้น้ำล้างไลน์ผลิตจะใช้รูปแบบการเติมน้ำให้เติมถังขนาด 200 ลิตร แล้วเทล้างพื้นหลังจากหยุดเดินการผลิต เฉลี่ยต่อวันใช้น้ำสำหรับล้างพื้น 10 ถังโดยปริมาณน้ำใช้ต่อวัน 2,000 ลิตร เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ การใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงจึงเป็นทางเลือกในการนำมาใช้ เนื่องจากสามารถลดการใช้น้ำลงได้เหลือเพียง 800 ลิตรต่อวัน ลดการใช้น้ำสำหรับล้างไลน์ผลิต 1200 ลิตรต่อวันหรือลดลง 60 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำสำหรับล้างไลน์ผลิต โดยมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายและการประหยัดน้ำรายปีดังตารางที่ 4.7.1-2

ตารางที่ 4.7.1-2 ค่าใช้จ่ายและการประหยัดน้ำรายปีโดยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง

รายการ	จำนวน	หน่วย
เงินลงทุน	1,400	บาท
[(1)]จำนวนเงินที่ประหยัดได้	295	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	4	ปี
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	366	m^3/year

หมายเหตุ

[(1)]การคำนวณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

หัวฉีดและปั๊มความดัน	= 6,780	บาท
สายยางและห่วงรัด	= 120	บาท
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (ปั๊มน้ำมอเตอร์ 500 W, 0.5 hr./day)	= 0.25	kWh/day
เครื่องฉีดน้ำความดันสูงใช้ไฟฟ้า เท่ากับ	= 76.25	kWh/year
ค่าไฟฟ้า (3.33 บาท/kWh)	= 254	บาทต่อปี
ปริมาณน้ำที่ลดได้	= 1.20	m^3/day
ค่าน้ำที่ประหยัดได้ (1.5 บาท/m^3)	= 1.8	บาท/วัน

= 549 บาท/ปี

ดังนั้นหักลบค่าไฟฟ้าแล้วจะเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ เท่ากับ 549-254 = 295 บาทต่อปี

Option 2 : การติดตั้งระบบลูกลอยเพื่อป้องกันน้ำล้นถังรับน้ำสำรอง

เนื่องจากการสูบน้ำมาเก็บไว้ในบ่อเก็บน้ำสำรองขนาด 200 ลูกบาศก์เมตร ทางโรงงานไม่ได้มีระบบตัดอัตโนมัติเมื่อน้ำเต็มบ่อสำรอง ทำให้บางครั้งเกิดน้ำล้นบ่อสำรองเป็นประจำ ส่งผลให้สิ้นเปลืองทั้งทรัพยากรน้ำและไฟฟ้า ดังนั้นจำเป็นต้องติดตั้งระบบลูกลอยป้องกันน้ำล้น เพื่อลดการสิ้นเปลืองลงได้

-ก่อนการติดตั้งลูกลอย

ปั๊มสูบน้ำมอเตอร์1500W สูบน้ำวันละ 5 ชั่วโมง

คิดเป็นค่าไฟ = $1500\ \text{W} \times \frac{1\ kWh}{1000\ W} \times 5\ \text{hr.}$

= 7.5 kWh/day หรือ 2,700 kWh/year

-หลังการติดตั้งลูกลอย

ปั๊มน้ำมอเตอร์ 1500 W สูบน้ำ 10 m^3 (8,000 L) ด้วยกำลังส่งน้ำ 300 L/min.

คิดเป็นเวลาที่ใช้สูบน้ำ = $8{,}000\ \text{L} \times \frac{1\ min.}{300\ L}$

= 26.66 min. หรือ 0.44 hr.

ดังนั้น สามารถลดเวลาสูบน้ำได้ 6.00 hr.-0.44 hr. = 5.56 hr.

คิดเป็นค่าไฟที่ลดได้ $1500\ \text{W} \times \frac{1\ kWh}{1000\ W} \times 5.56\ \text{hr.}$

ดังนั้น ลดไฟฟ้าลงได้ = 8.34 kWh/day หรือ 3,002 kWh/year

คิดเป็นเงินที่ลดลงได้ = $\frac{3.33\ \text{baht}}{\text{kWh}} \times \frac{3{,}002\ \text{kWh}}{\text{year}}$

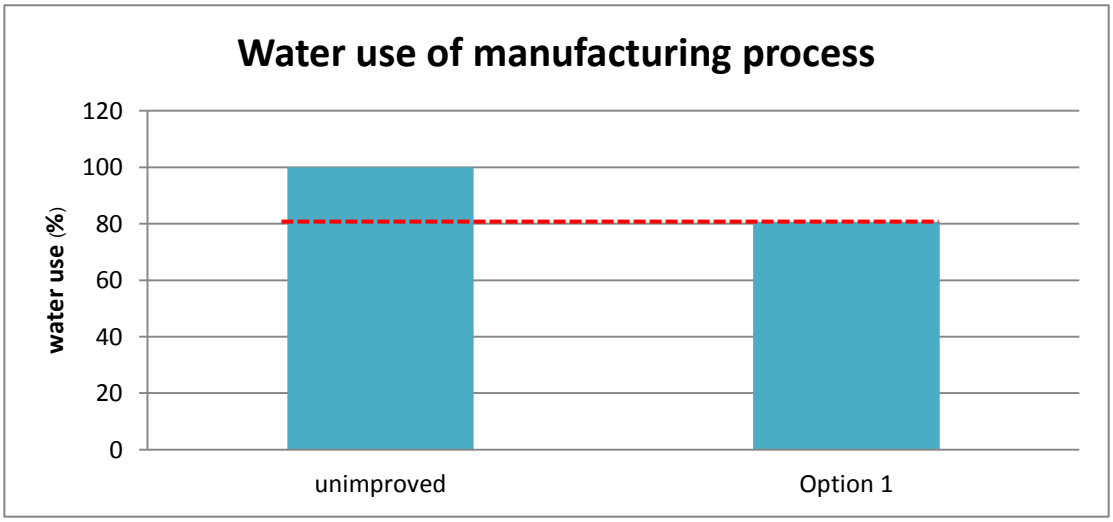
= 9,997 baht/year

ตารางที่ 4.7.1.-3 ปริมาณทรัพยากรไฟฟ้าที่ลดลงได้ของกรณีศึกษาการป้องกันน้ำล้นถังพักน้ำสำรองโดยใช้วิธีการติดตั้งลูกลอยวัดระดับน้ำ

ทรัพยากร	ปริมาณที่ลดได้ (kWh/year)	คิดเป็นเงินเฉลี่ย (baht/year)
ไฟฟ้า	3,302	9,997

สรุปแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ด้านการใช้น้ำ

แนวทางเลือกที่ 1 เป็นการใช้ทรัพยากรน้ำสำหรับล้างไลน์ผลิตโดยวิธีการใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงซึ่งพบว่า การดำเนินตามแนวทางเลือกที่ 1 สามารถลดการใช้น้ำของโรงงานได้ 19.27 % และการลงทุนก็มีต้นทุนที่ราคาไม่สูงมากนัก ส่วนแนวทางเลือกที่ 2 เป็นการติดตั้งระบบป้องกันน้ำล้นถังพักสำรอง โดยสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปีได้ 3,302 kWh และลดค่าใช้จ่ายได้ 9,997 บาทต่อปี



รูปที่ 4.7.1 แนวทางเลือกการลดการใช้ทรัพยากรน้ำของโรงงาน

4.7.2 การใช้ทรัพยากรไฟฟ้า

.ทรัพยากรไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีต้นทุนการผลิตที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ในการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ใช้ไปกับระบบทำความเย็นของโรงงานเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ การผลิตน้ำแข็ง กระบวนการผลิตน้ำเย็น การใช้ไฟฟ้าของตู้แช่แข็งและห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุหลักของการใช้ไฟฟ้าในการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในสัดส่วนที่สูง การนำหลักการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดมลพิษสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งแนวทางการแก้ไขออกเป็น การแก้ไขโดยการจัดการและการแก้ไขด้วยเทคนิค ดังตารางที่ 4.7.2

ตารางที่ 4.7.2-1 ทางเลือกการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านการใช้ไฟฟ้า

การแก้ไขโดยการจัดการ	
การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อม	**หมายเหตุ**
1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานตู้แช่แข็งและห้องเย็น - บรรจุผลิตภัณฑ์ให้เต็มตู้แช่แข็งทุกครั้ง เนื่องจากการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไม่เต็มตู้แช่เย็นสิ้นเปลืองไฟฟ้าไม่ต่างกัน - ควรควบคุมผลิตภัณฑ์ก่อนแช่แข็งไม่ให้สูงเกินไป - ตรวจสอบสภาพประตู และฉนวนบริเวณโดยรอบตู้แช่แข็งและห้องเย็นให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ - ให้คำแนะนำแก่พนักงานให้ปิดตู้แช่แข็งและห้องทำความเย็นให้สนิททุกครั้งหลังใช้งาน - ใช้หลอดไฟประเภทที่ประหยัดพลังงานและเกิดความร้อนน้อย เพื่อลดภาระการทำความเย็นของห้องแช่เย็น - อบรมพนักงานฝ่ายผลิตรวมทั้งช่างที่ควบคุมระบบทำความเย็นให้มีความรู้พื้นฐานของระบบทำความเย็น - ตรวจสอบความเป็นไปได้ที่จะปรับระบบการทำงานของระบบทำความเย็นให้เดินเต็มที่ในช่วง off–peak ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานได้ **2. การดูแลระบบทำความเย็นและการใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพ** - มีการวางแผนตรวจสอบเครื่องจักรอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ - ตรวจสอบคุณภาพน้ำของระบบระบายความร้อนอยู่เสมอ เพื่อป้องการเกิดตะกรันและการกักกร่อน - ติดตั้งระบบ alarm และมีซอฟแวร์ควบคุมระบบเครื่องจักร เพื่อลดการใช้งานในช่วง on-peakและปิดเครื่องจักรที่ไม่ได้ใช้งาน ส่งผลให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของการเดินเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ - ตรวจสอบและจัดลำดับการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้	

เกิดการใช้งานที่เหมาะสมการภาระความเย็นที่ต้องการ โดยให้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงทำงานเป็นแกนหลัก	

การแก้ไขด้วยเทคนิค	
การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อม	**หมายเหตุ**
1.การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดิบและน้ำเสียสำหรับผลิตน้ำเย็นโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผน (Plate heat exchanger)	Option 1 หน้า 68
2.การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็น	Option 2 หน้า 71

ตารางที่ 4.7.2-1 ทางเลือกการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านการใช้ไฟฟ้า (ต่อ)

Option 1 : การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดิบและน้ำเสียสำหรับผลิตน้ำเย็นโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger : PHE)

น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ในโรงงานมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำเย็น การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถช่วยลดอุณหภูมิน้ำดิบก่อนเข้าระบบผลิตน้ำเย็นโดยเกิดการถ่ายเทพลังงานที่เหลือจากน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ น้ำเสียที่อุณหภูมิสูงขึ้นจากการแลกเปลี่ยนความร้อนยังสามารถสร้างผลพลอยได้ในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยหากอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 15°c เป็น 35°c จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและให้ผลพลอยได้เป็นมีเทน (CH_4) ในอัตราที่สูงขึ้น ดังตารางที่ 4.7.2-2

ตารางที่ 4.7.2-2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°c)	อัตราการเกิดมีเทน	เวลากักเก็บ
5	0.1	10
15	0.4	2.5
25	0.8	1.2
35	1.0	1.0

ที่มา : McCarty, 1966

สภาพก่อนการปรับปรุง

น้ำใช้ในกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ของโรงงานมีอุณหภูมิ 22°c และนำน้ำบางส่วนมาลดอุณหภูมิให้ได้ 3.3 °c โดยน้ำดิบของโรงงานมีอุณหภูมิสูงประมาณ 32-37°c ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็น และน้ำเสียบางส่วนก็ยังมีอุณหภูมิที่ต่ำประมาณ 18-22°c

ข้อมูลสำหรับการประเมินทางเทคนิค

น้ำดิบ :	อัตราการไหล	50 m^3/hr.
	อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	+37 °c
	อุณหภูมิน้ำขาออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น	+23 °c
น้ำเสีย :	อัตราการไหล	25 m^3/hr.
	อุณหภูมิน้ำเสียขาเข้าระบบ	+20 °c
	กำหนดอุณหภูมิน้ำเสียหลังได้รับความร้อน	+32 °c

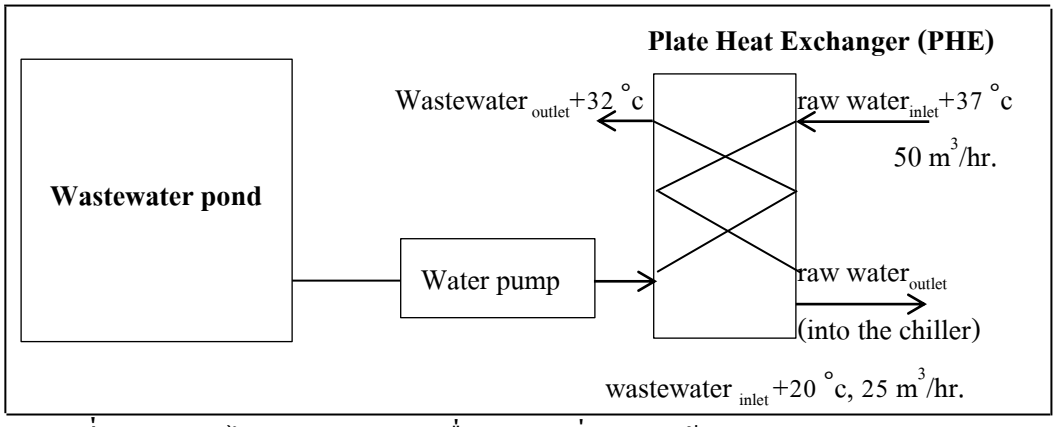
ข้อมูลข้างต้น จะสามารถคำนวณอุณหภูมิน้ำดิบหลังจากการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดังสมการ

$$Q^\circ = m^\circ C_p \Delta T$$

Q° = อัตราการถ่ายเทความร้อน (kWr)

m° = อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.2 kJ/(kg.K))



รูปที่ 4.7.2-1 กลไกการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate Heat Exchanger)

การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำดิบและน้ำเสีย

$$Q^\circ \text{ น้ำเสีย} = 20\ m^3/hr. \times 4.2\ kJ/(kg.K) \times (32\text{-}20)^\circ c \times (1{,}000/3{,}600)$$

$$= 280\ kWr$$

Q° น้ำดิบ $= 50\ m^3/hr. \times 4.2\ kJ/(kg.K) \times (34-T_{ออก})^{\circ}c \times (1{,}000/3{,}600)$

Q° น้ำเสีย $= Q^{\circ}$ น้ำดิบ

ดังนั้น $T_{ออก}$ (อุณหภูมิน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำเย็นที่ 3.3°c) = 29°c

-กรณีก่อนการปรับปรุง (น้ำดิบขาเข้ามีอุณหภูมิ +37 °c)

$$Q^{\circ} = m^{\circ}C_p\Delta T$$

$= 50\ m^3/hr. \times 4.2\ kJ/(kg.K) \times (37-23)^{\circ}c \times (1{,}000/3{,}600)$

$= 817$ kWr

-กรณีหลังการปรับปรุง (น้ำดิบขาออกมีอุณหภูมิ +29 °c)

$$Q^{\circ} = m^{\circ}C_p\Delta T$$

$= 50\ m^3/hr. \times 4.2\ kJ/(kg.K) \times (29-22)^{\circ}c \times (1{,}000/3{,}600)$

$= 408.33$ kWr

ดังนั้น เมื่อลดอุณหภูมิน้ำลงสามารถลดความต้องการในการทำความเย็น 280 kWr 32% เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance : COP) โดยค่าปกติที่สามารถประหยัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 2-4 (สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2555) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 4.7.2-3

ตารางที่ 4.7.2-3 ค่าตัวแปรต่างๆที่สามารถประหยัดได้ในการติดตั้งเครื่อง PHE

COP	2	3	4
kWe ก่อนติดตั้ง PHE	408.50	272.33	204.25
kWe หลังติดตั้ง PHE	204.16	136.11	102.08
kWe ก่อน – kWe หลัง	204.34	136.22	102.17
ชั่วโมงทำงาน	8	8	8
ค่าไฟฟ้า (บาท/kWh)	3.33	3.33	3.33
ไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/วัน)	1,634.72	1089.76	817.36
ไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/ปี)	498,590	332,237	249,295
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท/วัน)	5,443	3,628	2,721
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	1,660,300	1,106,350	830,152

หมายเหตุ Coefficient of Performance (COP) = Heat absorbed (kWr)/Electricity input (kWe)

สมมุติฐานการนำไปใช้ กำหนดให้ COP = 2 จากข้อมูลโรงงานใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 767700 kWh ลดการใช้ไฟฟ้าโดยเทคโนโลยี PHE เท่ากับ 498,590 kWh ดังนั้นโรงงานผลิตปูกระป๋องสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 64.94%

Option 2 : การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็น

เนื่องจากเครื่องทำความเย็นใช้งานมาเป็นเวลานานและไม่ได้มีการซ่อมบำรุง ส่งผลให้การใช้งานอาจจะทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นจะทำให้ทราบถึงแนวทางการปรับปรุงหรือจัดซื้อใหม่เพื่อให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

กรณีศึกษา : การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นเทียบกับค่ามาตรฐาน

เครื่องทำความเย็นขนาด 450 ตัน โดยมีค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าหอทำความเย็น 37.05 องศาเซลเซียส และขาออก 31.72 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องระเหย 9.80 องศาเซลเซียส และขาออก 8.21 องศาเซลเซียส ปริมาณเย็นไหลเข้า เครื่องระเหย 3000 ลิตรต่อนาที ค่ากำลังไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์ 350 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านส่วนเครื่องระเหย = 9.80- 8.21 = 1.59 องศาเซลเซียส

ปริมาณเย็นไหลเข้า เครื่องระเหย 3000 ลิตรต่อนาที หรือ 180 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ปริมาณของความร้อนที่ถ่ายเทใน 1 ชั่วโมง

$Q = 180\ m^3/hr. \times 1{,}000 \times 1.59 \times 1\ kcal/hr. = 286.200\ kcal/hr.$

ความสามารถในการทำความเย็นได้จริง = (286,200 kcal/hr.) ÷ (3,024 kcal/RT)

= 94.64 RT

ดังนั้น ค่าพลังงานความร้อนต่อตันความเย็น = (350 kw/hr.) ÷ (94.64 RT) = 3.70 kw/RT

จากประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 ของเครื่องทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศขนาดความสามารถในการทำความเย็นมากกว่า 300 RT

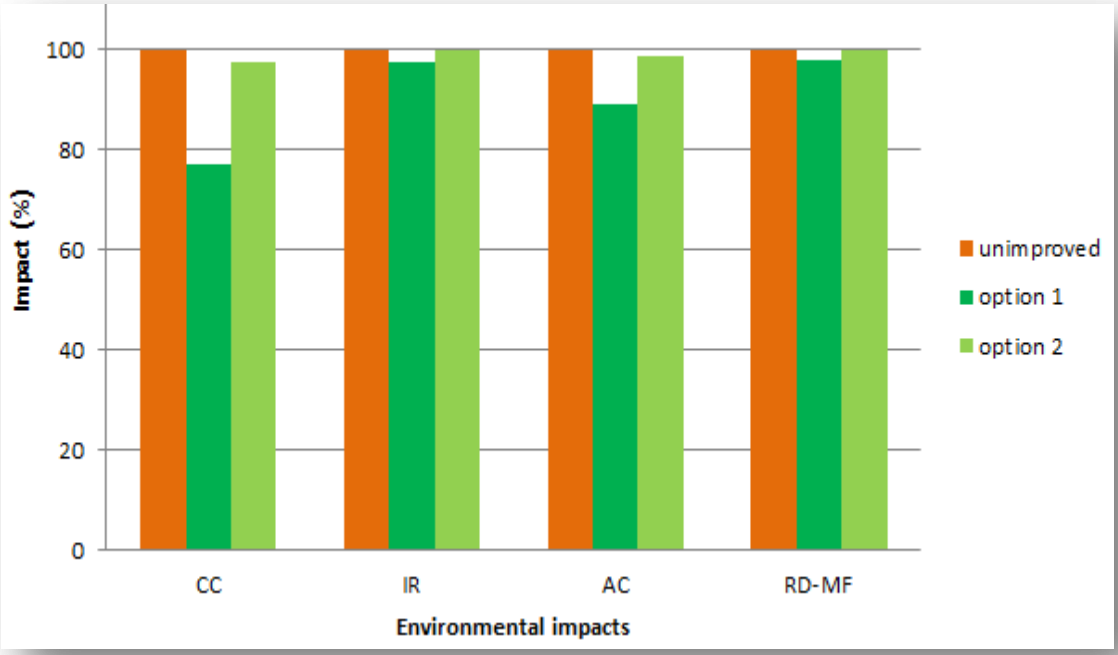
โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อหน่วยตันความเย็นไม่เกิน 1.31 kw/RT เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำความเย็นได้จริงกับมาตรฐานพบว่า มีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นมากกว่ามาตรฐาน 2.39 kw/RT ดังนั้นโรงงานผลิตความเย็นได้ประมาณ 21,000 RT/year ความต้องการกำลังไฟฟ้าส่วนเกิน

= 50,190 kw/year

หลังจากทราบปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินนำข้อมูลดังกล่าวตรวจเช็คเพื่อแก้ไขปรับปรุงกับแนวทางเลือกด้านการจัดการดังตารางที่ 4.7.2-1

สรุปแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ด้านการใช้ไฟฟ้า

ผลการศึกษาแนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 options ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ ภาวะฝนกรด และการลดลงของทรัพยากร พบว่า การนำ option 1 และ option 2 ไปปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถลดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้มากที่สุดโดย option1 ลดได้ 22.73% และ option2 ลดได้ 2.28% ผลกระทบด้านภาวะฝนกรด โดย option1 ลดได้ 10.69% และ option2 ลดได้ 1.07% ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ โดย option1 ลดได้ 2.54% และ option2 ลดได้ น้อยกว่า 1% และผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร โดย option1 ลดได้ 2.10% และ option2 ลดได้น้อยกว่า 1% ถึงแม้ว่าแนวทางเลือกที่ 2 จะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้น้อยแต่การดำเนินตามแนวทางการแก้ไขตามแนวทางเลือกจะยังคงสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 167,133 บาท



หมายเหตุ CC = Climate change, IR = Ionizing Radiation- human health effects, AC = Acidification, RD-MF = Resource Depletion - mineral, fossil

รูปที่ 4.7.2-2 แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

4.7.3 การผลิตไอน้ำโดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

โรงงานใช้ความร้อนจากไอน้ำสำหรับกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เนื้อปูม้า โดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ หม้อไอน้ำของโรงงานเป็นชนิดท่อไฟนอน มีอัตราการผลิตไอน้ำ 1,600 kg/hr. ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ 86 kg/hr. มีพื้นที่ผิวรับความร้อน 37 m^2 แรงม้าหม้อไอน้ำ 102 BHP มีอายุการใช้งาน 18 ปี

Option 1 : การปรับสัดส่วนการใช้น้ำมันเตากับกลีเซอรีนสำหรับเป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ

จากงานวิจัยของ รัชพล สันติวรากร และ ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง (2553) ได้ทำการศึกษาการหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำโดยใช้น้ำมันเตากับกลีเซอรีนเป็นเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่ต่างกัน พบว่าปริมาณสัดส่วนที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุดคือ ใช้น้ำมันเตา 60% และกลีเซอรีน 40% โดยสามารถประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ 0.0198 บาทต่อไอน้ำ 1 กิโลกรัม และสามารถประหยัดเงินได้ปีละ 1,358 บาท

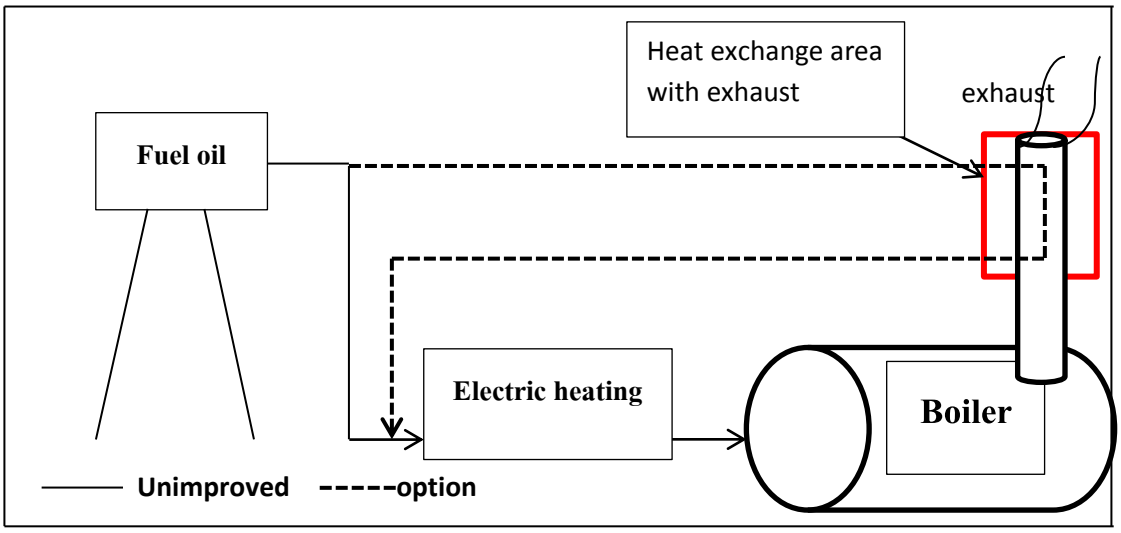
Option 2 : การนำไอเสียจากการเผาไหม้ภายในหม้อไอน้ำกลับมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมันเตา

โรงงานผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ใช้หม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำเพื่อป้อนให้กับกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เนื้อปูม้าโดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ หลังจากการเผาไหม้จะมีไอเสียเกิดขึ้นจากหม้อไอน้ำซึ่งถูกปล่อยทิ้ง จากการตรวจวัดอุณหภูมิไอเสียบริเวณปากปล่องของหม้อไอน้ำ พบว่า มีอุณหภูมิสูงประมาณ 210 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของไอเสียแล้วสามารถนำกลับมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมันเตาเพื่อป้อนไปยังหม้อไอน้ำได้ โดยทำการต่อท่อจากถังเก็บน้ำมันเตาไปยังปล่อยไอเสียและให้เดินท่อขดกันเป็นเกลียวภายในท่อไอเสียเพื่อให้น้ำมันเตารับความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งสิ่งสำคัญจะต้องคำนวณการถ่ายเทความร้อนให้มีความเหมาะสม หลังจากนั้นความร้อนก็จะถูกถ่ายเทจากไอเสียมายังน้ำมันแล้วป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ ส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าสำหรับอุ่นน้ำมันเตาให้ร้อนได้ลดลง ซึ่งหลักการแสดงดังรูปที่ 4.7.3-1

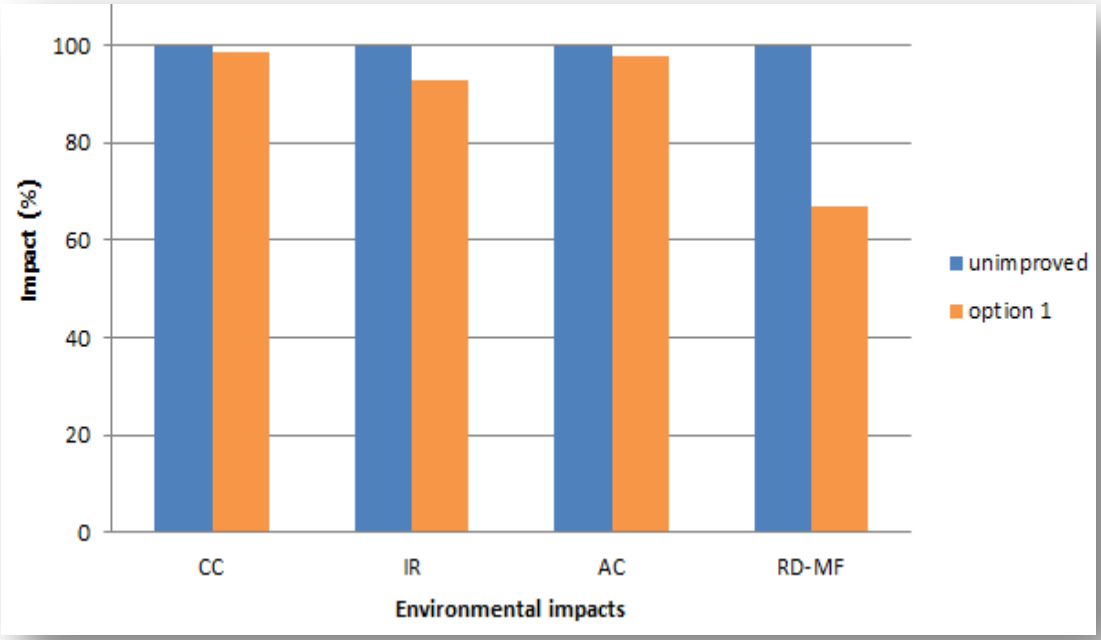
สรุปแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้น้ำมันเตาผลิตไอน้ำ

ผลการศึกษาแนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้น้ำมันเตา ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ ภาวะฝนกรด และการลดลงของทรัพยากร พบว่า การใช้น้ำมันเตา 60% ผสมกับกลีเซอรีน 40% (option 1) สามารถลดผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรมากที่สุด 32.84% ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ลดได้ 7 % ภาวะความเป็น

กรดลดได้ 2.14% และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลดได้น้อยที่สุด 1.42% ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.7.3-2



รูปที่ 4.7.3-1 กลไกการทำงานของการนำไอเสียมาใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันเตา

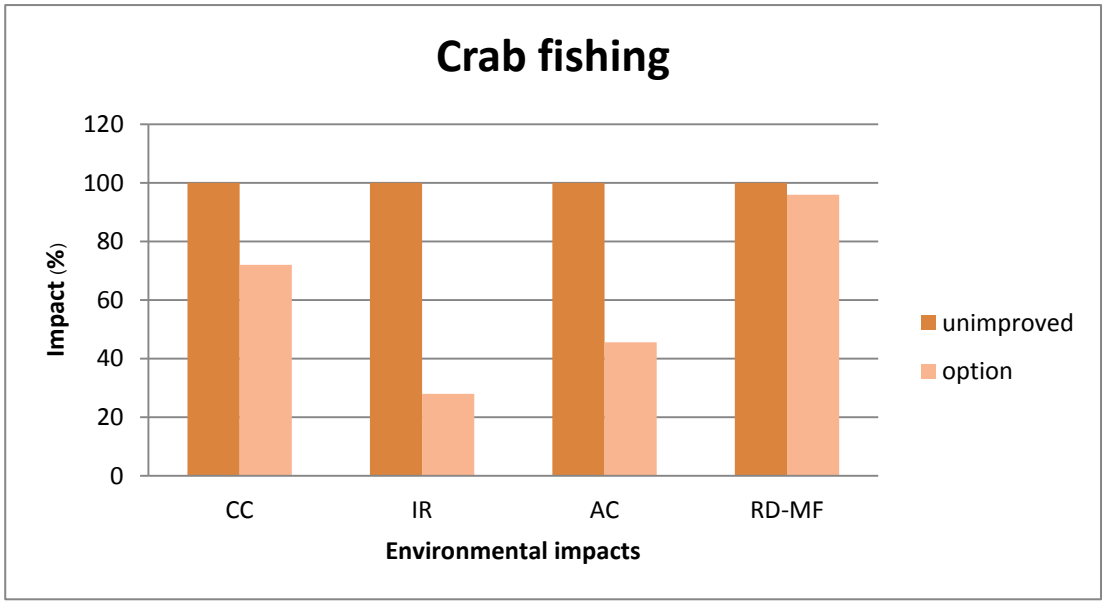


หมายเหตุ CC = Climate change, IR = Ionizing Radiation- human health effects, AC = Acidification, RD-MF = Resource Depletion - mineral, fossil

รูปที่ 4.7.3-2 แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้น้ำมันเตาในโรงงาน

4.7.4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการได้มาของวัตถุดิบโดยเปลี่ยนจากการจับปูม้าธรรมชาติเป็นเพาะเลี้ยงในกระชัง

เนื่องจากการจับปูธรรมชาติส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของวัตถุดิบที่จะป้อนเข้าโรงงานและส่งผลต่อทรัพยากรปูในทะเลที่ลดลงเรื่อยๆเมื่อมีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการบริโภคของมนุษย์ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงพันธุ์ปูในกระชังจะช่วยให้ลดการใช้น้ำมันดีเซลในการเดินเรือ มีวัตถุดิบเนื้อปูม้าที่ป้อนเข้าโรงงานที่แน่นอน ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้วัตถุดิบ (เนื้อปูม้า) จากหลายแพปู ลดต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับมลพิษที่ต้องปล่อยขณะเดินเรือและมลพิษจากการต้องขนส่งวัตถุดิบหลายแหล่ง โดยหลังจากใช้แนวทางเลือกการเพาะเลี้ยงพันธุ์ปูแทนการจับปูธรรมชาติและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ลดลงได้ พบว่า ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์มีสัดส่วนของการลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 72.00% ภาวะฝนกรด ลดได้ 54.47% การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ 27.99% และการลดลงของทรัพยากร 4.10% ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.7.4

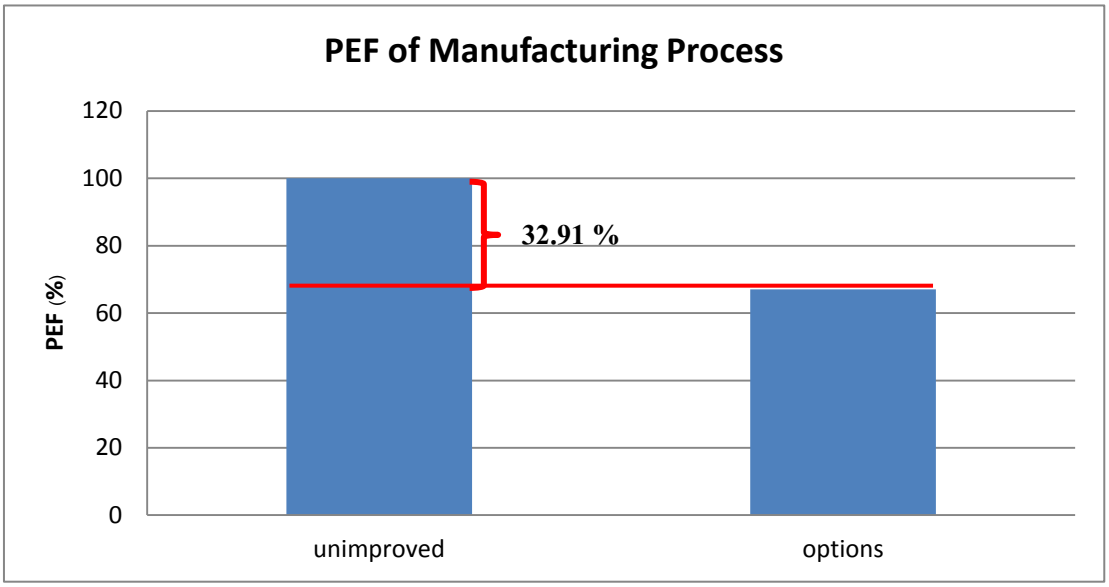


หมายเหตุ CC = Climate change, IR = Ionizing Radiation- human health effects, AC = Acidification, RD-MF = Resource Depletion - mineral, fossil

รูปที่ 4.7.4 แนวทางเลือกการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการเพาะพันธุ์ปูแทนการจับปูธรรมชาติ

4.7.5 ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์หลังปฏิบัติตามแนวทางเลือก (Product environmental footprint options)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้านที่ถูกประเมินตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่ามากกว่า 95% มาจากผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร เมื่อดำเนินการทวนสอบบันชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ (Inventory of product) ของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรพบว่าน้ำมันเตาป้อนหม้อไอน้ำเป็นปัจจัยหลักสำหรับผลกระทบด้านนี้โดยค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มาจากการใช้น้ำมันเตาคิดเป็น 82.17 % ของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร ดังนั้นแนวทางเลือกที่เสนอเพื่อการปรับปรุงและลดการใช้น้ำมันเตาจึงเป็นมาตรการหลักที่ส่งผลให้ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตลดลง 32.91 เปอร์เซ็นต์ แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.7.5



รูปที่ 4.7.5 ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์หลังปฏิบัติตามแนวทางเลือก

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ถูกดำเนินการภายใต้ขอบเขตของแนวคิดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมครอบคลุม 14 ด้าน และประเมินตามวิธีการของ ILCD-2011 ตามหลักการผลิตผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ครอบคลุมตั้งแต่ การจับปู การขนส่ง และการผลิตในโรงงาน ซึ่งพบว่าผลกระทบที่มีนัยสำคัญมีเพียง 5 ด้านได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ ภาวะฝนกรด การลดลงของทรัพยากรน้ำ และ การลดลงของทรัพยากร โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในโรงงาน อย่างไรก็ตามผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีกิจกรรมหลักมาจากการใช้พลังงานฟอสซิลซึ่งอยู่ในด้านผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร ได้แก่ ไฟฟ้า แอลพีจี น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลล์ รวมถึงกิจกรรมการใช้น้ำในกระบวนการผลิต

การแสดงผลโดยใช้หน่วยเทียบเท่า (Normalization) ตามแนวทางของ ILCD-2011 เพื่อปรับค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆให้มาอยู่บนฐานเดียวกัน พบว่าสัดส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าร้อยละ 95 ยังคงอยู่ในประเด็นการลดลงของทรัพยากรโดยมีค่าเท่ากับ 1.60E+00 Pt

แนวทางการแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการผลิตได้พิจารณานำหลักการของการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการวิเคราะห์ จากการนำแนวคิดของการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดมาใช้วิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติในโรงงาน ซึ่งเป็นการประเมินจาก 3 ส่วนหลัก คือ ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม พบว่า ประเด็นของจุดวิกฤตที่ยังสามารถลดการใช้ทรัพยากรลงได้เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลการผลิตเดิมของโรงงานคือ ปริมาณน้ำใช้ของโรงงานเป็นลำดับที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นลำดับที่ 2 และการใช้น้ำมันเตาสำหรับหม้อไอน้ำเป็นลำดับที่ 3 อย่างไรก็ดีแนวทางที่จะนำไปสู่การลดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ที่แท้จริงจะต้องปรับปรุงและลดการใช้น้ำมันเตาเป็นหลักสำหรับกระบวนการผลิตในโรงงาน ดังนั้นเมื่อดำเนินการตามแนวทางเลือกของการปรับปรุง

แก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดของเสียในโรงงาน แนวทางเลือดดังกล่าวสามารถลดค่าฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ลงได้ 33 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงานในการนำ PEF ไปใช้ประโยชน์

-การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทาง PEF ของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ นอกจากการพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามขั้นตอนการผลิตแล้ว ยังแสดงผลในประเด็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งจากการใช้พลังงานในอัตราที่สูงและการใช้ทรัพยากรน้ำของโรงงานอีกด้วย ดังนั้นโรงงานควรปรับปรุงการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามแนวทางเลือก (options) ที่เสนอ จะเป็นการลดต้นทุนและการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดขึ้นจากขั้นตอนการผลิต

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

-การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ยังไม่สามารถจัดทำเป็นฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมเฉพาะผลิตภัณฑ์ (Product Environmental Footprint category rules: PEFCR) เนื่องจากการเก็บข้อมูลพิจารณาเพียงแหล่งวัตถุดิบและแหล่งผลิตในโรงงานเพียงแห่งเดียว ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำมาเป็นค่ามาตรฐาน (benchmark) เฉพาะผลิตภัณฑ์ได้ งานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์เท่านั้น ดังนั้นการนำการประเมินฟุตพรินต์ไปปรับใช้เพื่อประเมินค่าคัวแทนของผลิตภัณฑ์จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาต่อไป

-ฐานข้อมูลวัฏจักรวัสดุพื้นฐานและพลังงาน (database) เป็นองค์ประกอบสำคัญมากที่สุดองค์ประกอบหนึ่งในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ การศึกษาครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลหลักจาก Ecoinvent database ซึ่งเป็นฐานข้อมูลต่างประเทศ ดังนั้น การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาฐานข้อมูลให้สนับสนุนเกณฑ์ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมสำหรับประเทศไทยจึงมีความสำคัญมาก

บรรณานุกรม

กรมศุลกากร. (2559). โครงสร้างสินค้ากระทรวงพาณิช. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2560. จาก http://www2.ops3.moc.go.th/

กรมศุลกากร. (2557). โครงสร้างสินค้ากระทรวงพาณิช. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2558. จาก http://www2.ops3.moc.go.th/

ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ. (2556). ขอบเขตของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2558. จาก http://www.thailcidatabase.net/index. php/history-life-cycle-assessment-lca/menu-meaning-of-lca

ธันวดี สุขสาโรจน์. (กุมภาพันธ์ 2558). Cleaner Technology and Green Productivity : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาพร ใจอารีย์. (2549). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่ออินทรีย์คาร์บอนในดินในประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2558. จาก file:///C:/Users/USER/Downloads/2%20(3).pdf.

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. (2556). เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology-CT). สืบค้นเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2560. จาก www.ftiplastic.com/images/download/34/fti-a3.pdf.

สุรชัย สถิตคุณารัตน์. (2559). ยุทธศาสตร์ฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.).

สราวุธ พลวงษ์ศรี. (2555). Energy management in building and industry. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยา-ยน 2560. จาก http://aookaui.fireexit.co.th/MJUnew/pro_detail/4/RE%20542%20 Energy20 Management%20in%20Building%20and%20Industry_Part2.pdf.

นาทวี โวรายอด. (2557). การประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์. คณะวิศวกรรมเครื่องมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2558. จาก http://www.ecoshop.in in.th/common/wp-content/ uploads/2014/08/LCA-Framework.pdf

ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์. (2559). เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมขั้นสูง. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, พีรพร พละพลีวัลย์, นราพร รังสิมันตกุล, ทรงกลดจารุสมบัติ, ประเสริฐ ภวสันต์, พรทิย์ วงศ์สุโชโต, และ ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์. (2551). เครื่องมือสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สีเขียว. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

พรรเพ็ญ โมระกรานต์, ณัฐพล จิตมาตย์ และเสาวนุช ถาวรพฤกษ์. (2558). สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินเวอร์ทิซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 2(4), 61-72.

มงคล พฤกษ์วัฒนา, สุกัญญา บรรณเภสัช, ชูสง่า วัชรสินธุ์, เปล่งฉวี ชิตวัฒน์, วิไลลักษณ์ จีนศรี, อรอุมา ก้งหวั่น, และ กิตติณัฐ โสภา. (2556). หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

รวิน ระวิวงศ์, พุทธชาด เมฆทอง, สุภางค์ จุฬาลักษณานุกูล, ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์, สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ จักรพงษ์ แย้มยิ้ม, และ สุทธินันท์ นันทจิต. (2556). แนวปฏิบัติในการจัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

รัชพล สันติวรากร และ ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง. (2553). การศึกษาหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างกลีเซอรีนกับน้ำมันเตา. วิศวกรรมสาร มข. ปีที่37 ฉบับที่2 (109-119).

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2010). การพาสเจอร์ไรซ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2559. จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.). (2544). ข้อกำหนดเฉพาะของกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อปูม้าพาสเจอร์ไรซ์บรรจุภาชนะ (Guideline for PCR “Pasteurized Crabmeat). สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2558. จาก thaicarbonlabel.tgo.or.th/PCR/C38.pdf

Achawangkul, Y., Maruyama, N., Hirota, M., Chaichana, C., Sedpho, S. and Sutabutr, T. 2016. Evaluation on environmental impact from the utilization of fossil fuel, electricity and biomass producer gas in the double-chambered crematories. Journal of Cleaner Production. 134: 463-468.

Bai, X., Ren, X., Khanna, Z. N., Zhou, N. and Hu M. (2017). Comprehensive water footprint assessment of the dairy industry chain based on ISO 14046: A case study in China. Resource, Conservation & Recycling. 120: 125-137.

Behera, SN., Sharma, M., Aneja, VP. and Balasubramanian, R. (2013). Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. Environment Science Pollution. 20: 90-112.

Brandao, M., Llorenc¸ Canals, M. i. and Clift, R. (2012). Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. Biomass and Bioenergy. 1-14.

Buxmann, K., Koehler, A. and Thylmann, D. (2016). Water scarcity footprint of primary aluminium. LCA of Metals and Metal Products. 21: 1605-1615.

Canals, L. M., Bauer, C., Depestele, J., Dubbreuil, A., Knuchel, R. F., Gaillard, G., Michelsen, O. and Rydgren, B. (2007). Key elements in a framework for land use impact assessment within LCA. Land use in LCA. 12 (1): 5-15.

Earth System Research Laboratory, Chemical Sciences Division. (2006). activities lead to ozone depletion. Retrieved from https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2010/.../Q7.pdf

European Commission. (2013). Draft Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/index_en

Erwin M. Schau, Karen Allacker, Camillo De Camillis and Rana Pant. Joint Research Centre: The development of Product Environmental Footprint (PEF) Category rules (PEFCR). Retrieved June 15, 2015, from https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/420116/1/Schau_SETAC23.pdf

European commission and Joint Research Centre. (2016). Guidance for the implementation of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) pilot phase. Retrieved April 20, 2017, from ec.europa.eu/environment/eussd/ smgp/pdf/Guidance_ products.pdf

European commission and Joint Research Centre. (2013). Product Environmental FootprintGuid (Draft). Institute for Environment and Sustainability (IES). Retrieved Oct 17, 2015, from http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf%20/Guidance_products.pdf

European commission; Environment, (2013). Single Market of Green Products. European Commission (EC). Retrieved Oct 18, 2015, from http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ index.htm

Frischknecht, R., Braunschweig, A., Hofstetter, P., and Suter, P. (2000). Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment. Environmental Impact Assessment Review. 20: 159–189.

Guideline for PCR Pasteurized Crabmeat. (2001). CODEX STANDARD FOR CANNED CRAB MEAT. Retrieved May 20, 2015, from www.seafood.nmfs.noaa.gov/pdfs/canned_crabmeat.pdf

Huijbregts, M., Hauschild, M., Jolliet, O., Margni, M., McKone, T., Rosenbaum, R. K. and Meent, D. V. (2010). Use Tox. Retrieved May 10, 2015, from file:///C:/Users/USER/Downloads/ _manual_ usetox %20(1)%20 (3).pdf.

Igos, E., Moeller, R., Benetto, E., Biwer, A., Guiton, M. and Dieumegard, P. (2014). Development of USEtox characterisation factors for dishwasher detergents using data made available under REACH. Chemosphere. 100: 160-166.

ILCD Handbook. (2011). Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Retrieved May 10, 2017, from http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf

ILCD midpoint V1.08. (2011). SimaPro LCA software. PRé Consultants BV. Netherlands.

International Energy Agency, statistics. (2016). CO_2 emissions from fuel combustion. Retrieved from https://www.iea.org/.../CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf

ISO 14000. (2006). ISO - International Organization for Standardization. Retrieved April 10, 2015, from http://www.iso.org/iso /home/standards/management-standards/iso14000.htm

Karmenu Vella. (2014). Product environmental Footprint (PEF), European commission. Retrieved April 10, 2015, from http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm.

Lathuilliere, M. J., Miranda, E. J., Bulle, C., Couto, E. G., and Johnson, M. S. (2017). Land occupation and transformation impacts of soybean production in Southern Amazonia, Brazil. Journal of Cleaner Production. 149: 680-689.

Lu, X., Yao, T., Li, Y., Fung, J. C.H., Lau and A. K.H. (2016). Source apportionment and health effect of NO_x over the Pearl River Delta region in southern China. Environmental Pollution. 212: 135-146.

Lynn Johannson. (2006). Handbook on Green Productivity. Asian Productivity Organization (APO)

Manfredi, S., Allacker, K., Pelletier, N., Schau, E., Chomkhamsri, K., Pant, R. and Pennington, D. 2015. Comparing the European Commission product environmental footprint method with other environmental accounting methods. POLICIES AND SUPPORT IN RELATION TO LCA. 20: 389–404.

Matthias Finkbeiner. (2014). EDITORIAL: Product environmental footprint—breakthrough or breakdown for policy implementation of life cycle assessment?, 19: 266–271.

McCarty, P. L. (1966). Kinetics of Waste Assimilation in Anaerobic Treatment. Developments in Industry Microbiology, Vol 7. P. 144.

Nilsalab, P., Gheewala, S, H. and Silalertruksa, T. (2016). Methodology development for including environmental water requirement in the water stress index considering the case of Thailand. Journal of Cleaner Production. 1-7.

Nordborg, M., Arvidsson, R., Finnveden, G., Cederberg, C., Sorme, L., Palm, V. and Stamyr, K., Molander, S. (2017). Updated indicators of Swedish national human toxicity and ecotoxicity footprints using USEtox 2.01. Environmental Impact Assessment Review. 62: 110-114.

Poolsawad, N., Thanungkano, W., Mungkalasiri, J., Wisansuwannakorn, R., Sukasatit, P., Jiraiariyavech, A and Datchaneekul K. (2016). Thai national life cycle inventory readiness for product environmental footprint. Int J Life Cycle Assess.

Punam Singh, Haripripa Gundimeda and Matthias Stucki. (2014). LCA For Energy Systemsand Food Product: Environmental footprint of cooking fuels a life cycle assessment of ten fuel sources used in Indian households, 19: 1036-1048.

Research Centre. (2013). Product Environmental footprint Guide. Institute for Environment and Sustainability.

Road and Hydraulic Engineering Institute. (2002). Abiotic resource depletion in LCA. Retrieved May 10, 2015, from www.leidenuniv.nl/cml/ssp/.../lca2/report_abiotic_depletion_web.pdf.

Roy, P. O., Azevedo. L. B., Margni, M., Zelm, R. V., Deschenes, L and Huijbregts, M. A. (2014). Charecterization factors for terrestrial acidification at the global scale: A systematic analysis of spatial variability and uncertainty. Science of the Total Enviroment. 500-501: 270-276.

Schaap, M., Timmermans, R. M.A., Boersen G.A.C. and Builtjes P. J.H. (2008). The LOTOS–EUROS model: description, validation and latest developments. Environment and Pollution. 32: 2.

SIERRA CLUB. 2013. Retrieved Oct 15, 2017, from http://vault.sierraclub.org/pressroom/media/media/2011-06-walmart.pdf

Swiss Eco-Factor. (2013). Freshwater consumption. Federal Office for the Environment. Life Cycle Assessment. Retrieved Oct 30, 2015, from www.lcaforum.ch/portals/df54/DF54-04%20Frischknecht.pdf

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Retrieved Feb 13, 256, from https://en.wikipedia.org/wiki/Radiative_forcing

Toniolo, S., Mazzi, A., Fedele, A., Aguiari, F. and Scipioni, A. (2017). Life Cycle Assessment to support the quantification of the environmental impacts of an event. Environmental Impact Assessment Review. 63: 12-22.

United State Department of Agnculture (USDA). (2006). Acidification Impacts. Retrieved Oct 10, 2015, from https://webcam.srs.fs.fed.us/pollutants/acidification/

U.S. Geological Survey's (USGS). (2016). Distribution of Earth's Water. Retrieved Oct 24, 2015, from https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html.

Water research center. (2017). Total Phosphorus and Phosphate Impact on Surface Waters. Retrieved May 10, 2015, from http://www.water-research.net/index.php/phosphate-in-water.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2017). Water-smart Agriculture. Retrieved May 15, 2015, from http://www.wbcsd.org/Clusters/Water/Water-smart-Agriculture.

World Health Organization (WHO). (2013). Health effects of particulate matter. Retrieved March 22, 2015, from www.euro.who.int/__.../Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.

Zeigler, S. L., D. H. Catlin, M. Bomberger Brown, J. D., Fraser, L. R., Dinan, K. L., Hunt, J. G., Jorgensen. and S. M. Karpanty. (2017). Effects of climate change and anthropogenic modification on a disturbance-dependent species in a large riverine system. Ecosphere. 132: 233-241.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (โรงงานและแพปู) ตามแนวทางฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์

แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรส์ (โรงงาน)

คำชี้แจง

แบบสำรวจชุดนี้แบ่งการสำรวจข้อมูลเป็น 7 ส่วนด้วยกันคือ

1. ข้อมูลสถานประกอบการ
2. ข้อมูลการผลิต
3. ข้อมูลการใช้น้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย
4. ข้อมูลระบบระบายมลพิษทางอากาศ
5. ข้อมูลกากอุตสาหกรรมหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว
6. ข้อมูลการขนย้ายภายในโรงงาน และการขนส่งออกนอกโรงงาน
7. ข้อมูลการใช้พลังงาน
8. ภาชนะบรรจุ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสถานประกอบการ

วันที่เก็บข้อมูล…….

ผู้เก็บข้อมูล……..

ผู้ให้ข้อมูล (นาย/ นาง/ นางสาว)……..

ตำแหน่ง……..

ชื่อสถานประกอบการ…….

ที่อยู่……

โทรศัพท์……..

โทรสาร……

E-mail:…….....Website……..

รายละเอียดอื่นๆ…….....

……

……

……

1.1 ประเภทธุรกิจ

❑ อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป

ประเภทผลิตภัณฑ์ที่ผลิต……

ผลิตภัณฑ์ที่เลือกจัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิต (LCA)……กำลังการผลิต……ตัน/ปี

1.2 จำนวนพนักงาน……..คน

1.3 ระยะเวลาที่ดำเนินธุรกิจ……ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการผลิต

2.1 ผลิตภัณฑ์และระยะเวลาการผลิต

ชื่อผลิตภัณฑ์ที่จัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์……...

ระยะเวลาการผลิต……วัน/สัปดาห์

ระยะเวลาการผลิต……วัน/ปี

รายการผลิตภัณฑ์หลัก	**ปริมาณการผลิต/ปี**	**รายการผลิตภัณฑ์ร่วม**	**ปริมาณการผลิตต่อปี**

2.2 ข้อมูลกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ต่อเดือน

กำลังการผลิต		
ชื่อผลิตภัณฑ์……	**ปริมาณ/เดือน**	**หน่วย**
มกราคม ปี…….		
กุมภาพันธ์ ปี…….		
มีนาคม ปี……..		
เมษายน ปี…….		
พฤษภาคม ปี……		
มิถุนายน ปี……		

กำลังการผลิต		
กรกฎาคม ปี…….		
สิงหาคม ปี……..		
กันยายน ปี……..		
ตุลาคม ปี…….		
พฤศจิกายน ปี…….		
ธันวาคม ปี……		

2.3 กระบวนการผลิต

ชื่อกระบวนการหลัก……..

กระบวนการย่อย 1…… (1)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1……	ชื่อ……
2……	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ……หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ……หน่วย…….
4……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
5……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ……หน่วย…….
6……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ……หน่วย…….
7……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
8……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ……หน่วย…….
	2……ปริมาณ……หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ……หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ……หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ……หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี……

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก……

กระบวนการย่อย 2…… (2)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1……...	ชื่อ……..
2……	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
4……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
5……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
6……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
7……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
8……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี……

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 3…… (3)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1……...	ชื่อ……..
2……	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
4……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
5……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
6……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
7……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
8……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 4…… (4)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1……...	ชื่อ……..
2……	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
4……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
5……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
6……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
7……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
8……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการใช้น้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย

3.1 ปริมาณน้ำใช้ในส่วนต่างๆของโรงงาน

น้ำใช้รวมทั้งหมด……ลูกบาศก์เมตร/วัน

-น้ำใช้สำนักงาน……...ลูกบาศก์เมตร/วัน

- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต……..….ลูกบาศก์เมตร/วัน

- น้ำใช้ในส่วนอื่นๆ (ที่มิใช่ในกระบวนการผลิตและสำนักงาน)……ลูกบาศก์เมตร/วัน

(โปรดระบุส่วนที่นำไปใช้……)

3.2 แหล่งที่มาของน้ำใช้ต่างๆ

แหล่งน้ำดิบ	**ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**	**หน่วย**	**ปริมาณที่ใช้สูงสุดต่อวัน**	**หน่วย**	**วิธีการวัด**	
น้ำประปา					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำบาดาล					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำผิวดิน					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำOR					❑มิเตอร์	❑ประมาณ

3.3 ชนิด ปริมาณ และวิธีการจัดการน้ำทิ้ง/น้ำเสีย โปรดเลือกจากหัวข้อดังนี้

1. ส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน
2. ระบายสู่ระบบน้ำทิ้งชุมชน
3. ส่งเข้าระบบน้ำทิ้งของเขตประกอบการ/นิคมอุตสาหกรรม
4. ระบายโดยตรงสู่สิ่งแวดล้อม
5. นำกลับไปใช้ประโยชน์ (โปรดระบุ……)
6. อื่นๆ โปรดระบุ……

ชนิดของน้ำเสีย	**ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน**	**หน่วย**	**ปริมาณสูงสุดต่อวัน**	**หน่วย**	**วิธีการจัดการ***
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต/ล้างวัตถุดิบ					
น้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็น					

ชนิดของน้ำเสีย	ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน	หน่วย	ปริมาณสูงสุดต่อวัน	หน่วย	วิธีการจัดการ*
น้ำทิ้งจากหม้อน้ำ (Boiler)					
น้ำทิ้งจากสำนักงาน/โรงอาหาร					
น้ำทิ้งอื่นๆ…….					

หมายเหตุ* ใส่รหัสตัวเลขจากหัวข้อที่ให้เลือกเหนือตาราง

3.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย

(แบบรายงานผลวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ ตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานชนิดและปริมาณสารมลพิษที่ระบายออกนอกโรงงาน พ.ศ. 2551)

3.4.1 ในบริเวณโรงงาน

มีระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน……..ระบบ

มีจุดระบายน้ำทิ้งจากโรงงานจำนวน……..จุด

3.4.2 ปริมาณน้ำเสีย

เลือกจากหัวข้อดังนี้

1 Grease Trap
2 Dissolved Air Floatation
3 Anaerobic Filter
4 Septic Tank
5 Anaerobic Pond
6 oxidation Pond
7 Aerated Lagoon
8 Polishing Pond
9 Activated Sludge
10 Chemical Treatment
11 Trickling Filter
12 Rotating Biological Contractor
13 Sequencing Batch Reactor
14 Stabilization Pond
15 Upflow Anaerobic Sludge Blanket
16 Wet Land
17 Phophorus Removal
18 Storage Basin
19 อื่นๆโปรดระบุ……

ระบุวิธีบำบัดน้ำเสีย……..(ใส่รหัสตัวเลขตามหัวข้อ)

ระบุวิธีบำบัดน้ำเสีย……..(ใส่รหัสตัวเลขตามหัวข้อ)

ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย……ลูกบาศก์เมตร/วัน

ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วเฉลี่ย……ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยแบ่งเป็น

- ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วที่นำกลับมาใช้ใหม่……ลูกบาศก์เมตร/วัน
- ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วที่ปล่อยทิ้งจากโรงงาน……ลูกบาศก์เมตร/วัน

ระยะเวลาเดินระบบ……..……วัน/สัปดาห์

มีระยะเวลาหยุดเดินระบบ……วัน/สัปดาห์

3.4.3 มิเตอร์ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย

การติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้า

❑ มี ระบุปริมาณการใช้ไฟฟ้า……..กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน

❑ไม่มี

3.4.4 กากตะกอน เลือกจากหัวข้อดังนี้

031 เป็นวัตถุดิบทดแทน	071 ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (เฉพาะของเสียไม่อันตราย เท่านั้น)
041 เป็นเชื้อเพลิงทดแทน	072 ฝังกลบอย่างปลอดภัย
043 เผาเพื่อเอาพลังงาน	073 ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียร
044 เป็นวัตถุดิบทดแทนปูนซีเมนต์	074 เผาทำลายในเตาเผาขยะทั่วไป
049 นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่นๆ	075 เผาทำลายเฉพาะของเสียอันตราย
061 บำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ	079 กำจัดด้วยวิธีอื่นๆ
062 บำบัดด้วยวิธีทางเคมี	083 หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน (เฉพาะของเสียไม่อันตรายเท่านั้น)
063 บำบัดด้วยวิธีทางการภาพ	069 วิธีบำบัดอื่นๆ เพื่อลดค่าความเป็นอันตราย
064 บำบัดด้วยวิธีทางเคมีและฟิสิกส์	067 ปรับเสถียรด้วยวิธีทางเคมี

รหัสวิธีการจัดการกากตะกอน……

ปริมาณกากตะกอน…….กิโลเมตร/เดือน

ระยะเวลาเก็บกักตะกอนก่อนนำไปกำจัด……วัน

3.4.5 สารเคมีที่ใช้ในแต่ละระบบบำบัด

ชื่อสาร	ปริมาณการใช้	หน่วย	Suppliers

3.4.6 ปริมาณสารมลพิษในตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงาน (แบบรายงานต่อ 1 จุดระบายน้ำทิ้ง) ข้อมูลสารนำมาจากรายงานคุณภาพน้ำทิ้งกรมโรงงานอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	น้ำเสียก่อนเข้าระบบ		น้ำทิ้งออกนอกบริเวณโรงงานหรือน้ำเสียกักเก็บ	
1. pH		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
2. BOD		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
3. COD		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
4. Temperature		องศาเซลเซียส		องศาเซลเซียส
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
5. TDS		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
6. TKN		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
7. Oil & Grease		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
8. Mercury		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....…			

พารามิเตอร์	น้ำเสียก่อนเข้าระบบ		น้ำทิ้งออกนอกบริเวณโรงงานหรือน้ำเสียกักเก็บ	
9. Lead		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
10. Arsenic		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
11. Cadmium		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
12. Barium		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
13. Nickel		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
14. Copper		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
15. Zinc		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			
16. Cyanide		มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัม/ลิตร
	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....			

ส่วนที่ 4 ข้อมูลมลพิษทางอากาศ

4.1 ในบริเวณโรงงาน

มีปล่องหรือช่องที่ระบายมลพิษทางอากาศ จำนวน .....ปล่อง

4.2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ

แหล่งกำเนิดมลพิษเกิดจาก……..จำนวน……..ชุด

การใช้เชื้อเพลิง

4.3.1 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง…….

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน…….

4.3.2 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง…….

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน……..

4.3.3 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง…….

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน…….

ระบบบำบัดมลพิษที่ใช้…….

4.3 ปริมาณสารมลพิษเจือปนในอากาศที่ปล่อยออก

พารามิเตอร์	ค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศ	
1. TSP		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
2. Sb		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
3. As		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
4. Pb		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
5. Hg		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
6. Cl2		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
7. HCl		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
8. H2SO4		ส่วนในล้านส่วน
9. H2S		ส่วนในล้านส่วน
10. CO		ส่วนในล้านส่วน
11. CO2		ส่วนในล้านส่วน
12. SO2		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
13. NOx		มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
14. Xylene		ส่วนในล้านส่วน

พารามิเตอร์	ค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศ	
15. Cresol		ส่วนในล้านส่วน
16. Dioxin/Furan		นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร
17. ความทึบแสง		เปอร์เซ็นต์
18. Total VOC		ส่วนในล้านส่วน

ส่วนที่ 5 ข้อมูลกากอุตสาหกรรมหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

รายการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว

สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว				วิธีกำจัด	ทะเบียนโรงงานผู้รับดำเนินการ
รหัส	ชื่อหรือคำบรรยาย	ปริมาณ	หน่วย		

ส่วนที่ 6 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบเข้าโรงง / ผลิตภัณฑ์ออกโรงงาน

พาหนะ	เชื้อเพลิง			น้ำหนักบรรทุก (ไม่รวมรถ)	ต้นทาง	ปลายทาง	ระยะทาง	หน่วย	หมายเหตุ
	ชนิด	ปริมาณ	หน่วย						

ส่วนที่ 7 ข้อมูลการใช้พลังงาน

7.1 ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า

เดือน	Maximum Demand (kW)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) (บาท/kwh)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าบริการ (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวมภาษี (บาท)
มกราคม ปี……...						
กุมภาพันธ์ ปี……..						
มีนาคม ปี…….						
เมษายน ปี……						
พฤษภาคม ปี……..						
มิถุนายน ปี……..						
กรกฎาคม ปี……						
สิงหาคม ปี…….						
กันยายน ปี……..						
ตุลาคม ปี…….						
พฤศจิกายน ปี……..						
ธันวาคม ปี……						

7.2 ระบบใช้ร่วมในการผลิต

7.2.1 ระบบแสงสว่าง

พื้นที่	ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

7.2.2 ระบบปรับอากาศ

พื้นที่	ชนิด เครื่องปรับอากาศ	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

7.2.3 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น

พื้นที่	รายการอุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

ส่วนที่ 8 ภาชนะบรรจุ

ชื่อภาชนะชนิดที่ 1 กระป๋องพลาสติก

วัสดุและอุปกรณ์ของภาชนะบรรจุ

วัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย/ปี
1.กระป๋อง,ฝา		
2.สารSAPP		
3.สติกเกอร์		
4.กล่องกระดาษแผ่นรอง		
5.สก็อตเทป		

1.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (กระป๋อง,ฝา)……..…ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

2.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สารSAPP)…… ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

3.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สติกเกอร์)……ปริมาณ……..……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

4.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง(กล่องกระดาษแผ่นรอง)……ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

5.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สก็อตเทป)……ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

ชื่อภาชนะชนิดที่ 2 กระป๋องโลหะ

วัสดุและอุปกรณ์ของภาชนะบรรจุ

วัสดุและอุปกรณ์	จำนวน	หน่วย/ปี
1.กระป๋อง,ฝา		
2.สารSAPP		
3.สติกเกอร์		
4.กล่องกระดาษแผ่นรอง		
5.สก็อตเทป		

1.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (กระป๋อง,ฝา)……..…ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

2.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สารSAPP)…… ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

3.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สติกเกอร์)……ปริมาณ……..……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

4.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง(กล่องกระดาษแผ่นรอง)……ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

5.ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ขนส่ง (สก็อตเทป)……ปริมาณ……

ขนส่งด้วยวิธี…….....ระยะทางการขนส่ง……กิโลเมตร

แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกของการประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรส์ (แพปู)

แพปู…….

อำเภอ……

จังหวัด…….

คำชี้แจง

แบบสำรวจชุดนี้แบ่งการสำรวจข้อมูลเป็น 5 ส่วนด้วยกันคือ

1. ข้อมูลสถานประกอบการ
2. ข้อมูลการผลิต
3. ข้อมูลการใช้น้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย
4. ข้อมูลระบบระบายมลพิษทางอากาศ
5. ข้อมูลการใช้พลังงาน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสถานประกอบการ

วันที่เก็บข้อมูล…….

ผู้เก็บข้อมูล……..

ผู้ให้ข้อมูล (นาย/ นาง/ นางสาว)……

ตำแหน่ง…….

ชื่อสถานประกอบการ……

ที่อยู่……

โทรศัพท์……โทรสาร……

E-mail:……..Website…….

รายละเอียดอื่นๆ…….....

1.1 ประเภทธุรกิจ

❑ อุตสาหกรรมแพปู

1.2 จำนวนพนักงาน……..คน

1.3 ระยะเวลาที่ดำเนินธุรกิจ……ปี

2.3 กระบวนการผลิต

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 1…… (1)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1……..……...	ชื่อ……..
2……..……...	ปริมาณ……
3……...	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
4……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
5……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
6……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 2…… (2)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1…….....	ชื่อ……..
2…….....	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
4……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
5……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
6……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 3…… (3)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1…….....	ชื่อ……..
2…….....	ปริมาณ……
3…….....	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
4……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
5……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
6……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 4…… (4)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1…….....	ชื่อ……..
2…….....	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
4……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
5……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
6……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ชื่อกระบวนการหลัก…….

กระบวนการย่อย 4…… (4)	
Input1	**Output2**
เครื่องจักร/เครื่องมือ	**ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อย**
1…….....	ชื่อ……..
2…….....	ปริมาณ……
3……	หน่วย……
วัตถุดิบ	**ของเสีย**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	ของแข็ง
2……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	ของเหลว
4……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
5……ปริมาณ……หน่วย…….	ก๊าซ
6……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
พลังงานที่ใช้	**สารเคมี**
1……ปริมาณ……หน่วย…….	1……ปริมาณ…….หน่วย…….
2……ปริมาณ……หน่วย…….	2……ปริมาณ…….หน่วย…….
3……ปริมาณ……หน่วย…….	3……ปริมาณ…….หน่วย…….

ขนย้ายไปขั้นตอนต่อไปด้วยวิธี…….

ใช้พลังงาน/เชื้อเพลิงชนิด……..ปริมาณ……ระยะทาง……

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการใช้น้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย

3.1 ปริมาณน้ำใช้ในส่วนต่างๆ

น้ำใช้รวมทั้งหมด……ลูกบาศก์เมตร/วัน

- น้ำใช้สำนักงาน……...ลูกบาศก์เมตร/วัน
- น้ำใช้ในกระบวนการจับปู……..….ลูกบาศก์เมตร/วัน
- น้ำใช้ในส่วนอื่นๆ (ที่มิใช่ในกระบวนการผลิตและสำนักงาน)……ลูกบาศก์เมตร/วัน

(โปรดระบุส่วนที่นำไปใช้……)

3.2 แหล่งที่มาของน้ำใช้ต่างๆ

แหล่งน้ำดิบ	**ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน**	**หน่วย**	**ปริมาณที่ใช้สูงสุดต่อวัน**	**หน่วย**	**วิธีการวัด**	
น้ำประปา					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำบาดาล					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำผิวดิน					❑มิเตอร์	❑ประมาณ
น้ำ RO					❑มิเตอร์	❑ประมาณ

3.3 ชนิด ปริมาณ และวิธีการจัดการน้ำทิ้ง/น้ำเสีย โปรดเลือกจากหัวข้อดังนี้

❑1. ส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน

❑2. ระบายสู่ระบบน้ำทิ้งชุมชน

❑3. ส่งเข้าระบบน้ำทิ้งของเขตประกอบการ/นิคมอุตสาหกรรม

❑4. ระบายโดยตรงสู่สิ่งแวดล้อม

❑5. นำกลับไปใช้ประโยชน์ (โปรดระบุ……)

6. อื่นๆ โปรดระบุ…….

ชนิดของน้ำเสีย	ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน	หน่วย	ปริมาณสูงสุดต่อวัน	หน่วย	วิธีการจัดการ*
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต/ล้างวัตถุดิบ					
น้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็น					
น้ำทิ้งจากหม้อน้ำ (Boiler)					
น้ำทิ้งจากสำนักงาน/โรงอาหาร					
น้ำทิ้งจากการใช้งานอื่นๆ ได้แก่					

หมายเหตุ* ใส่รหัสตัวเลขจากหัวข้อที่ให้เลือกเหนือตาราง

3.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย

(แบบรายงานผลวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ ตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานชนิดและปริมาณสารมลพิษที่ระบายออกนอกโรงงาน พ.ศ. 2551)

3.4.1 ในบริเวณโรงงาน

มีระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน……..ระบบ

มีจุดระบายน้ำทิ้งจากโรงงานจำนวน……..จุด

3.4.2 ปริมาณน้ำเสีย

เลือกจากหัวข้อดังนี้

1 Grease Trap
2 Dissolved Air Floatation
3 Anaerobic Filter
4 Septic Tank
5 Anaerobic Pond
10 Chemical Treatment
11 Trickling Filter
12 Rotating Biological Contractor
13 Sequencing Batch Reactor
14 Stabilization Pond

6 oxidation Pond	15 Upflow Anaerobic Sludge Blanket
7 Aerated Lagoon	16 Wet Land
8 Polishing Pond	17 Phophorus Removal
9 Activated Sludge	18 Storage Basin

19 อื่นๆโปรด

ระบุ……

ระบุวิธีบำบัดน้ำเสีย……..(ใส่รหัสตัวเลขตามหัวข้อ)

ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย……ลูกบาศก์เมตร/วัน

ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วเฉลี่ย……ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยแบ่งเป็น

ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วที่นำกลับมาใช้ใหม่……ลูกบาศก์เมตร/วัน

ปริมาณน้ำเสียบำบัดแล้วที่ปล่อยทิ้งจากโรงงาน……ลูกบาศก์เมตร/วัน

ระยะเวลาเดินระบบ……..……วัน/สัปดาห์

มีระยะเวลาหยุดเดินระบบ……วัน/สัปดาห์

3.4.3 มิเตอร์ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย

การติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้า

❑ มี ระบุปริมาณการใช้ไฟฟ้า……..กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน

❑ไม่มี

3.4.4 กากตะกอน เลือกจากหัวข้อดังนี้

031 เป็นวัตถุดิบทดแทน	071 ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (เฉพาะของเสียไม่อันตราย เท่านั้น)
041 เป็นเชื้อเพลิงทดแทน	072 ฝังกลบอย่างปลอดภัย
043 เผาเพื่อเอาพลังงาน	073 ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียร
044 เป็นวัตถุดิบทดแทนปูนซีเมนต์	074 เผาทำลายในเตาเผาขยะทั่วไป
049 นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่นๆ	075 เผาทำลายเฉพาะของเสียอันตราย
061 บำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ	079 กำจัดด้วยวิธีอื่นๆ
062 บำบัดด้วยวิธีทางเคมี	083 หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพ

(เฉพาะของเสียไม่อันตรายเท่านั้น)

063 บำบัดด้วยวิธีทางการภาพ

069 วิธีบำบัดอื่นๆ เพื่อลดค่าความเป็นอันตราย

064 บำบัดด้วยวิธีทางเคมีและฟิสิกส์

067 ปรับเสถียรด้วยวิธีทางเคมี

รหัสวิธีการจัดการกากตะกอน……

ปริมาณกากตะกอน…….กิโลเมตร/เดือน

ระยะเวลาเก็บกักตะกอนก่อนนำไปกำจัด…….วัน

3.4.5 สารเคมีที่ใช้ในแต่ละระบบบำบัด

ชื่อสาร	ปริมาณการใช้	หน่วย	Suppliers

ส่วนที่ 4 ข้อมูลมลพิษทางอากาศ

4.1 ในบริเวณอุตสาหกรรมแพปู

มีปล่องหรือช่องที่ระบายมลพิษทางอากาศ จำนวน ……..ปล่อง

4.2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ

แหล่งกำเนิดมลพิษเกิดจาก……..จำนวน……..ชุด

การใช้เชื้อเพลิง

4.3.1 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง…….

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน…….

4.3.2 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง…….

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน……..

4.3.3 (ระบุเชื้อเพลิง)……

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง……

ปริมาณที่ใช้เฉลี่ยต่อเดือน……

ระบบบำบัดมลพิษที่ใช้……

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการใช้พลังงาน

5.1 ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า

เดือน	Maximum Demand (kW)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) (บาท/kwh)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าบริการ (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวมภาษี (บาท)
มกราคม ปี……						
กุมภาพันธ์ ปี……						
มีนาคม ปี…….						
เมษายน ปี……						
พฤษภาคม ปี……						
มิถุนายน ปี…….						
กรกฎาคม ปี…….						
สิงหาคม ปี…….						
กันยายน ปี…….						
ตุลาคม ปี…….						
พฤศจิกายน ปี……..						
ธันวาคม ปี…….						

5.2 ระบบใช้ร่วมในการผลิต

5.2.1 ระบบแสงสว่าง

พื้นที่	ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

5.2.2 ระบบปรับอากาศ

พื้นที่	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

5.2.3 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น

พื้นที่	รายการอุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	ชั่วโมงใช้งาน/วัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้/วัน (kWh/day)
ส่วนสำนักงาน						
ส่วนการผลิต						

ภาคผนวก ข

บันทึกข้อมูลการขนส่ง/การตัดออก/การปันส่วน/สมดุลมวล

ตารางภาคผนวกที่ ข-3 ปริมาณต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการขนส่ง

การขนส่ง	ปริมาณ (kg) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	ระยะทาง (km)	ปริมาณ (ton-km)	น้ำหนักบรรทุก (kg)	ชนิดยานพาหนะ
การขนส่งปู/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต					
การขนส่งปูตัวจากท่าเรือไปยังแพปู	0.5799	17.5	0.0101	1,100	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ
การขนส่งเนื้อปูจากแพปูมายังโรงงาน	0.5799	393	0.2279	1,250	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
การขนส่งน้ำมันเตา	0.0947	172	0.0163	11,245.20	รถบรรทุก 10ล้อ
การขนส่งน้ำแข็ง	0.4929	10	0.00493	4,125.15	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
การขนส่งบรรจุภัณฑ์					
กระป๋องเหล็ก	0.0643	783	0.0503	2,450.79	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
ฝากระป๋องเหล็ก	0.0189	783	0.0148	448.31	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
กล่องกระดาษ	0.0247	197	0.0193	1,188	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ
แผ่นรองกล่อง	0.0166	197	0.0033	400	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ
สก็อตเทป	2.96×10^{-4}	858	0.0002	200	รถบรรทุก 10ล้อ
ถุงมือ	3.71×10^{-3}	834	0.0031	1,043	รถบรรทุก 10ล้อ
การขนส่งสารเคมี					
NaOCl 10%	4.44×10^{-3}	171	0.00076	200	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ

ตารางภาคผนวกที่ ข-3 ปริมาณต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการขนส่ง (ต่อ)

การขนส่ง	ปริมาณ (kg) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	ระยะทาง (km)	ปริมาณ (ton-km)	น้ำหนักบรรทุก (kg)	ชนิดยานพาหนะ
การขนส่งสารเคมี					
$Ca(OCl)_2$ 65%	3.05×10^{-4}	171	0.00005	100	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
น้ำยาล้างภาชนะ	6.34×10^{-3}	171	0.00108	250	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
สบู่เหลวล้างมือ	9.14×10^{-4}	171	0.00015	100	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
Cookertreat 100	8.54×10^{-4}	831	0.00071	200	รถบรรทุก 10ล้อ
แอลกอฮอล์	3.53×10^{-7}	171	6.04×10^{-8}	40	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ
น้ำหมึก	4.18×10^{-6}	822	3.43×10^{-6}	40	รถบรรทุก 10ล้อ
น้ำยาล้างหมึก	1.30×10^{-5}	822	1.07×10^{-5}	40	รถบรรทุก 10ล้อ
น้ำยาผสม	0.0528	822	0.0434	40	รถบรรทุก 10ล้อ
NH_3	5.48×10^{-3}	835	0.00457	200	รถบรรทุก 10ล้อ
SAPP	1.86×10^{-3}	818	0.00152	200	รถบรรทุก 10ล้อ
การขนส่งของเสีย					
กากปู (จากแพปู)	1.3334	20	0.02666	4,054	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ
กากปู (โรงงาน)	0.0148	10	0.00015	650	รถบรรทุกขยะ 10ล้อ

การตัดออก (Cut-off)

สำหรับการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์จะพิจารณาตัดออก (Cut-off) สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตตั้งแต่แพปูจนถึงกระบวนการผลิตในโรงงานโดยพิจารณาตัดออก (Cut-off) ที่น้อยกว่า 1% ของสารเคมี+แพ็คเก็จจิ้งทั้งหมดซึ่งแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข-4

ตารางภาคผนวกที่ ข-4 การตัดออก (Cut-off) สารเคมีและบรรจุภัณฑ์ของกระบวนการผลิต

รายการ	กิโลกรัม/Fu	ส่วนแบ่ง (%)	Cut-off < 1%
แพปู			
น้ำยาล้างภาชนะ	2.28E-03	1.84	
NaOCl 10%	1.55E-03	1.25	
โรงงาน			
<u>สารเคมี</u>			
NaOCl 10%	2.41E-03	1.94	
Ca(OCl)2 65%	1.65E-04	0.13	Ca(OCl)2 65%
น้ำยาล้างภาชนะ	3.43E-03	2.76	
สบู่เหลวล้างมือ	4.95E-04	0.39	สบู่เหลวล้างมือ
Cookertreat 100	4.62E-04	0.37	Cookertreat 100
แอลกอฮอล์	2.42E-04	0.19	แอลกอฮอล์
น้ำหมึก	2.20E-03	1.77	
น้ำยาล้างหมึก	8.80E-03	7.09	
น้ำยาผสม	2.86E-02	23.06	
NH3	2.97E-03	2.39	
SAPP	1.01E-03	0.81	SAPP
<u>การแพ็คเก็จ</u>			
กระป๋อง	3.48E-02	28.06	
ฝา	1.03E-02	8.30	
ถุงมือ	2.01E-03	1.62	
กล่อง	1.34E-02	10.80	
สก๊อตเทป	1.60E-04	0.13	สก๊อตเทป
แผ่นรอง	8.98E-03	7.24	
รวม	1.24E-01		

การปันส่วนของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด Claw

1. การปันส่วนโดยใช้ข้อมูลราคาผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ของโรงงานมีทั้งหมด 5 ชนิด

ตารางภาคผนวกที่ ข-5 การปันส่วนตามราคาผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิดของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

ผลิตภัณฑ์	ราคา (บาท/ กระป๋อง)	ปริมาณ (กระป๋อง)	มูลค่า (บาท)	สัดส่วน (%)
Claw	450	194,824 (102,828)	87,670,800	21.44
Special	510	125,693	64,103,400	15.67
Premium	690	138,263	95,401,500	23.32
Jumbo Lump	920	144,547	132,983,000	32.51
Colossal	1,150	25,138	28,908,700	7.06
รวม		628,466	409,067,000	100

หมายเหตุ

ผู้วิจัยเลือกประเมินเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังผลิตมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด claw คิดเป็น 31 % ของกำลังการผลิตทั้งหด

(102,828) เป็นเนื้อปูม้าที่มาจากแพปูนาชะอัง จังหวัดชุมพร

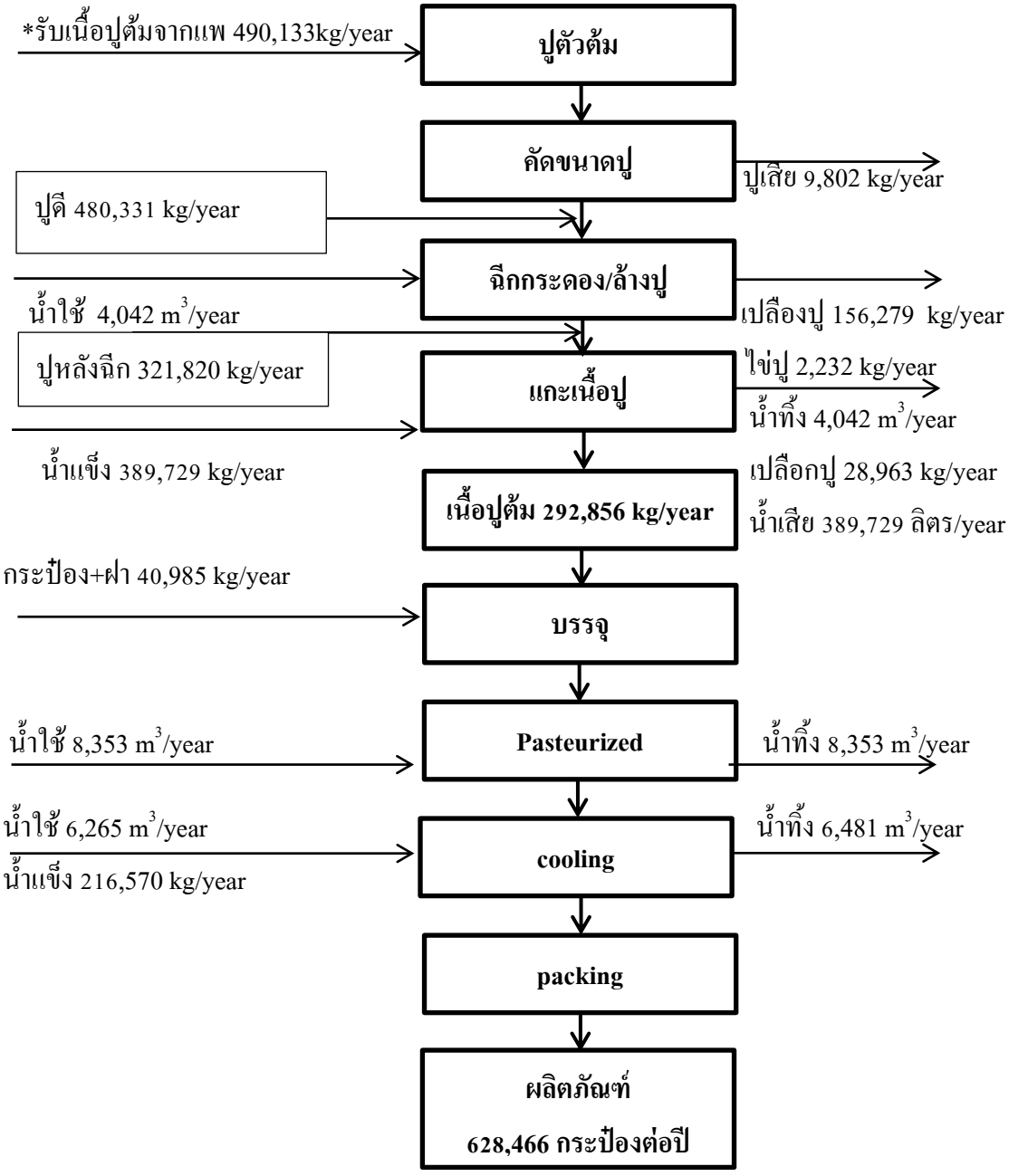
2. การปันส่วนปริมาณการใช้ทรัพยากรการผลิต

- ไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด 767,700 kWh/year โดยใช้ในกระบวนการผลิตคิดเป็น 90 % สำนักงาน 10 % ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด
- น้ำใช้ ปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด 19,076 m^3/year โดยใช้ในกระบวนการผลิตคิดเป็น 90 % สำนักงาน 10 % ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด
- น้ำมันเตา ปริมาณน้ำมันเตาทั้งหมด 55,343 L/year
- น้ำแข็ง ปริมาณน้ำแข็ง 606,300 kg/year
- เปลือกปูมีค่า Emission ส่วนหนึ่งติดกับเปลือกปู ซึ่งจำหน่ายให้แก่ผู้ซื้อ ดังนั้นจะไม่นำมาคำนวณค่าผลกระทบ

ตารางภาคผนวกที่ ข-6 ปริมาณการใช้ทรัพยากรการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ Claw ปี 2558 (ต่อ)

ทรัพยากรการผลิต	%การปันส่วน	ปริมาณต่อผลิตภัณฑ์ Claw	หน่วย
ไฟฟ้า	90% × 21.44% × 52.78%	767,700 × 0.1018 = 78,081	kWh
น้ำใช้	= 0.1018	18,660 × 0.1018 = 1,899	m^3
น้ำมันเตา	21.44% × 52.78%	55,343 × 0.1132 = 6,265	L
น้ำแข็ง	= 0.1132	606,300 × 0.1132 = 68,633	kg
สารเคมี			
-คลอรีน NaOCl 10 %		2,187 × 0.1132 = 247.57	
-คลอรีน $Ca(OCl)_2$65%		150 × 0.1132 = 16.98	
-น้ำยาล้างภาชนะ	21.44% × 52.78%	3,120 × 0.1132 = 353.18	
-สบู่เหลวล้างมือ	= 0.1132	450 × 0.1132 = 50.94	kg
- Cookertreat 100		420 × 0.1132 = 47.54	
-แอลกอฮอล์		220 × 0.1132 = 24.90	
-สาร SAPP		915 × 0.1132 = 103.58	
-แอมโมเนีย		2,700 × 0.1132 = 305.64	
-น้ำยาล้างหมึก	21.44% × 52.78%	8,000 × 0.1132 = 905.60	
-น้ำหมึก	= 0.1132	2,000 × 0.1132 = 226.40	ml
-น้ำยาผสม		26,000 × 0.1132 = 2,943.20	
บรรจุภัณฑ์			
-กระป๋องเหล็ก		31,637 × 0.1132 = 3,581.31	
-ฝากระป๋องเหล็ก		9,348 × 0.1132 = 1,058.19	
-ถุงมือ	21.44% × 52.78%	1,824 × 0.1132 = 206.47	kg
-กล่องกระดาษ	= 0.1132	12,176 × 0.1132 = 1,378.32	
-สก๊อตเทป		145.96 × 0.1132 = 16.52	
-แผ่นรองกล่อง		8,164 × 0.1132 = 924.16	
ของเสีย			
-กากปู	21.44% × 52.78%	185,242 × 0.1132 = 20,964.40	kg
	= 0.1132		
-น้ำเสีย	90% × 21.44% × 52.78%	19,265 × 0.1018 = 1,960	m^3
	= 0.1018		

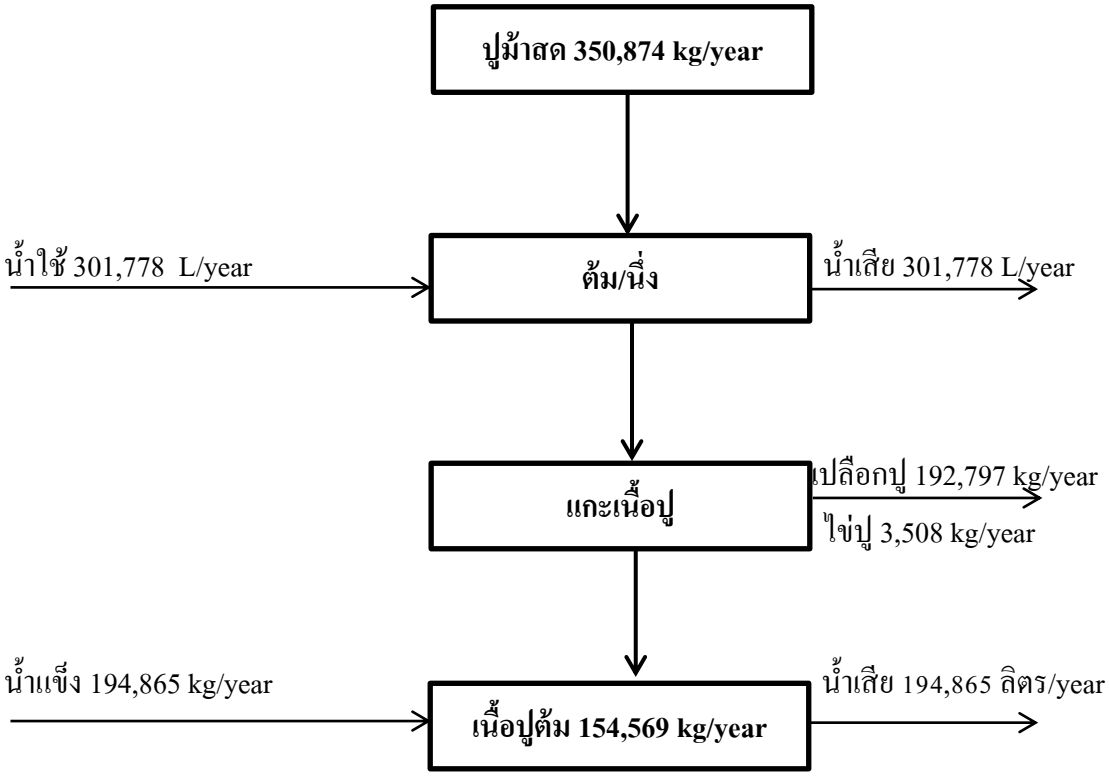
สมดุลมวล (Mass balance) : โรงงานผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์



หมายเหตุ * เนื้อปูม้าจากแพปู 8 แห่ง โดยการศึกษาวิจัยจะพิจารณาเนื้อปูที่มาจากแพปูนาชะอัง จังหวัดชุมพรเท่านั้น ซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุด 52.78 % ของเนื้อปูม้าทั้งหมดที่ป้อนเข้าโรงงาน

รูปภาคผนวกที่ ข-1 สมดุลมวลการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ปี 2558

สมดุลมวล (Mass balance) : การจับปู



รูปภาคผนวกที่ ข-2 สมดุลมวลการต้มปูม้าแพปูนาชะอัง จังหวัดชุมพร ปี 2558

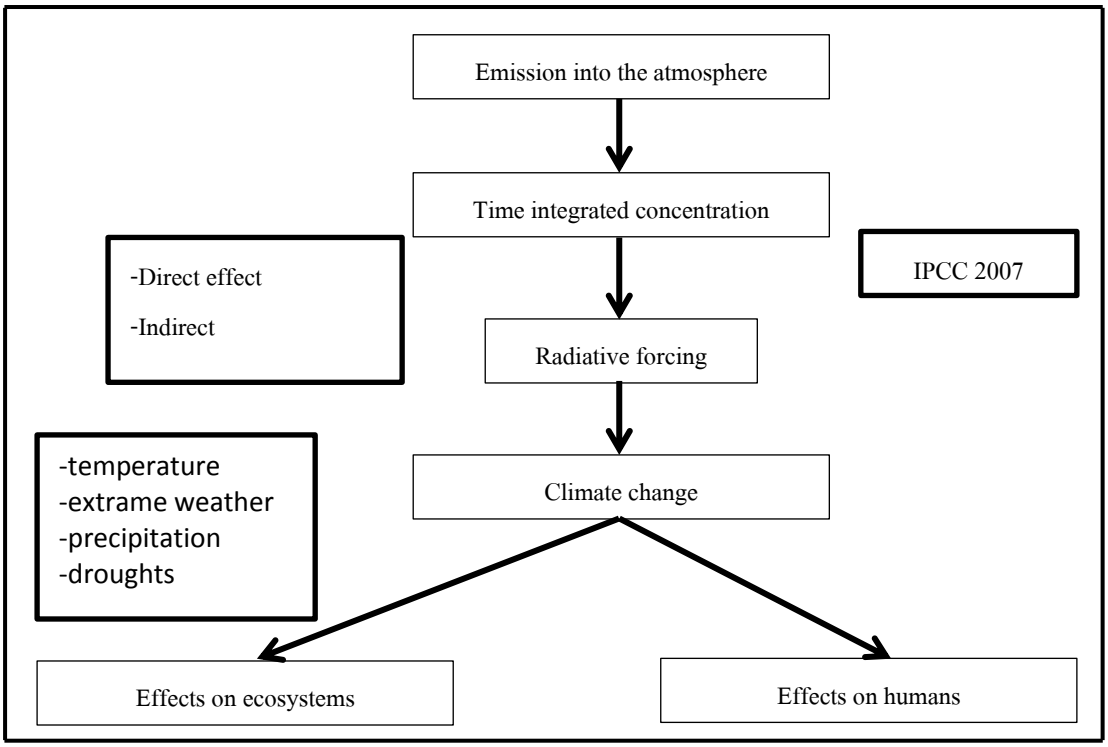
ภาคผนวก ค

รายละเอียดการคัดกรองผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

รายละเอียดการคัดกรองผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับบัญชีข้อมูลผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อพิจารณาผลกระทบทั้ง 14 ด้าน ตามข้อกำหนดของฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ (The Detail of Environmental impact screening study as inventory of canned pasteurized crab which considerated list of environmental impact categories 14 kind based on PEF requirement) ดังนี้

1.การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

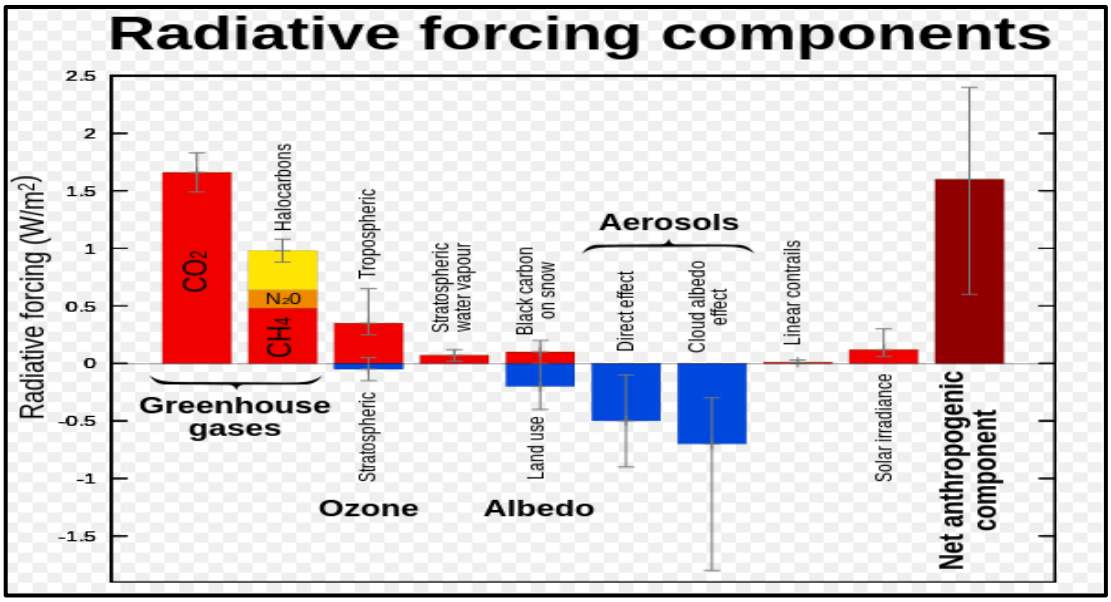
เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ตามแบบจำลอง Baseline model of 100 years of the IPCC ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-1



รูปภาคผนวกที่ ค-1 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ILCD, 2011)

ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือ แรงปล่อยรังสี (Radiative forcing) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของก๊าซที่สามารถดูดซับและแผ่รังสีมายังพื้นโลก องค์ประกอบของแรงปล่อยรังสี (Radiative forcing components) ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ประกอบด้วย กลุ่มก๊าซเรือนกระจก โอโซน ไอน้ำ Albedo Aerosols Linear

contrails และ Solar irradiance โดยก๊าซที่มีศักยภาพการก่อให้เกิดแรงปล่อยรังสี (Radiative forcing) สูงที่สุด คือ กลุ่มก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รองลงมาเป็น



ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นต้น และจากการศึกษาวิจัยยังพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีสัดส่วนการปลดปล่อยมากที่สุดถึง 90.09 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่มีศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Zeigler et al., 2017) แสดงดังรูปภาคผนวกที่ ค-2

รูปภาคผนวกที่ ค-2 แสดงองค์ประกอบของแรงปล่อยรังสี (Radiative forcing) (IPCC, 2007)

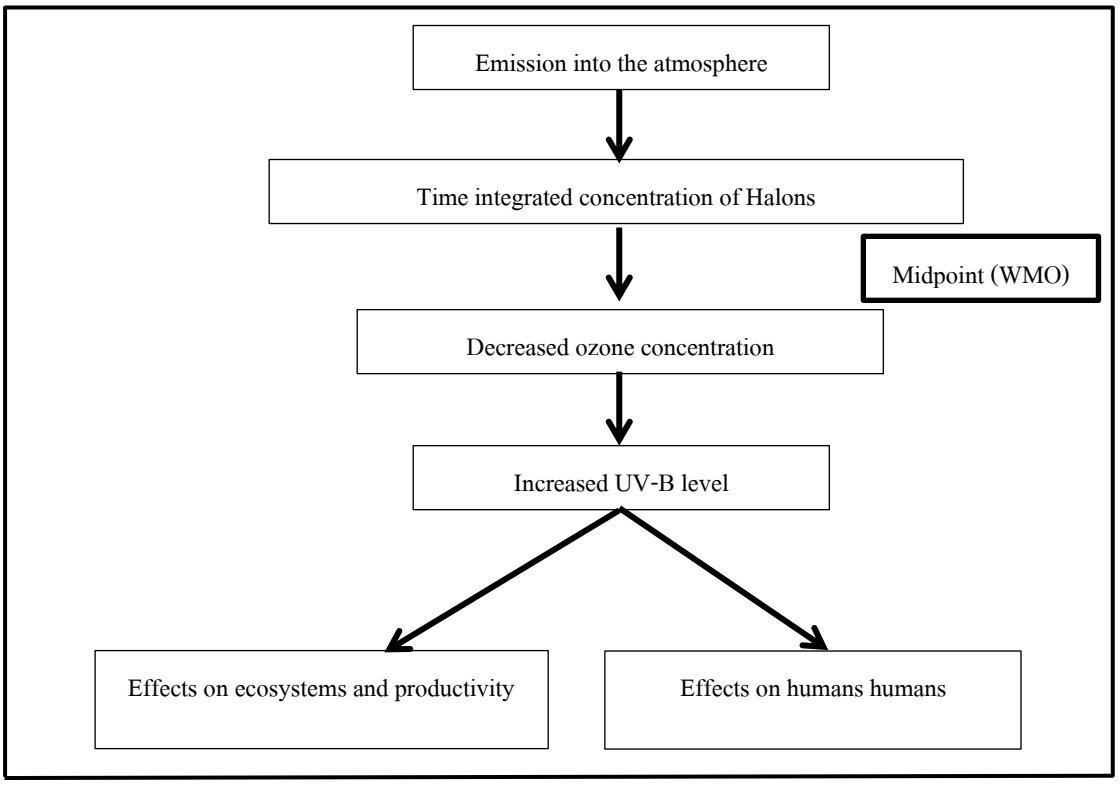
เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพของแรงปล่อยรังสี (Radiative forcing) ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมมนุษย์เป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องลดจากแหล่งกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมมนุษย์แบ่งเป็น ภาคพลังงาน 68 % กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม 7 % เกษตรกรรม 11% อื่นๆ 14 % ดังนั้นภาคพลังงานมีอิทธิพลมากที่สุดในก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก โดยในส่วนของภาคพลังงานยังแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นพลังงานจากฟอสซิล 82 % และพลังงานทดแทนอีก 18 % (IEA, 2016)

เนื่องจากการใช้พลังงานฟอสซิลเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน เมื่อนำประเด็นการใช้พลังงานฟอสซิลมาพิจารณากับบัญชีข้อมูลของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานฟอสซิลในกระบวนการผลิต (ไฟฟ้า น้ำมันเตา LPG ดีเซล) สูงถึง 82.33 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ดังนั้นผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate

Change) จึงถูกนำมาพิจารณาในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

2.การทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Depletion) ตามแบบจำลอง EDIP model based on the ODPs of the WMO ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-3



รูปภาคผนวกที่ ค-3 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซน (ILCD, 2011)

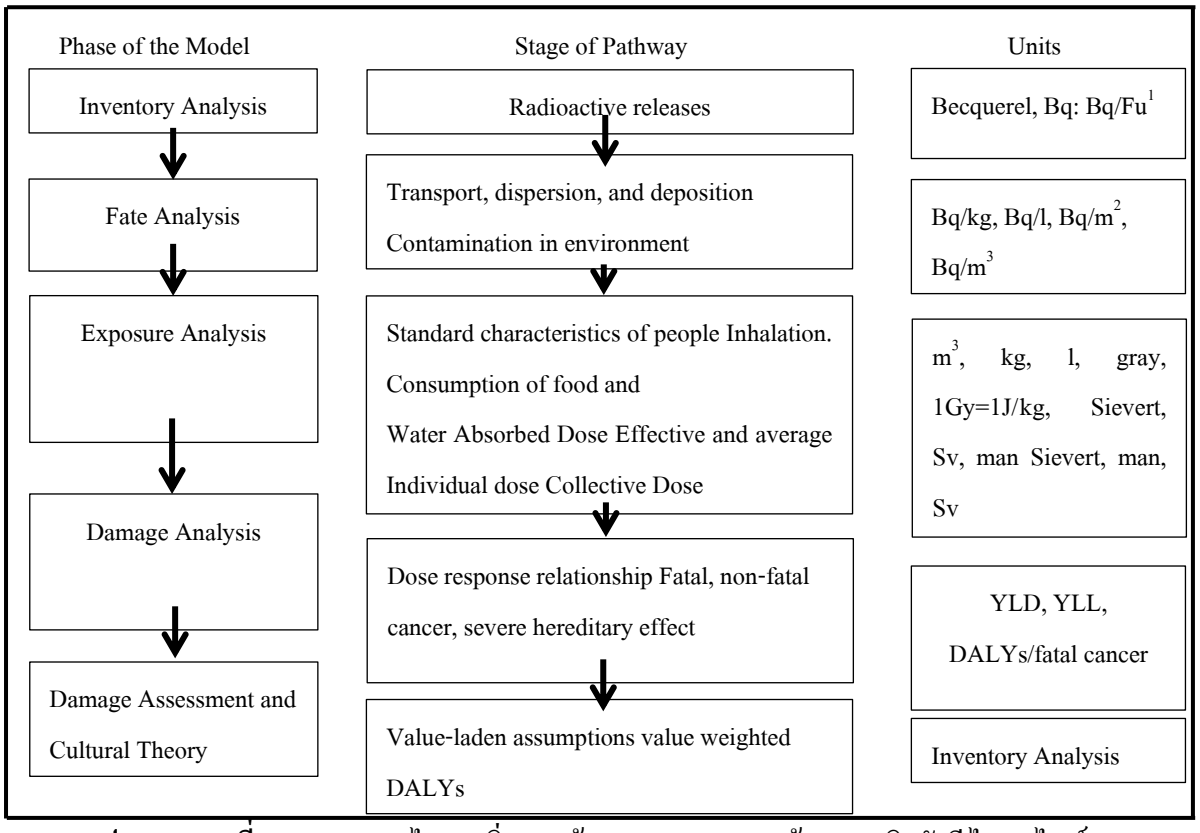
เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุของการปล่อยสารกลุ่ม halogen source gas ซึ่งมีส่วนผสมของคลอรีน (Cl) และโบรมีน (Br) ที่เป็นตัวการทำให้เกิดช่องโหว่โอโซน (The ozone hole) และเป็นสาเหตุของการลดลงของชั้นโอโซน สารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl) และโบรมีน (Br) เรียกว่า คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbon; CFCs) พบในสารทำความเย็น เป็นส่วนผสมของสเปรย์เกือบทุกชนิด สารดับเพลิง เป็นต้น ส่วนแหล่งกำเนิดสารประกอบคลอรีน (Chlorine source gases) ที่ปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์คิดเป็น 83.9% ของการปลดปล่อยทั้งหมด แบ่งเป็น CFC-12 31.9%, CFC-11 22.5%, CCl_4 11.2% CFC-113 7%, HCFCs 6.3 % other gases 3 % Methyl chloroform 2% นอกจากนี้ยังมี halogen source gas กลุ่มฮาลอน (Halons) ซึ่งมีโบรมีน

(Br) เป็นองค์ประกอบหลักที่มีศักยภาพทำลายชั้นโอโซน ซึ่งแหล่งกำเนิดสารประกอบโบรมีน (Bromine source gases) เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ 46% ของการปลดปล่อยทั้งหมด แบ่งเป็น halon-1211 21%, halon-1301 13%, Methyl bromide 7% other gases 5% (ESRL, 2006)

ส่วนแหล่งกำเนิดอื่นๆที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl) และโบรมีน (Br) เช่น การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อในสระน้ำ การใช้คลอรีนบำบัดน้ำเสีย และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ก่อผลกระทบต่อชั้นโอโซนน้อยมากอย่างไม่มีนัยสำคัญ (ESRL, 2006) เมื่อพิจารณาผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Depletion) กับบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) จึงไม่ถูกนำมาพิจารณาในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

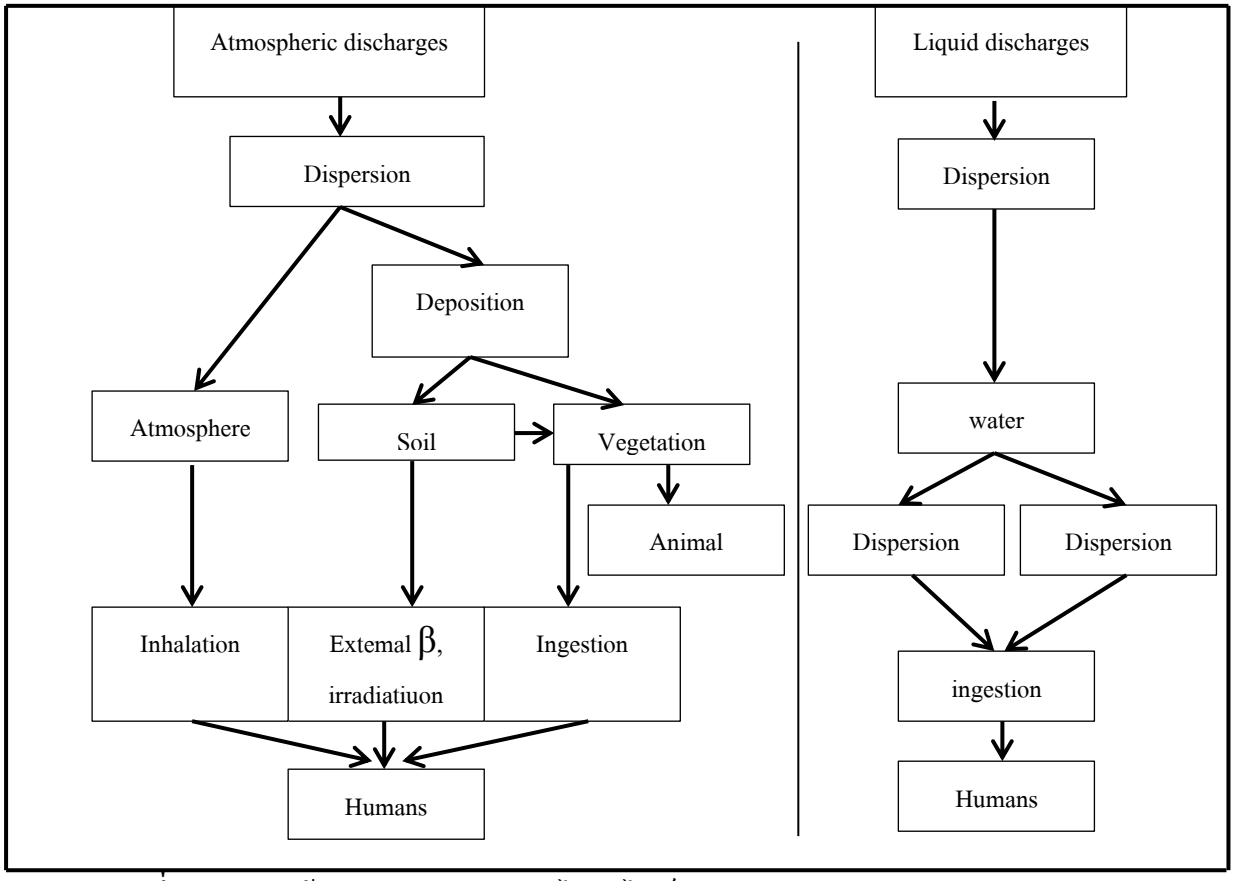
3.การเกิดรังสีไอออไนซ์ต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ionizing Radiation-human health effects)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเกิดรังสีไอออไนซ์ต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ionizing Radiation-human health effects) ตามแบบจำลอง Human health effect model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังดังรูปภาคผนวกที่ ค-4



รูปภาคผนวกที่ ค-4 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเกิดรังสีไอออไนซ์ต่อสุขภาพของมนุษย์ (ILCD, 2011)

การสกัดฟอสเฟตจากหิน การใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในการการผลิตไฟฟ้า การขุดเจาะน้ำมันและก๊าซ เป็นแหล่งของการปล่อยนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากกิจกรรมมนุษย์ที่ทำให้ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมและมนุษย์ (PEF ไม่พิจารณาการเกิดรังสีที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์) (European commission., 2013)แหล่งกำเนิดรังสีไอออไนซ์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ 82% และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ 18% (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2013) จากการศึกษาวิจัยการปลดปล่อย Particulate mater (PM) และ ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดรังสีไอออไนซ์ (Frischknecht et al., 2000) ซึ่งการเกิดมักจะมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตต่างๆ ในส่วนเส้นทางการกระจายรังสีไอออไนซ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การปล่อยมากับน้ำทิ้งแล้วปนเปื้อนสู่มนุษย์ทั้งโดยตรงหรือการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนและการปล่อยเข้าไปในอากาศ (Emission to Air) แล้วปนเปื้อนสู่มนุษย์โดยการหายใจ การรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนรังสี แสดงดังรูปภาคผนวกที่ ค-5



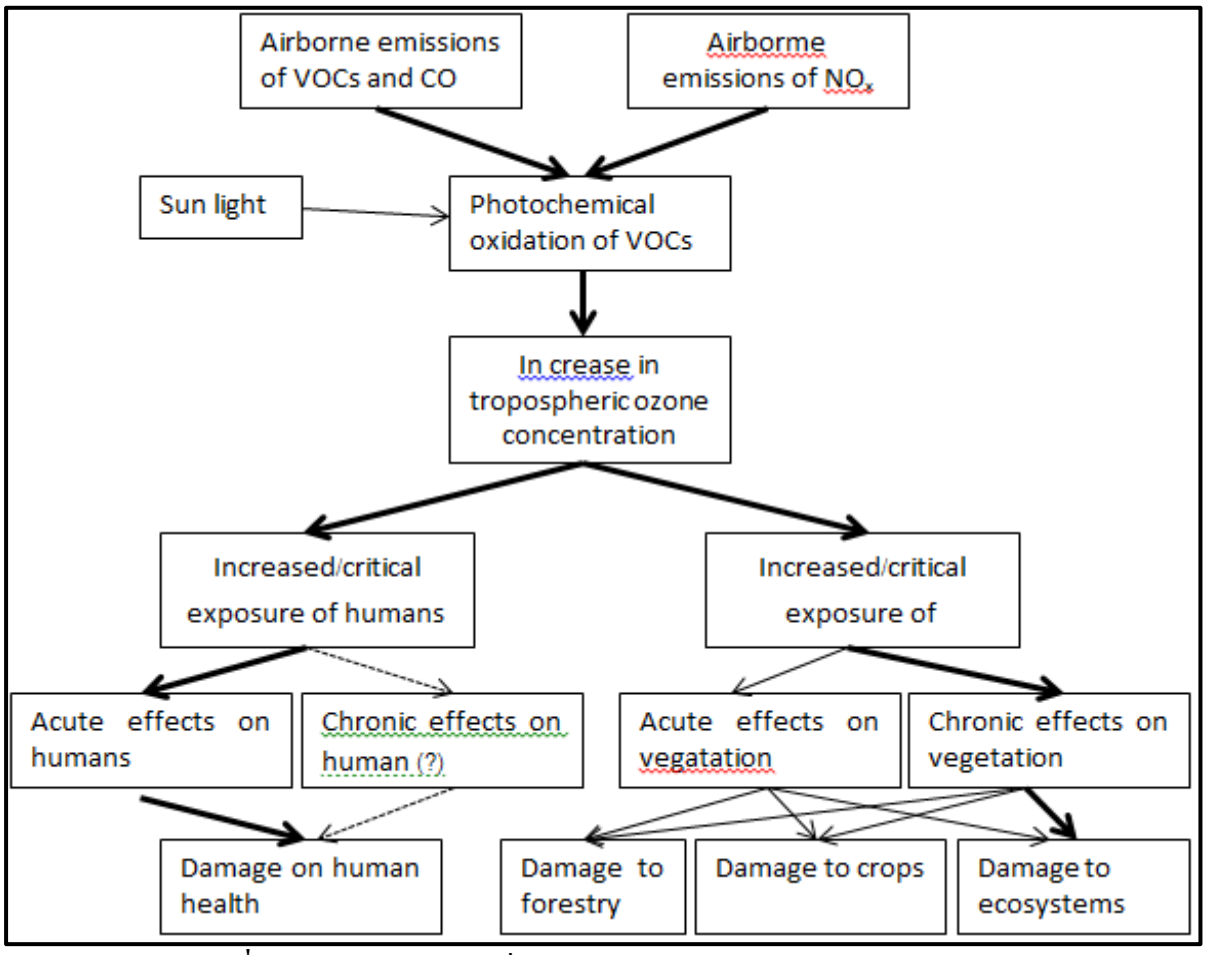
รูปภาคผนวกที่ ค-5 แสดงเส้นทางการกระจายรังสีไอออไนซ์ (Frischknecht et al., 2000)

ดังนั้น เมื่อนำมาพิจารณากับบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) การใช้พลังงานฟอสซิลของกระบวนการผลิต ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า ดีเซล แอลพีจี

และน้ำมันเตามีผลกระทบการก่อให้เกิดการปล่อยนิวไคลด์กัมมันตรังสี 71.43 % ของ IR ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ และการใช้น้ำมันเตาที่เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำมีค่าผลกระทบ 65.20 % ของ IR โรงงาน ดังนั้นผลกระทบด้านการเกิดรังสีไอออไนซ์ต่อสุขภาพของมนุษย์จึงถูกนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

4 การเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation) ตามแบบจำลอง LOTOS-EUROS (*Schaap et al., 2008*) as applied in ReCiPe ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-6



รูปภาคผนวกที่ ค-6 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเกิดหมอกควันทางเคมี (ILCD, 2011)

ผลกระทบด้านการเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation) ตามแบบจำลอง LOTOS-EUROS model มีองค์ประกอบของก๊าซ 3 กลุ่ม ดังนี้

1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (*VOCs*; Volatile Organic Compounds) มีส่วนแบ่งของการปลดปล่อย VOCs ไปในอากาศแบ่งเป็น ยานพาหนะ 34% การผลิตในอุตสาหกรรม 22 % การใช้ตัวทำละลายประเภท 1 (ethlbenzene, xylene, trimethylbenzenes) 18% การใช้ตัวทำละลายประเภท 2 (benzene and cyclohexane)12% การใช้ LPG/NG 9% การปล่อยจากพืชผลทางการเกษตร (isoprene) 5% (Ping. Et.al, 2016)

2.ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซล (heavy duty diesel vehicals; HDDVs) 30.8% และแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม (industry point source) 18.5% (Lu et al., 2016)

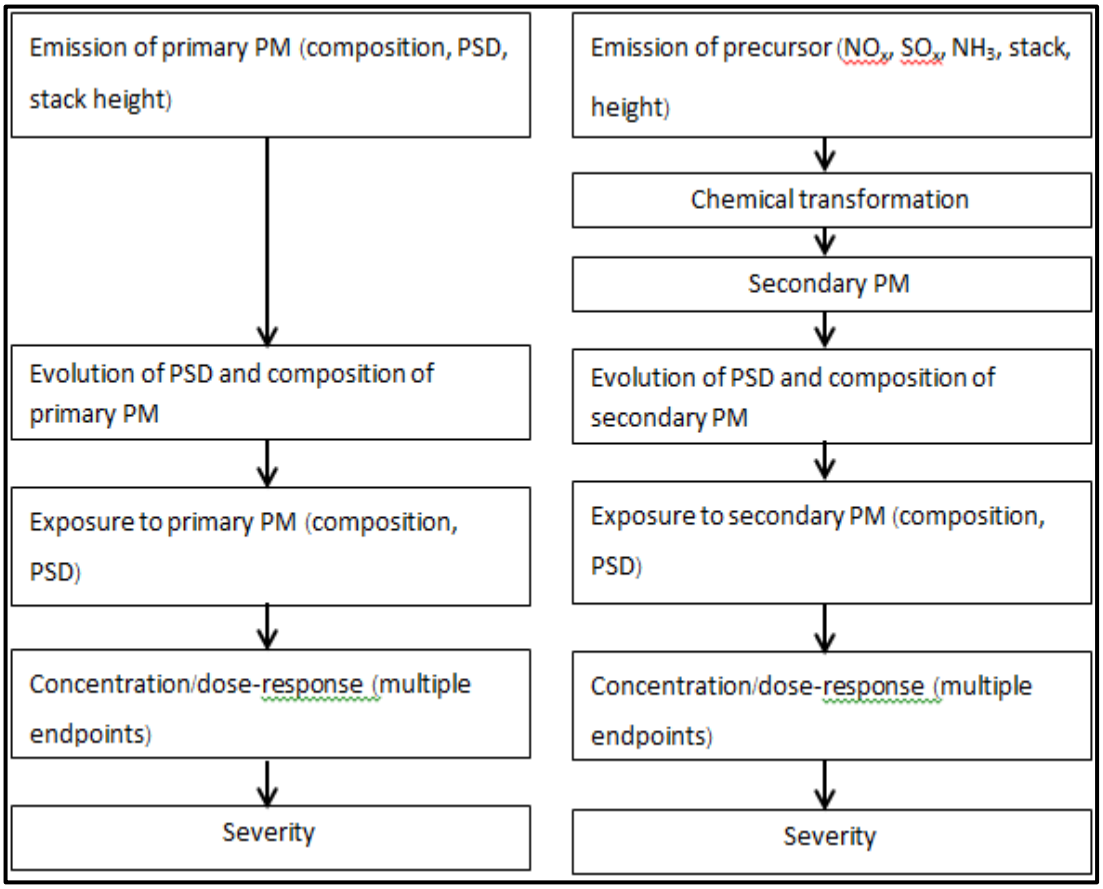
3.ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของพลังงานเชื้อเพลิง

เมื่อพิจารณาแหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศ (emission into air) ของบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) พบว่า มีค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรการประเมินเท่ากับ 0.01042 kg $NMVOC_{eq}$ ดังนั้นผลกระทบด้านการเกิดหมอกควันทางเคมี (Photochemical Ozone Formation) จะไม่ถูกนำมาพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

5. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter/ Respiratory Inorganic)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter/ Respiratory Inorganice) ตามแบบจำลอง RiskPoll model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-7

จากข้อมูลองค์การอนามัยโลก 3% ของการเกิดโรคที่เกี่ยวกับหัวใจและปอดและ 5% ของโรคมะเร็งปอด เกิดจากการได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 10, PM 2.5) (WHO, 2013) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่นละอองมีผลต่อระบบทางเดินหายใจที่แตกต่างกัน ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นประเภทฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง (Particulate Mater) จากการกิจกรรมของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท



รูปภาคผนวกที่ ค-7 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมผลกระทบด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ILCD,2011)

-การปล่อยฝุ่นละอองขั้นต้น (Primary PM) ซึ่งเป็นการปล่อยจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ (ดีเซลล์ ถ่านหิน) การใช้เชื้อเพลิงในครัวเรือน กิจกรรมในอุตสาหกรรมบางประเภท (การผลิตปูนซีเมนต์ การทำเหมือง อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเซรามิกส์) เป็นต้น

-การปล่อยฝุ่นละอองขั้นที่สอง (Secondary PM) เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดแล้วเกิดการทำปฏิกิริยาในอากาศเปลี่ยนเป็นฝุ่นละออง (PM) เช่น การปล่อย NO_x, So_x, NH_3, PAH เป็นต้น (WHO, 2013)

ก๊าซที่มีศักยภาพก่อให้เกิดผลกระทบจากการได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กมาจากการปล่อย SO_2 คิดเป็น 43.42% รองลงมาเป็น NO_x 31.97 % Particulate matter 12.76 % อื่นๆ 11.85 % (Toniolo et

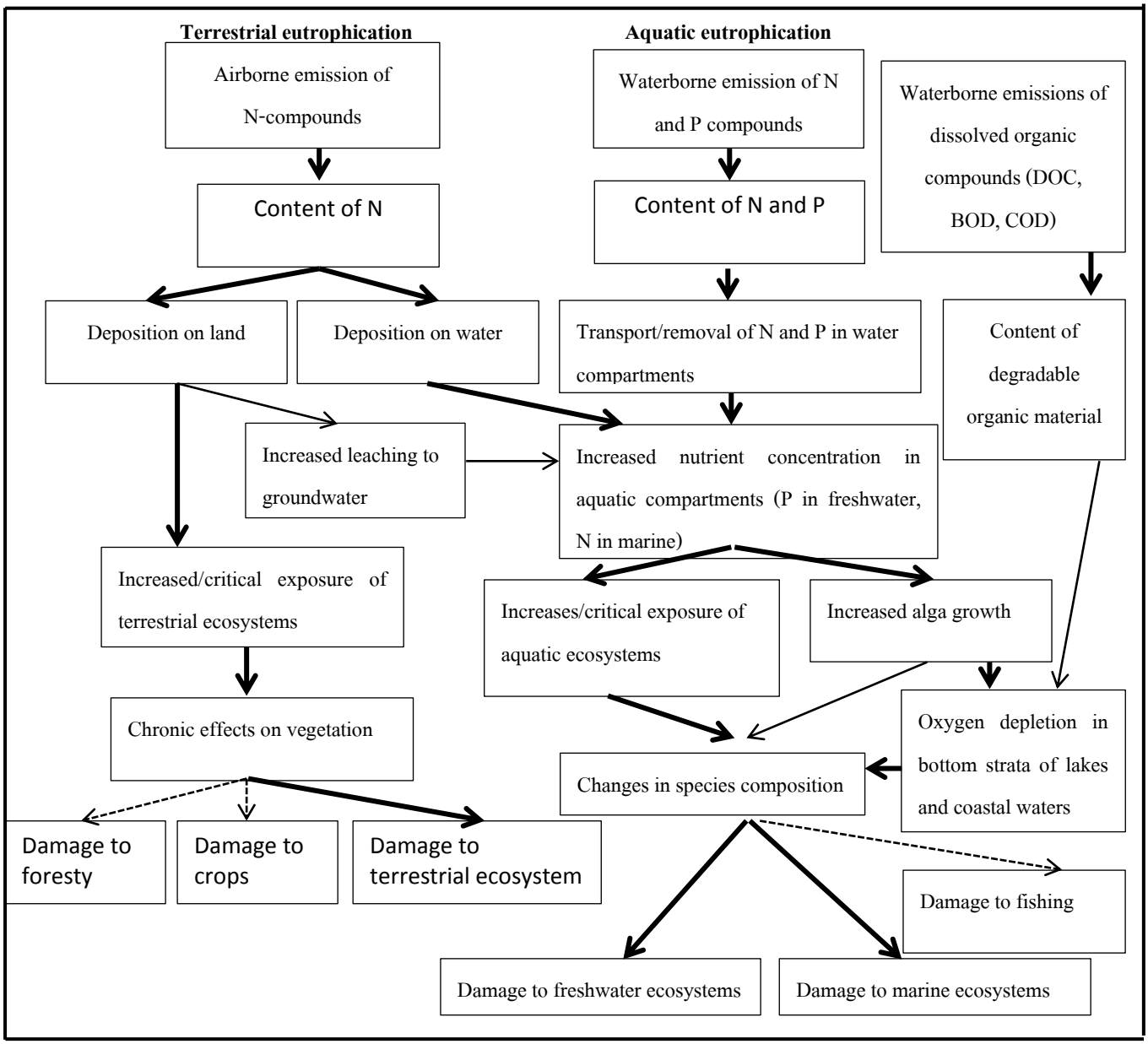
al., 2017) เมื่อพิจารณาแหล่งปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ (emission into air) ของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) พบว่า มีค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรการประเมินเท่ากับ 1.49E-03 kg PM 2.5 $_{eq}$ ดังนั้นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์จะไม่นำผลกระทบด้านฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter/ Respiratory Inorganice) มาพิจารณา

6. ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-terrestrial)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-terrestrial) ตามแบบจำลอง Accumulated Exceedance model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-8

ภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติเกิดจากบนพื้นดินมีสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบไนโตรเจนสูง ได้แก่ NO_x และ NH_3 (Roy et al., 2014) ทำให้พืชบางประเภทเติบโตมากกว่าปกติจนเกิดการแย่งแร่ธาตุในดินของพืชพันธุ์ประเภทอื่น ส่งผลให้เกิดการล้มตายของพืชบางชนิดและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรวมในที่สุด แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบไนโตรเจนจากกิจกรรมของมนุษย์

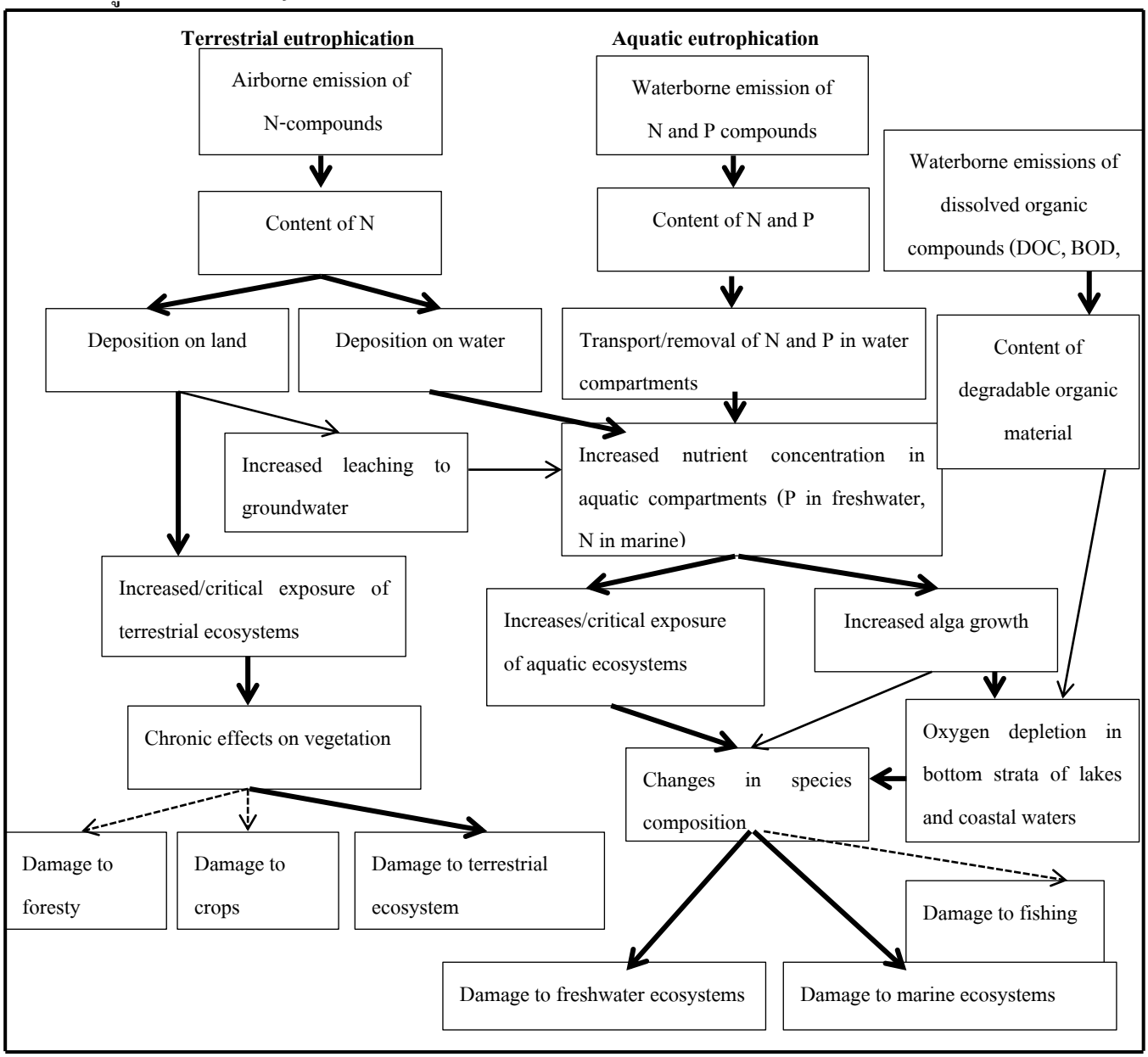
มาจากการเผาไหม้พลังงานฟอสซิล เช่น การผลิตไฟฟ้า การเผาไหม้ของน้ำมันเตา ดีเซล LPG เป็นต้น (EPA, 2016) เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) พบว่า มีค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรการประเมิน เท่ากับ 1.45E-02 mol N $_{eq}$ ดังนั้นผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-terrestrial) จะไม่ถูกนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์



รูปภาคผนวกที่ ค-8 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำบนพื้นดินเติบโตผิดปกติ (ILCD, 2011)

7. ภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-aquatic)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-aquatic) ตามแบบจำลอง Accumulated Exceedance model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่าง ดังรูปภาคผนวกที่ ค-9



รูปภาคผนวกที่ ค-9 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (ILCD, 2011)

การเกิดยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำ (Eutrophication-aquatic) แบ่งประเภทตามองค์ประกอบของธาตุอาหารที่สะสมในแหล่งน้ำได้ 2 ประเภท คือ การเกิดยูโทรฟิเคชั่นในน้ำจืด (Freshwater eutrophication) ประกอบด้วยสารประกอบฟอสเฟต 98.62 % และฟอสฟอรัส 1.29 % ส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในน้ำทะเล (Marine eutrophication) ประกอบด้วย ไนโตรเจนออกไซด์ (อากาศ) 29.18% ไนโตรเจน (น้ำ) 26.19% ไนเตรด 23.98% อื่นๆ 20.65% (Toniolo et al., 2017) โดยแหล่งกำเนิดของสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสยังแบ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (Point source) เช่น โรงงาน โรงพยาบาล บ้านเรือน เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (Non Point source) เช่น การทำการเกษตรที่มีการใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารจำพวกสารประกอบฟอสเฟต เป็นต้น ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนแบบ Point source คิดเป็น 23% ของแหล่งกำเนิดสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด และสารประกอบฟอสฟอรัสแบบ Point source คิดเป็น 34% ของแหล่งกำเนิดสารประกอบฟอสฟอรัสทั้งหมด (Water research center, 2017) เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร การใช้ทรัพยากรและสารเคมีในกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์จะมีการใช้สารประกอบฟอสเฟตและสารประกอบไนโตรเจนในกระบวนการผลิต ทำให้มลพิษที่ปล่อยมาจากกระบวนการผลิตมีองค์ประกอบของสารดังกล่าวที่จะก่อให้เกิดยูโทรฟิเคชั่นต่อแหล่งน้ำ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้เทียบกับการใช้ทรัพยากรรวมทั้งหมด พบว่า โรงงานมีการใช้สารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบฟอสเฟตเพียง 0.41 % เท่านั้น ดังนั้นผลกระทบต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันต่อแหล่งน้ำมีค่าน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงไม่นำผลกระทบด้านภาวะพืชน้ำเติบโตผิดปกติ (Eutrophication-aquatic) มาพิจารณา

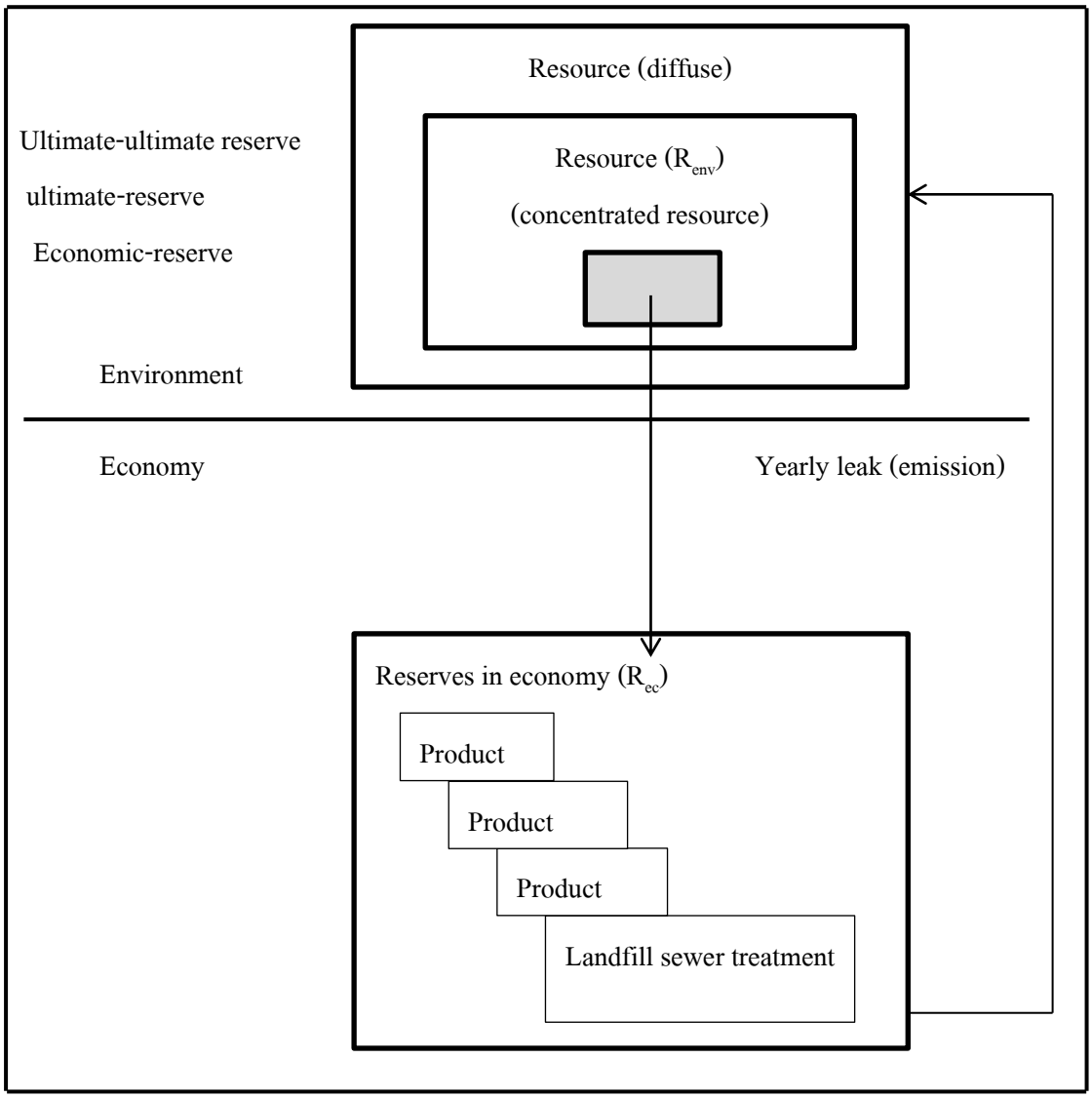
8. การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion-mineral, fossil)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion-mineral, fossil) ตามแบบจำลอง Abiotic resource depletion model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-10

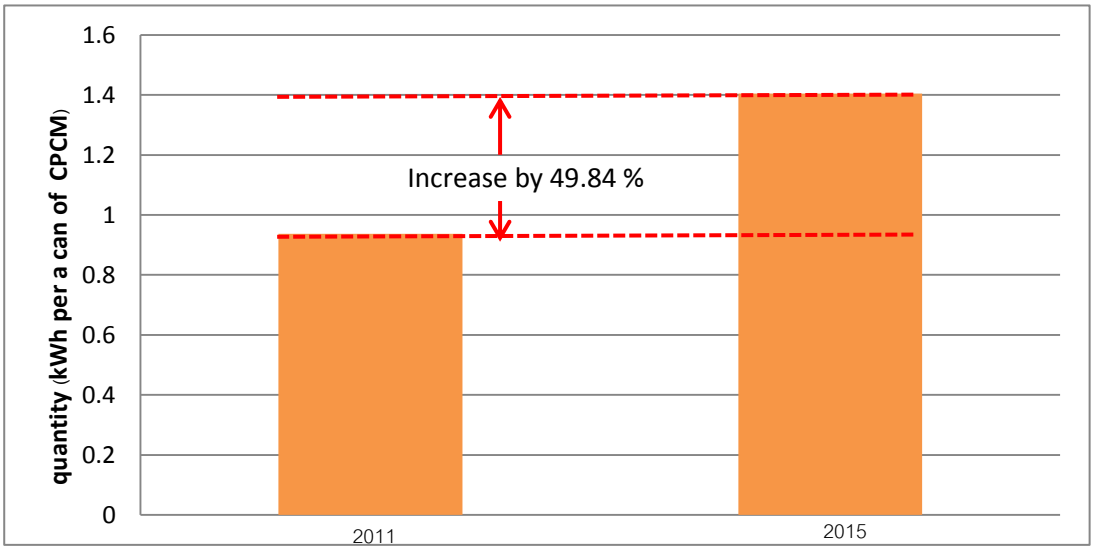
การลดลงของทรัพยากร (Resource Depletion-mineral, fossil) จะพิจารณาทรัพยากรที่ไม่สามารถเกิดขึ้นใหม่ (non-renewable) จากกระบวนการทางธรรมชาติภายในระยะเวลา 500 ปี (ARD, 2002) เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิล แร่ธาตุต่างๆ ดังนั้นเมื่อพิจารณาการใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิล/แร่ธาตุ จากบัญชีข้อมูลของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab)

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของการผลิตในโรงงานของผลิตภัณฑ์ชนิด claw ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (รูปภาคผนวกที่ ค-11) พบว่า ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลการผลิต ในปี 2554-2258 เพิ่มขึ้นถึง 49.84 % เมื่อทำการประเมินฟุตพรินต์ด้านการลดลงของทรัพยากรของผลิตภัณฑ์ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.81E-01 $kgSb_{eq}$ /กระป๋อง จากข้อมูลปี 2558 โรงงานผลิตปูกระป๋องชนิด claw 102,828 กระป๋อง ส่งผลให้มีค่าผลกระทบ เท่ากับ 18.61 ton Sb_{eq} /year ดังนั้นผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรจึงถูกนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์



รูปภาคผนวกที่ ค-10 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง (ARD, 2002)



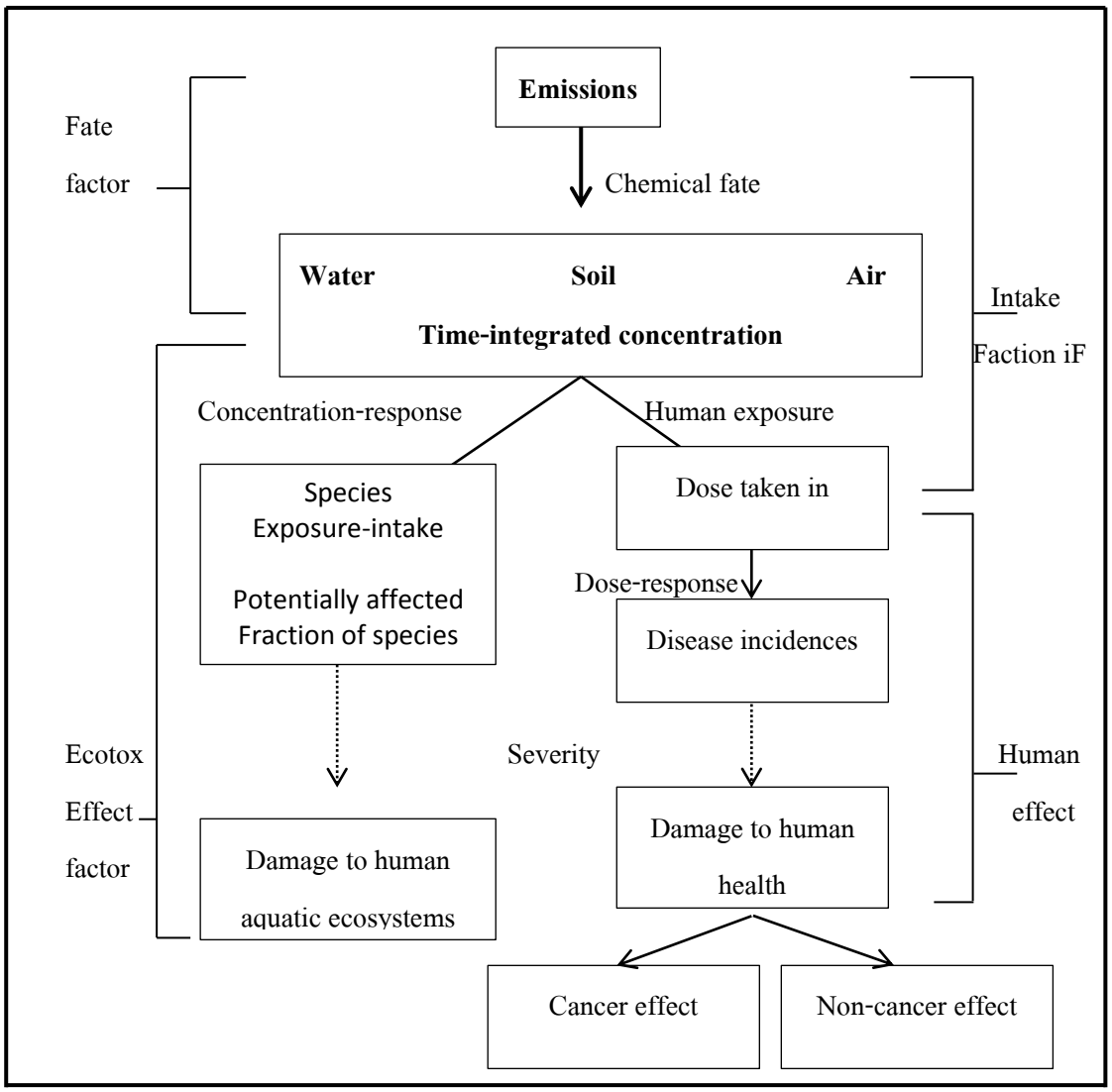
รูปภาคผนวกที่ ค-11 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด claw

9. ความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็งและไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity-cancer effects and non cancer effects)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity-cancer effects) ตามแบบจำลอง USEtox model ซึ่งแสดงดังรูปภาคผนวกที่ ค-11

การปล่อยมลพิษ (Emission) ที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Toxicity) ประกอบด้วย Zine and compounds (Zn) 34%, Mercurry and compounds (Hg) 29%, Lead and compounds (Pb) 10%, Chromium and compounds (Cr) 9%, Arsenic and compounds (As) 9%, PAHs 7%, Cadmium and compounds (Cd) 1%, Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) 1%, Nickel and compounds (Ni) น้อยกว่า 1 %, Fluoranthane น้อยกว่า 1%, AOX น้อยกว่า 1% (Nordborg et al., 2017) เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) จะแบ่งมลพิษที่ปล่อย (Emissions) ออกเป็น 2 ส่วน

1การปล่อยมลพิษ (Emissions) จากการใช้เชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ ค-1



รูปภาคผนวกที่ ค-12 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็งและไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (USE TOX, 2010)

ตารางผนวกที่ ค-1แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อย (kg DB-eq) ต่อการใช้ทรัพยากร 1 หน่วย

ทรัพยากร	**หน่วย**	**Volume/Fu**	**Emission Factor (kg DB-eq/หน่วย)**	**ปริมาณการปล่อย (kg DB-eq)**
ไฟฟ้า	kWh	1.4040	1.00×10^{-6}	1.40×10^{-6}
ดีเซล	kg	0.3999	5.95×10^{-4}	2.38×10^{-4}
LPG	kg	0.1917	5.87×10^{-4}	1.12×10^{-7}

หมายเหตุ Emission Factor (Achawangkul et al., 2016)

จากตารางผนวกที่ ค-1 การปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งคือ PAHs ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในท่อไอเสียและเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการปล่อยสารก่อมะเร็งออกมา สารเหล่านี้จะไม่ก่อให้เกิดพิษเฉียบพลันแต่จะเป็นลักษณะการสะสมในร่างกายและมีความสัมพันธ์กับความถี่ในการได้รับสารนั้น แต่ด้วยสัดส่วนผลกระทบของสาร PAHs เพียง 7% และปริมาณการปล่อยจากกระบวนการผลิตมีสัดส่วนที่น้อย ดังนั้นเมื่อพิจารณาในภาพรวมสัดส่วนการเกิดมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงต่อหน่วยทรัพยากรมีค่าน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2 การปล่อยมลพิษ (Emission) จากสารเคมีไปยังแหล่งน้ำ

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร น้ำเสียจึงมีองค์ประกอบของสารประกอบฟอสเฟตและสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งมักพบในสารกลุ่ม Detergent ที่ใช้สำหรับซักล้าง ทำความสะอาด จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสาร Detergent ต่อ Human toxicity-cancer and non-cancer พบว่า สาร Detergent ไม่มีองค์ประกอบของสารก่อมะเร็ง (Igos et al., 2014)

ส่วนความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Toxicity- non cancer effects) ของสาร Detergent ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ตารางผนวกที่ ค-2

ตารางผนวกที่ ค-2 แสดงสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของสาร detergent และผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ที่สัมพันธ์กับสุขภาพ

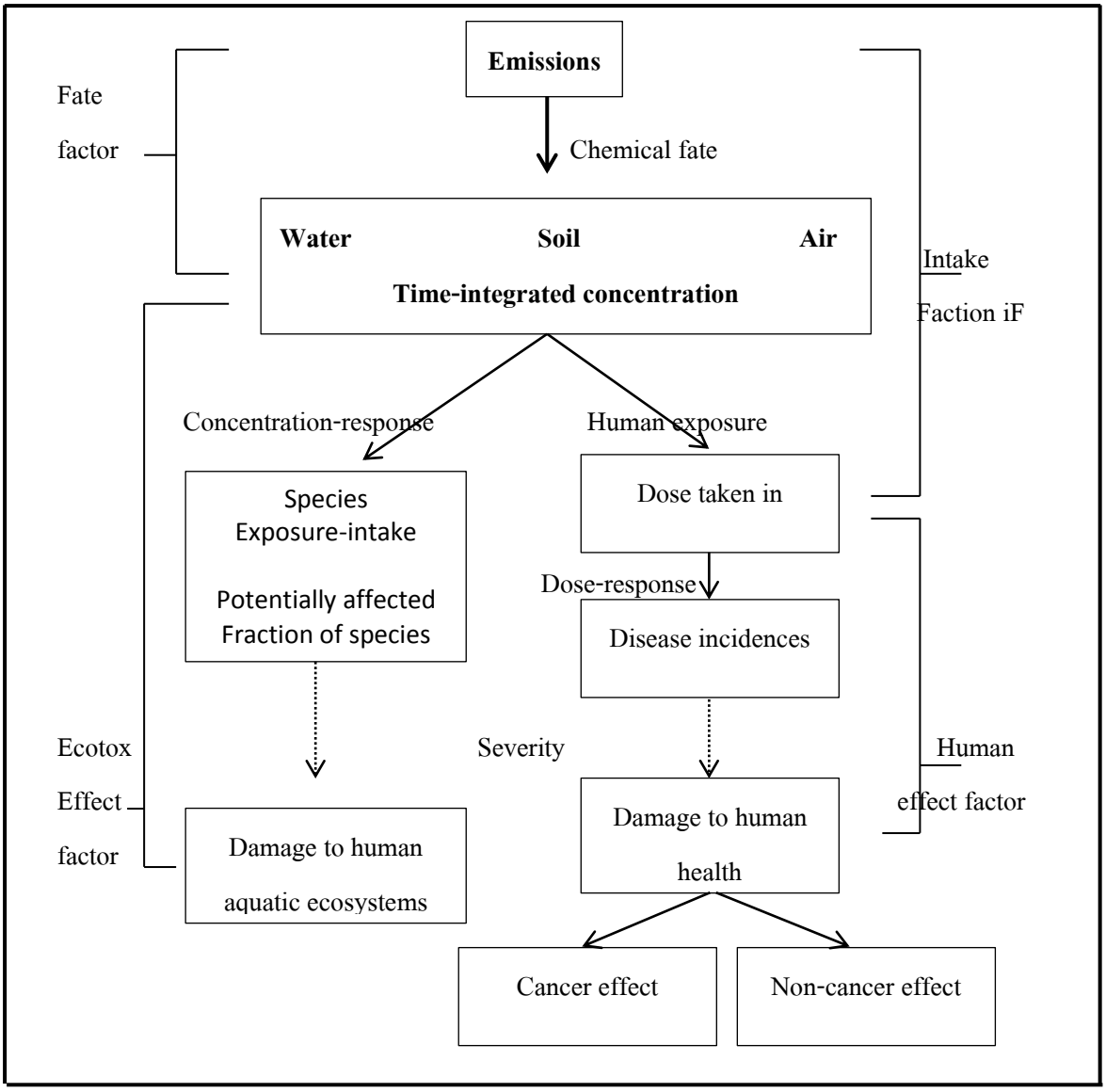
สาร (Substance)	ผลกระทบ (cases $kg^{-1}_{emitted}$)	บัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์
AE C8-10	1.28×10^{-7}	สาร Detergent จากผลิตภัณฑ์มีปริมาณการใช้ในกระบวนการผลิตน้อยกว่า 1 kg ซึ่งหมายความว่ามีองค์ประกอบของสาร 9 ชนิดน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ
TAWD	2.30×10^{-7}	
Na-silicate	5.17×10^{-7}	
4Na-HEDP	2.06×10^{-7}	
Acry/sulf poly	1.47×10^{-7}	
Acry/ mal poly	3.03×10^{-7}	
Glycerol	6.09×10^{-10}	
Citric acid	2.52×10^{-9}	
Zine	1.28×10^{-3}	

หมายเหตุ ที่มา Igos et al., 2014

สารพิษบ่งชี้กว่า 90 % ของผลกระทบด้านนี้ไม่พบในผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ดังนั้น ผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์จากสารก่อให้เกิดมะเร็งและไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจะไม่นำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

10. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Ecotoxicity for aquatic fresh water)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Ecotoxicity for aquatic fresh water) ตามแบบจำลอง USEtox model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวก
ที่ ค-13



รูปภาคผนวกที่ ค-13 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Huijbregts et al., 2010)

การปล่อยมลพิษ (Emission) ที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Ecotoxicity for aquatic fresh water) ประกอบด้วย Copper and compounds (Cu) 85%, Zine and

compounds (Zn) 10%, Nickel and compounds (Ni) 2%, Cadmium and compounds (Cd) 1%, Fluoranthene 1%, Chromium and compounds (Cr) น้อยกว่า 1%, AOX น้อยกว่า 1%, Arsenic and compounds (As) น้อยกว่า 1 %, PAHs น้อยกว่า 1 %, Anthracene น้อยกว่า 1 % (Norborg et al., 2017)

เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) จะแบ่งมลพิษที่ปล่อย (Emissions) ออกเป็น 2 ส่วน

1 การปล่อยมลพิษ (Emissions) จากการใช้เชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ ค-3

ตารางภาคผนวกที่ ค-3 แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อย (CTUe) ต่อการใช้ทรัพยากร 1 หน่วย

ทรัพยากร	หน่วย	Volume/Fu	Emission Factor (CTUe/หน่วย)	ปริมาณการปล่อย (CTUe)
ไฟฟ้า	kWh	1.4040	0.291	0.4086
ดีเซลล์	Kg	0.3999	0.474	0.1895
LPG	Kg	0.1917	1.763	0.3379
รวม				0.936

หมายเหตุ Emission Factor (Achawangkul et al., 2016)

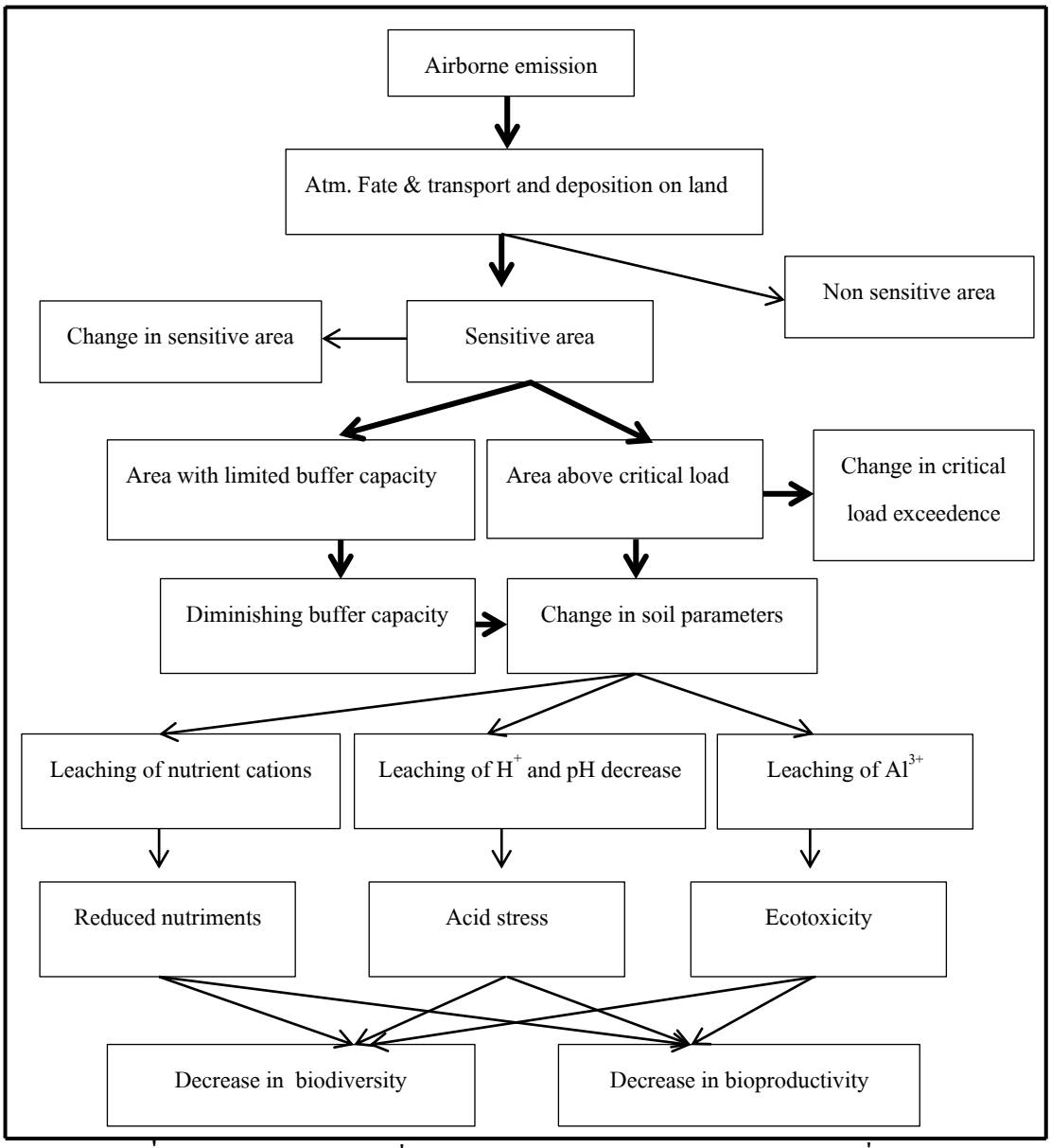
2 การปล่อยมลพิษ (Emission) จากสารเคมีไปยังแหล่งน้ำ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีการใช้สาร Detergent ที่ใช้สำหรับทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) การใช้สาร Detergent น้อยกว่า 0.5 % ของบัญชีข้อมูล และตัวบ่งชี้ผลกระทบกว่า 99% มาจากสารกลุ่ม CU, Zn, Ni, Cd, Cr ซึ่งในผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ไม่มีกาตรวจพบสารกลุ่มนี้ ดังนั้นจึงไม่พิจารณาผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์

11.ภาวะฝนกรด (acidification)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะฝนกรด (acidification) ตามแบบจำลอง Accumulated Exceedance model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-14

การเกิดภาวะความเป็นกรดที่จะส่งผลกระทบต่อแร่ธาตุอาหารในดินมาจากการปล่อยมลพิษทางอากาศ (Air pollution)ได้แก่ NO_x, SO_2 และ NH_3 (Roy et al., 2014) ซึ่งไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ประกอบด้วย ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

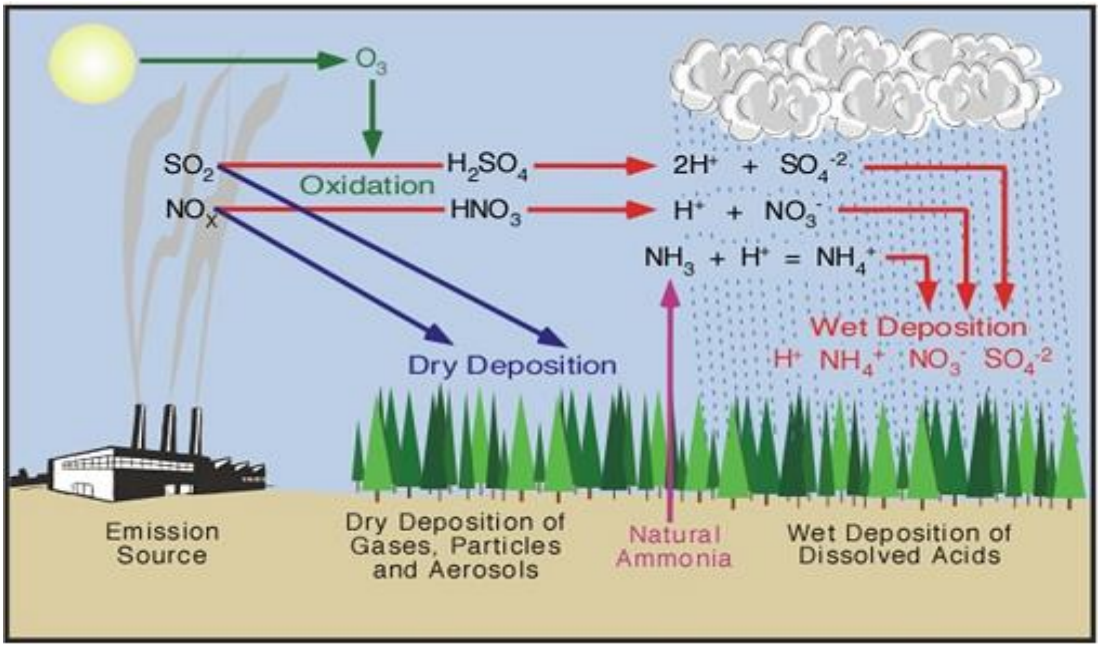
ไนโตรเจนเซสควิออกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนเตตรอกไซด์ (N_2O_4) และไนโตรเจนเพนทอกไซด์ (N_2O_5) แต่ก๊าซที่ก่อให้เกิดมลพิษสูงจะมีไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงในยานพาหนะ ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน เป็นต้น ที่มีกำมะถันปนเปื้อน โดย SO_2 มาจากกิจกรรมของมนุษย์ 33 % และเกิดเองตามธรรมชาติ 67 % (ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์, 2559) ซึ่งก๊าซเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) ในอากาศแล้วจะเกิดเป็นสารประกอบที่เป็นกรด แล้วจะกลับคืนสู่พื้นดินโดยฝน หิมะ หมอก หรือฝุ่นละออง ส่วน



รูปภาคผนวกที่ ค-14 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านภาวะฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน (ILCD, 2011)

แอมโมเนีย (NH_3) มีแหล่งการปล่อยหลักจากภาคการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนีย รวมทั้งการปล่อยจากยานพาหนะและระเหยจากดินหรือมหาสมุทร (Behera et al., 2013) ดังรูปภาคผนวกที่ ค-14

พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน ได้แก่ ค่า pH ธาตุอลูมิเนียมในดิน และธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อลูมิเนียมเป็นธาตุที่พบมากที่สุดในดิน เมื่อค่า pH ต่ำกว่า 5 อลูมิเนียมในรูป Al^{3+} จะละลายออกมาแล้วส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชบางชนิดได้ ซึ่งจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้การดูดซึมอาหารของรากพืชถูกจำกัด (พรรเพ็ญ และคณะ, 2558) นำไปสู่การลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity)



รูปภาคผนวกที่ ค-15 แสดงกลไกการเกิดภาวะฝนกรด (USDA, 2006)

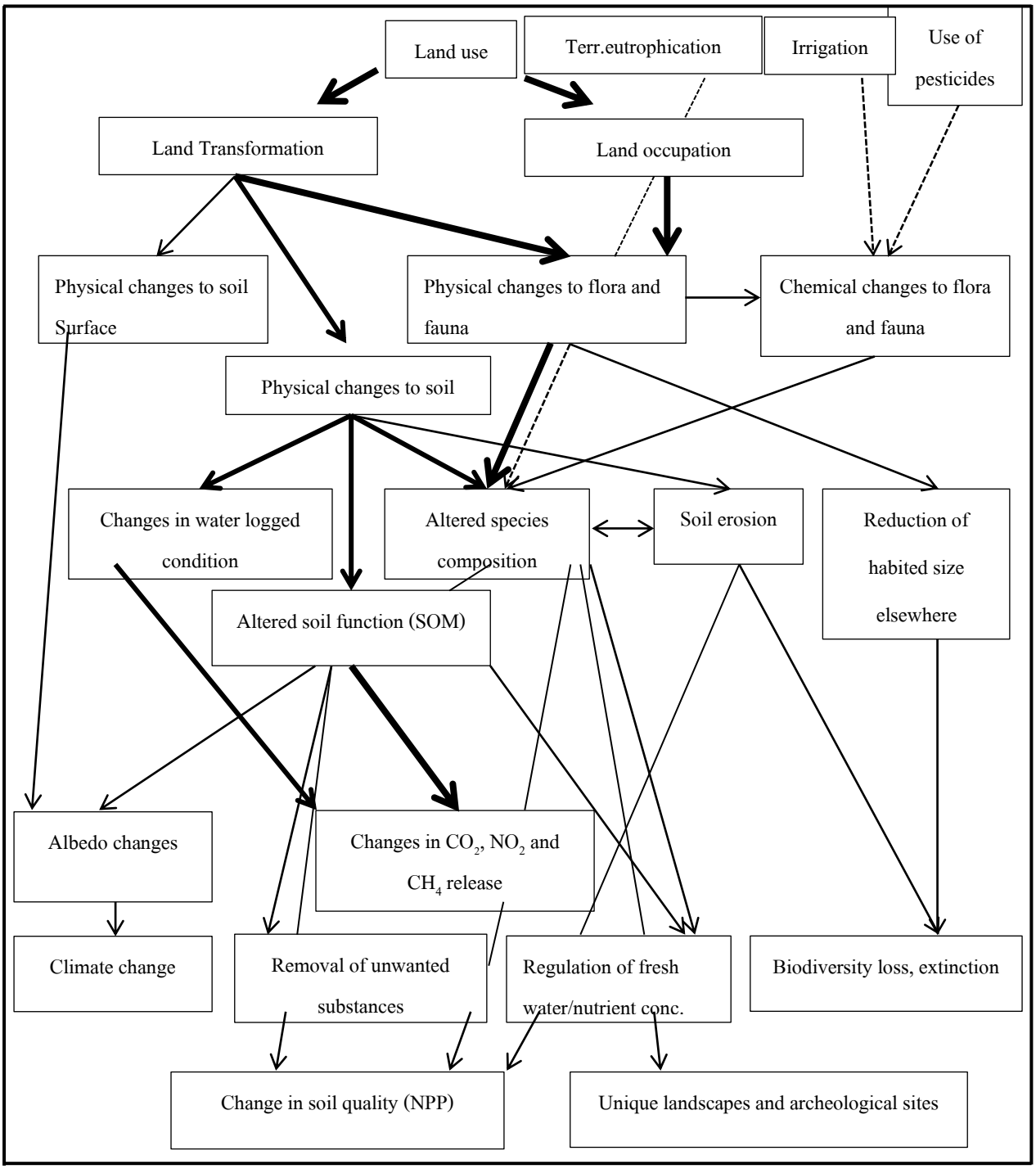
เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลของปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ได้แก่ ไฟฟ้า ดีเซลล์ LPG น้ำมันเตา) ในกระบวนการผลิตในโรงงานมีการใช้ทรัพยากรในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับทรัพยากรทั้งหมดต่อ 1 FU ดังนั้นผลกระทบจากภาวะความเป็นกรดจึงถูกนำมาพิจารณาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

12.การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Transformation)

เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ตามแบบจำลอง Soil Organic Matter (SOM) model ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-16 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Transformation) ตามข้อกำหนดฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ถูกบ่งชี้โดยการลดลงของอินทรีย์วัตถุในดิน (Deficit of Soil Organic Matter; SOM) ต่อหน่วยพื้น โดยเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงสมดุลคาร์บอนในดิน ซึ่งคาร์บอนในดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อินทรีย์คาร์บอน และอนินทรีย์คาร์บอน โดยแหล่งที่มาของคาร์บอนในดินส่วนใหญ่มาจากซากพืชซากสัตว์ การหมุนเวียนของรากพืช สารอินทรีย์ที่พืชปลดปล่อยมาทางราก และจากเซลล์จุลินทรีย์ กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุของการรบกวนสมดุลคาร์บอนในดินที่ทำให้คุณภาพดินเสื่อมและสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะ การเปลี่ยนแปลงการใช้ดิน และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Brandao et al., 2012) ดังนั้นดัชนีบ่งชี้ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน คือ การลดลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Carbon deficit) ซึ่งเป็นผลกระทบทาง Biotic Production Potential-Natural resource, BPP (Canals et al., 2007)

จากการศึกษาการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน พบว่า อินทรีย์คาร์บอนจะลดลงในรูปอินทรีย์คาร์บอนเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (สถาพร อ้างถึง Tippayachan, 2006) เช่นการเคลื่อนย้ายซากพืช การเตรียมดินอย่างเข้มข้น การเตรียมดินโดยไม่เพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่ไม่ถูกต้อง จะเป็นสาเหตุสำคัญให้คาร์บอนในดินลดลงอย่างถาวร ความเค็มของดินที่เพิ่มขึ้น ความเป็นกรดในดิน การเสียองค์ประกอบอื่นๆของดิน ล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินทั้งสิ้น

ผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนมี 2 ประการ คือ ผลกระทบต่อคุณสมบัติของดินเสื่อมลง ทำให้ธาตุอาหารที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตลดลง และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เช่นโครงสร้างดิน ความสามารถในการชอนไชของราก การซึมของน้ำ ความสามารถในการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงที่ดิน เช่น การทำการเกษตรกรรม การขุดเจาะเชื้อเพลิงฟอสซิล การตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)

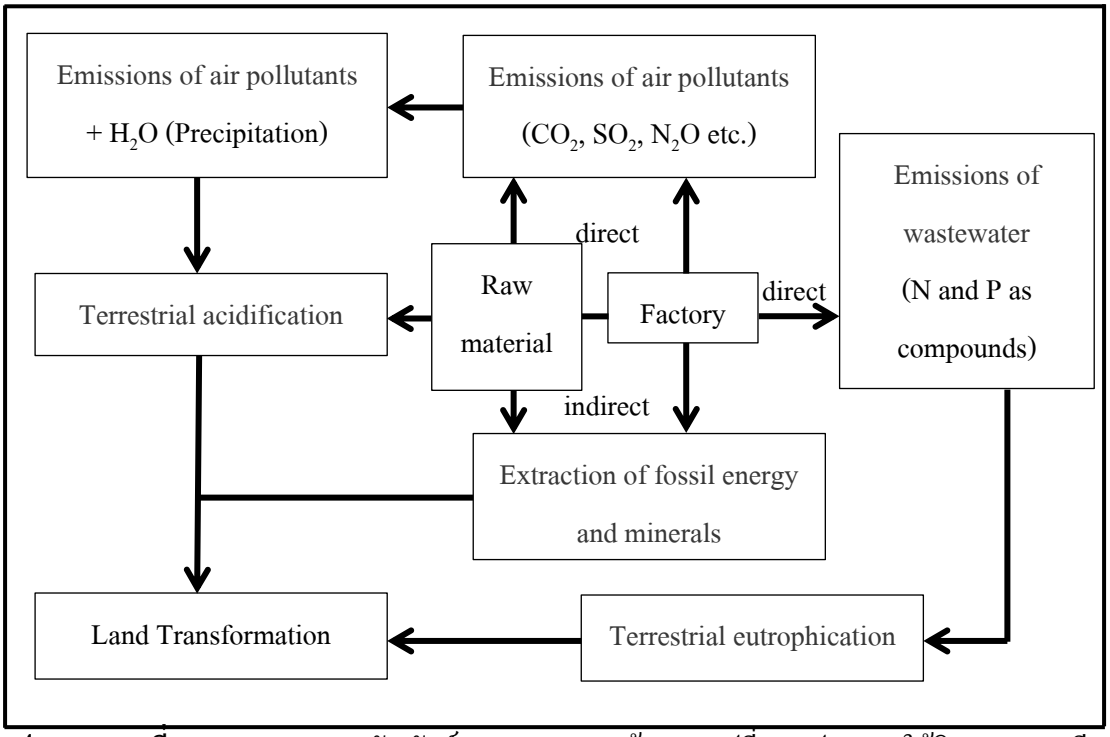


รูปภาคผนวกที่ ค-16 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน (ILCD, 2011)

เมื่อพิจารณาบัญชีข้อมูลปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ (Inventory of canned pasteurized crab) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังรูปภาคผนวกที่ ค-16

-ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดินโดยตรง จากการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ (CO_2, SO_2, NO_x) ที่ใช้พลังงานฟอสซิลในกระบวนการผลิตแล้วรวมตัวกับฝนในบรรยากาศก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรดที่ส่งผลกระทบต่อดิน (terrestrial acidification) และการปลดปล่อยน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบของธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจนแล้วส่งผลกระทบต่อดิน (terrestrial eutrophication) นำไปสู่การเกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ดิน

-ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดินโดยอ้อม จากการสกัดพลังงานฟอสซิลมาใช้ในโรงงานก็เป็นอีกแหล่งที่ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง เมื่อพิจารณาขอบเขตการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ แพปู การขนส่ง และกระบวนการผลิตแล้ว ผมกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงที่ดินที่เกิดจากการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์มีค่าผมกระทบน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่ดินโดยตรงเหมือนกับการทำการเกษตร การเตรียมดินเพื่อเพาะปลูก เป็นต้น ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงที่ดินจึงไม่ถูกนำมาพิจารณา

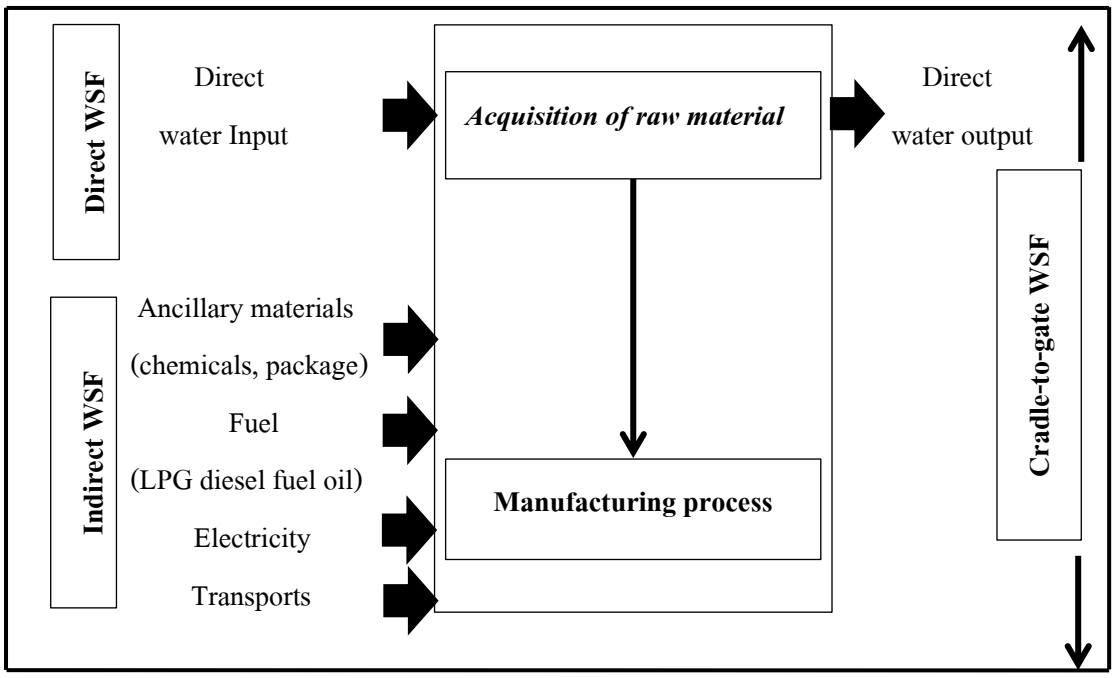


รูปภาคผนวกที่ ค-17 แสดงความสัมพันธ์ของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ดินและของเสียจากการผลิตปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

13 การลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource Depletion-Water)

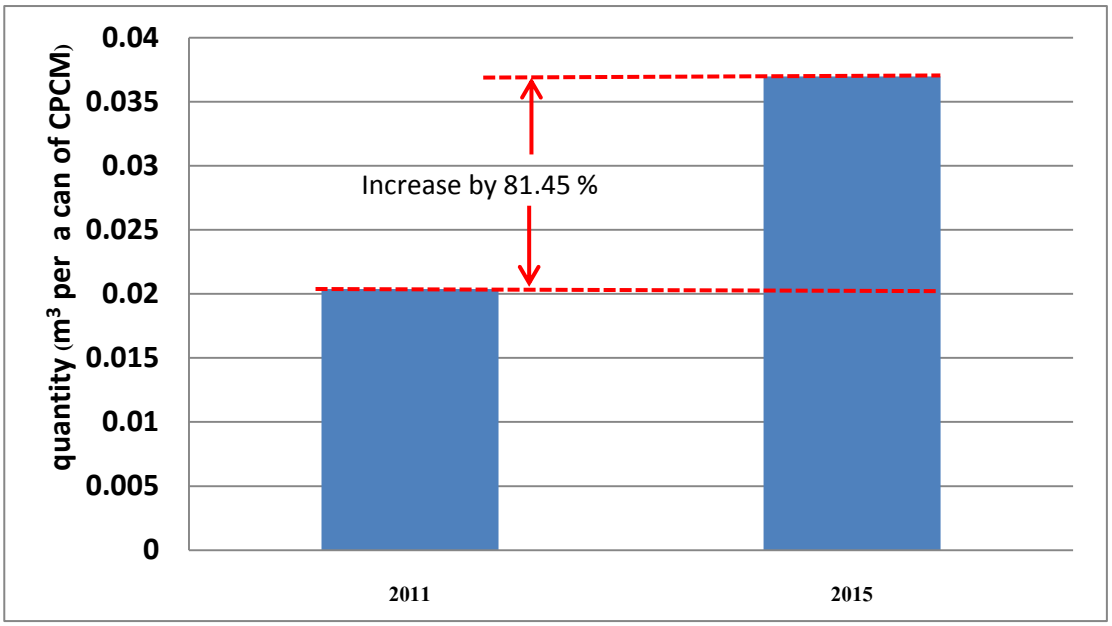
เมื่อพิจารณากลไกทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรน้ำ (Resource Depletion-Water) ตามแบบจำลอง Water scarcity footprint based on ISO 14046 เป็นการประเมินการใช้น้ำที่สัมพันธ์กับการขาดแคลนน้ำจากแหล่งน้ำอ้างอิง โดยแบ่งการประเมินการใช้ทรัพยากรน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือน้ำทางตรง (น้ำที่นำมาใช้ในกิจกกรมการผลิตทั้งหมด) และน้ำทางอ้อม (น้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า สารเคมี บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น) ซึ่งจะแสดงไว้ด้านล่างดังรูปภาคผนวกที่ ค-18

ทรัพยากรน้ำ (Water resource) เป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของสรรพสิ่งบนโลกเพื่อรักษาสมดุลของระบบให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้ เมื่อพิจารณาถึงส่วนแบ่งของน้ำบนโลกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ น้ำจากมหาสมุทร 96.5% และน้ำจืดอีก 2.5% ในส่วนของน้ำจืดยังแบ่งเป็นธารน้ำแข็ง 1.74% น้ำใต้ดิน 1.69% และน้ำจืดผิวดินที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงมีเพียง 0.76 % เท่านั้น (USGS, 2016) การนำทรัพยากรน้ำจืดไปใช้ประโยชน์ของมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักได้แก่ การทำเกษตรกรรมคิดเป็น 70% อุตสาหกรรม 22% และการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ 8% (WBCSD, 2017) ภาคการผลิตจึงมีส่วนสำคัญที่ทำให้ทรัพยากรน้ำลดลงและเสื่อมโทรม ถ้าไม่มีการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพสำหรับรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมและอัตราการขยายตัวของประชากรในอนาคต



รูปภาคผนวกที่ ค-18 แสดงกลไกทางสิ่งแวดล้อมของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ (ดัดแปลงจาก Buxmann et al., 2016)

สำหรับผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ แบ่งการใช้น้ำดิบออกเป็น 2 คือ แพปูมีการนำแหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำคลองท่าตะเภาสำหรับการต้มปูม้า และโรงงานมีการน้ำแหล่งน้ำดิบมาจากลุ่มน้ำปากพนัง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการใช้น้ำของการผลิตในโรงงานของผลิตภัณฑ์ ชนิด claw ต่อหน่วย



รูปภาคผนวกที่ ค-19 ปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์ชนิด claw

(รูปภาคผนวกที่ ค-19) พบว่า ปริมาณความต้องการน้ำใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จากข้อมูลการผลิต ในปี 2554-2558 เพิ่มขึ้นถึง 81.45 % ดังนั้นผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำจึงถูกนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์

ภาคผนวก ง

การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์ 5 กลุ่ม /การคำนวณขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Normalization)/ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตารางภาคผนวกที่ ง-1 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด

Impact			**Climate Change**		**Acidification**	
Crab fishing			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**kg CO_2eq/unit**	**kg CO_2eq**	**mol H^+_{eq} /unit**	**mol H^+_{eq}**
น้ำ	m^3	0.0009	0.7043	6.34E-04	5.13E-05	4.62E-08
ไฟฟ้า	kWh	0.6178	0.6093	3.76E-01	0.0807	4.98E-02
แอลพีจีสกัด	kg	0.0446	0.4122	1.84E-02	0.4621	2.06E-02
แอลพีจีเผาไหม้ (1)	kg (MJ)	0.0958 (1.1279)	3.1133	2.98E-01	(5.03E-03)	(5.67E-03)
น้ำแข็ง	kg	0.5876	0.0664	3.90E-02	0.0094	5.52E-03
ดีเซล (สกัด)	L	0.0931	0.3282	3.05E-02	0.1123	1.04E-02
ดีเซล (เผาไหม้) (1)	kg (MJ)	0.0931 (1.8178)	2.7446	2.55E-01	(0.04855)	(0.0882)
น้ำยาล้างภาชนะ	kg	0.0023	1.6431	3.78E-03	0.0400	9.20E-05
NaOCl 10%	kg	0.0015	0.3249	4.87E-04	0.3301	4.95E-04
ผลิตภัณฑ์						
เนื้อปู	กระป๋อง	1				
ของเสีย						
น้ำเสีย	L	0.0015	0.0012	1.80E-06	-	-
ผลรวม				**1.02E+00**		**1.81E-01**

ตารางภาคผนวกที่ ง-1 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

Impact			**Climate Change**		**Acidification**	
Manufacturing Process			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**kg CO_2eq/unit**	**kg CO_2eq**	**mol H^+_{eq} /unit**	**mol H^+_{eq}**
Manufacturing Process						
ไฟฟ้า	kWh	0.7593	0.6093	4.63E-01	8.07E-02	1.13E-01
น้ำเติมคลอรีน	m^3	0.0095	0.0364	3.46E-04	5.14E-05	4.88E-07
น้ำ RO	m^3	0.0064	1.3664	8.74E-03	5.14E-05	3.28E-07
น้ำพาสเจอร์ไรซ์	m^3	0.0027	0.7043	1.90E-03	5.14E-05	1.38E-07
น้ำมันเตา (สกัด)	kg	0.0947	0.3057	2.89E-02	1.95E-01	1.84E-02
น้ำมันเตา (เผาไหม้)[(1)]	L (MJ)	0.0609 (1.0465)	3.0883	1.88E-01	(5.11E-02)	(5.35E-02)
ไอน้ำ	kg	0.9810	0.2737	0.2685	2.15E-02	2.11E-02
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	kg	0.4005	0.1195	4.78E-02	1.71E-02	6.85E-03
น้ำแข็ง (ซื้อ)	kg	0.2669	0.0664	1.77E-02	9.54E-03	2.54E-03
Chemicals						
NaOCl 10%	kg	2.41E-03	0.3249	7.83E-04	3.30E-01	7.95E-04
น้ำยาล้างภาชนะ	kg	3.43E-03	1.6431	5.63E-03	4.00E-02	1.37E-04
น้ำหมึก	kg	2.20E-03	1.633	3.59E-03	5.86E-01	1.29E-03

ตารางภาคผนวกที่ ง-1 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

Impact			**Climate Change**		**Acidification**	
Manufacturing Process			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**kg CO_2eq/unit**	**kg CO_2eq**	**mol H^+_{eq} /unit**	**mol H^+_{eq}**
น้ำยาล้างหมึก	kg	8.80E-03	1.7800	1.56E-02	9.83E-01	8.65E-03
น้ำยาผสม	kg	2.86E-02	1.7800	5.09E-02	9.83E-01	2.81E-02
NH_3	kg	2.97E-03	0.3000	8.91E-04	8.86E-01	2.63E-03
กระป๋อง	m^2	3.48E-02	4.1044	1.42E-01	1.05E+00	3.65E-02
ฝา	m^2	1.03E-02	4.1044	4.23E-02	1.05E+00	1.08E-02
ถุงมือ	kg	2.01E-03	1.1908	2.39E-03	7.13E-01	1.43E-03
กล่อง	kg	1.34E-02	0.826	1.11E-02	4.61E+00	6.17E-02
แผ่นรอง	kg	8.98E-03	1.1614	1.04E-02	5.05E-01	4.53E-03
Waste						
น้ำเสีย	m^3	1.90E-02	0.0015	2.85E-02	-	-
รวม				**1.34E+00**		**3.72E-01**

หมายเหตุ (1) คือ การแปลงหน่วยจากกิโลกรัม (kg) เป็นเมกะจูล (MJ) โดยแสดง[(2)]ตัวอย่างการคำนวณความร้อนจากพลังงาน

ตารางภาคผนวกที่ ง-2 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

Impact			**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
Crab fishing			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**($kgSb_{eq}$/unit)**	**($kgSb_{eq}$)**	**(kg $U235_{eq}$/unit)**	**(kg $U235_{eq}$)**
น้ำ	m^3	0.0009	2.27E-06	2.04E-09	7.88E-05	7.09E-08
ไฟฟ้า	kWh	0.6178	3.46E-03	2.14E-03	7.08E-03	4.37E-03
แอลพีจีสกัด	kg	0.0446	2.11E-02	9.42E-04	8.36E	3.73E-03
แอลพีจีเผาไหม้[(1)]	MJ	1.1279	6.52E-02	7.35E-02	(2.06E-03)	(2.32E-03)
น้ำแข็ง (ซื้อ)	kg	0.5876	4.05E-04	2.38E-04	9.10E-04	5.34E-04
ดีเซล (สกัด)	kg	0.0931	2.26E-02	2.10E-03	2.13E-02	1.98E-02
ดีเซล (เผาไหม้)[(1)]	MJ	1.8178	6.55E-04	1.19E-03	(5.54E-03)	(9.89E-03)
น้ำยาล้างภาชนะ	kg	0.0023	2.75E-02	6.34E-05	9.46E-02	2.17E-04
NaOCl 10%	kg	0.0015	6.50E-03	9.75E-06	1.96E-01	2.93E-04
ผลิตภัณฑ์						
เนื้อปู	กระป๋อง	1				
ของเสีย						
น้ำเสีย	kg COD	2.21×10^{-4}	-	-	-	-
ผลรวม				**8.02E-02**		**4.12 E-02**

ตารางภาคผนวกที่ ง-2 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

Impact			**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
Manufacturing Process			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**($kgSb_{eq}$/unit)**	**($kgSb_{eq}$)**	**(kg $U235_{eq}$/unit)**	**(kg $U235_{eq}$)**
Manufacturing Process						
ไฟฟ้า	kWh	0.7593	3.46E-03	2.63E-03	7.08E-03	5.37E-03
น้ำเติมคลอรีน	m^3	0.0095	2.27E-06	2.15E-08	7.88E-05	7.48E-07
น้ำ RO	m^3	0.0064	2.27E-06	1.45E-08	7.88E-05	5.04E-07
น้ำพาสเจอร์ไรซ์	m^3	0.0027	2.27E-06	6.13E-03	7.88E-05	2.12E-07
น้ำมันเตา (สกัด)	kg	0.0947	2.18E-02	2.06E-03	2.13E-01	2.02E-02
น้ำมันเตา (เผาไหม้)[(1)]	MJ	1.0465	6.17E-02	6.45E-02	5.54E-03	5.79E-03
ไอน้ำ	kg	0.9810	1.66E-03	1.63E-03	1.41E-02	1.38E-02
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	kg	0.4005	7.33E-04	2.93E-04	1.50E-03	6.01E-04
น้ำแข็ง (ซื้อ)	kg	0.2669	4.05E-04	1.08E-04	9.10E-04	2.43E-04
Chemical						
NaOCl 10%	kg	2.41E-03	6.50E-03	1.56E-05	1.96E-01	4.72E-04
น้ำยาล้างภาชนะ	kg	3.43E-03	2.75E-02	9.43E-05	9.46E-02	3.24E-05
น้ำหมึก	kg	2.20E-03	6.56E-02	1.44E-05	2.63E-04	5.78E-07

ตารางภาคผนวกที่ ง-2 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

Impact			**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
Manufacturing Process			**EF**	**ผลคูณ**	**EF**	**ผลคูณ**
List	**Unit**	**Volume/กระป๋อง**	**($kgSb_{eq}$/unit)**	**($kgSb_{eq}$)**	**(kg $U235_{eq}$/unit)**	**(kg $U235_{eq}$)**
น้ำยาล้างหมึก	kg	8.80E-03	5.04E-02	4.43E-04	2.69E-01	2.36E-03
น้ำยาผสม	kg	2.86E-02	5.04E-02	1.44E-03	2.69E-01	7.69E-03
NH_3	kg	2.97E-03	2.28E-02	6.77E-05	2.54E-01	7.54E-04
กระป๋อง	m^2	3.48E-02	2.85E-02	9.92E-04	1.642	5.71E-02
ฝา	m^2	1.03E-02	2.85E-02	2.93E-04	1.642	1.69E-02
ถุงมือ	kg	2.01E-03	4.52E-02	9.08E-05	2.00E-02	4.02E-05
กล่อง	kg	1.34E-02	7.31-E-03	9.79E-05	1.42E-01	1.90E-03
แผ่นรอง	kg	8.98E-03	1.21E-02	1.08E-05	3.89E-01	3.49E-03
Waste						
น้ำเสีย	m^3	1.90E-02	-	-	-	-
ผลรวม				**8.10E-02**		**1.37E-01**

หมายเหตุ (1) คือ การแปลงหน่วยจากกิโลกรัม (kg) เป็นเมกะจูล (MJ) โดยแสดง[(2)]ตัวอย่างการคำนวณความร้อนจากพลังงาน

ตารางภาคผนวกที่ ง-3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด

Impact					**Climate Change**		**Acidification**	
การขนส่งปู/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/ FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF (kg CO_2eq/ton-km)**	**ผลคูณ (kg CO_2eq)**	**EF (mol H^+_{eq} /ton-km)**	**ผลคูณ (mol H^+_{eq})**
ท่าเรือไปยังแพปู (ปูตัว)	0.5799	17.5	0.0101	1,100	0.1399	8.11E-02	0.1191	1.20E-03
รถเที่ยวเปล่า					0.3105	1.80E-01		
แพปูมายังโรงงาน (เนื้อปู)	0.5799	393	0.2279	1,250	0.1240	7.19E-02	0.0303	6.91E-03
รถเที่ยวเปล่า					0.4246	2.46E-01		
น้ำมันเตา	0.0947	172	0.0163	11,245.20	0.0536	8.64E-04	0.1191	1.94E-03
รถเที่ยวเปล่า					0.5863	1.71E-03		
น้ำแข็ง	0.4929	10	4.93×10^{-3}	4,125.15	0.1240	6.11E-04	0.1191	5.80E-04
รถเที่ยวเปล่า					0.4246	5.07E-04		
การขนส่งบรรจุภัณฑ์								
กระป๋องเหล็ก	0.0643	783	0.0503	2,899.1	0.1240	6.24×10^{-3}	0.05784	2.91E-03
รถเที่ยวเปล่า					0.4246	7.37×10^{-3}		
ฝากระป๋องเหล็ก	0.0189	783	0.0148		0.1240	1.83×10^{-5}	0.05784	8.50E-04

ตารางภาคผนวกที่ ง-3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

Impact					**Climate Change**		**Acidification**	
การขนส่งปูน/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF (kg CO_2eq/ton-km)**	**ผลคูณ (kg CO_2eq)**	**EF (mol H^+_{eq} /ton-km)**	**ผลคูณ (mol H^+_{eq})**
รถเที่ยวเปล่า	0.0189	783	0.0148	2,899.1	0.4246	2.16×10^{-3}		
กล่องกระดาษ					0.1399	2.70E-03	0.1191	2.29E-03
รถเที่ยวเปล่า				1,188	0.3105	9.51E-04		
แผ่นรองกล่อง					0.1399	4.62E-04	0.1191	3.90E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0166	197	0.0033		0.3105	6.39E-04		
สก็อตเทป					0.0529	1.06E-05	0.1191	2.00E-05
รถเที่ยวเปล่า	2.96×10^{-4}	858	0.0002	1,243	0.5851	1.19E-04		
ถุงมือ	3.71×10^{-3}	834	0.0031		0.0529	1.64E-04	0.1191	3.70E-04
รถเที่ยวเปล่า					0.5851	1.45E-04		
การขนส่งสารเคมี								
NaOCl 10%	4.44×10^{-3}	171	0.00076		0.0674	5.12E-05	0.05784	4.00E-05
รถเที่ยวเปล่า					0.4246	4.67E-04		
$Ca(OCl)_2$ 65%				690	0.0674	3.37E-06	0.05784	3.00E-06
รถเที่ยวเปล่า	3.05×10^{-4}	171	0.00005		0.4246	3.21E-05		

ตารางภาคผนวกที่ ง-3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

Impact					**Climate Change**		**Acidification**	
การขนส่งปูน/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF (kg CO_2eq/ton-km)**	**ผลคูณ (kg CO_2eq)**	**EF (mol H^+_{eq} /ton-km)**	**ผลคูณ (mol H^+_{eq})**
น้ำยาล้างภาชนะ					0.0674	7.28E-05	0.0578	6.00E-05
รถเที่ยวเปล่า	6.34×10^{-3}	171	0.00108	**690**	0.4246	6.67E-04		
สบู่เหลวล้างมือ					0.0674	1.01E-05	0.0578	8.00E-06
รถเที่ยวเปล่า	9.14×10^{-4}	171	0.00015		0.4246	9.62E-05		
Cookertreat 100					0.0529	3.75E-05	0.05784	4.00E-05
รถเที่ยวเปล่า	8.54×10^{-4}	831	0.00071	720	0.5851	5.76E-04		
แอลกอฮอล์					0.0674	4.07E-09	0.05784	3.49E-09
รถเที่ยวเปล่า	3.53×10^{-7}	171	6.04×10^{-8}	690	0.4246	3.71E-08		
น้ำหมึก					0.0529	1.81E-07	0.1191	4.08E-08
รถเที่ยวเปล่า	4.18×10^{-6}	822	3.43×10^{-6}		0.5851	2.79E-06		
น้ำยาล้างหมึก					0.0529	5.66E-07	0.1191	1.27E-06
รถเที่ยวเปล่า	1.30×10^{-5}	822	1.07×10^{-5}	720	0.5851	8.68E-06		
น้ำยาผสม					0.0529	2.29E-03	0.1191	5.17E-03
รถเที่ยวเปล่า	0.0528	822	0.0434		0.5851	3.53E-02		

ตารางภาคผนวกที่ ง-3 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

Impact					**Climate Change**		**Acidification**	
การขนส่งปูน/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF (kg CO_2eq/ton-km)**	**ผลคูณ (kg CO_2eq)**	**EF (mol H^+_{eq} /ton-km)**	**ผลคูณ (mol H^+_{eq})**
NH_3					0.0529	2.42E-04	0.1191	5.44E-04
รถเที่ยวเปล่า	5.48×10^{-3}	835	0.00457	720	0.5851	3.72E-03		
SAPP					0.0529	8.04E-05	0.1191	1.81E-04
รถเที่ยวเปล่า	1.86×10^{-3}	818	0.00152		0.5851	1.24E-03		
กากปูน (แพปูน)					0.0835	2.23E-03	0.3616	9.60E-03
รถเที่ยวเปล่า	1.3334	20	0.02666	4,054	0.4892	3.22E-03		
กากปูน (โรงงาน)					0.0835	1.25E-05	0.3616	5.00E-05
รถเที่ยวเปล่า	0.0148	10	0.00015	650	0.4892	1.11E-04		
รวม						**2.16E-01**		**2.66E-02**

หมายเหตุ การวิ่งรถเที่ยวเปล่าของผลกระทบด้าน Acidification ไม่ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากมีข้อจำกัดของค่า Emission factors ที่จะนำมาใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง-4 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

Impact					**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
การขนส่งปู/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF ($kgSb_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ ($kgSb_{eq}$)**	**EF (kg $U235_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ (kg $U235_{eq}$)**
ท่าเรือไปยังแพปู (ปูตัว)					0.0035091	3.54E-05	0.039038	3.94E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.5799	17.5	0.0101	1,100				
แพปูมายังโรงงาน (เนื้อปู)					0.0035091	7.99E-05	0.039038	8.89E-03
รถเที่ยวเปล่า	0.5799	393	0.2279	1,250				
น้ำมันเตา					0.0035091	5.71E-05	0.039038	6.36E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0947	172	0.0163	11,245.20				
น้ำแข็ง					0.0035091	1.73E-05	0.039038	1.92E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.4929	10	4.93×10^{-3}	4,125.15				
การขนส่งบรรจุภัณฑ์								
กระป๋องเหล็ก					0.0016577	8.34E-05	0.018461	9.28E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0643	783	0.0503					
ฝากระป๋องเหล็ก				2,899.1	0.0016577	2.45E-05	0.018461	2.73E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0189	783	0.0148					

ตารางภาคผนวกที่ ง-4 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

Impact					**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
การขนส่งปู/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF ($kgSb_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ ($kgSb_{eq}$)**	**EF (kg $U235_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ (kg $U235_{eq}$)**
กล่องกระดาษ					0.0035091	6.77E-05	0.039038	7.53E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0247	197	0.0193	1,188				
แผ่นรองกล่อง					0.0035091	1.16E-05	0.039038	1.29E-04
รถเที่ยวเปล่า	0.0166	197	0.0033					
สก็อตเทป					0.0035091	7.01E-07	0.039038	7.80E-06
รถเที่ยวเปล่า	2.96×10^{-4}	858	0.0002	1,243				
ถุงมือ					0.0035091	1.08E-05	0.039038	1.21E-04
รถเที่ยวเปล่า	3.71×10^{-3}	834	0.0031					
การขนส่งสารเคมี								
NaOCl 10%					0.0035091	2.66E-06	0.039038	2.96E-05
รถเที่ยวเปล่า	4.44×10^{-3}	171	0.00076	690				
$Ca(OCl)_2$ 65%					0.0035091	1.75E-07	0.039038	1.95E-06
รถเที่ยวเปล่า	3.05×10^{-4}	171	0.00005					

ตารางภาคผนวกที่ ง-4 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

Impact					**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
การขนส่งปูน/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF ($kgSb_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ ($kgSb_{eq}$)**	**EF (kg $U235_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ (kg $U235_{eq}$)**
น้ำยาล้างภาชนะ					0.0035091	3.79E-06	0.039038	4.21E-05
รถเที่ยวเปล่า	6.34×10^{-3}	171	0.00108	690				
สบู่เหลวล้างมือ					0.0035091	5.26E-07	0.039038	5.85E-06
รถเที่ยวเปล่า	9.14×10^{-4}	171	0.00015	690				
Cookertreat 100					0.0035091	2.49E-06	0.039038	2.77E-05
รถเที่ยวเปล่า	8.54×10^{-4}	831	0.00071	720				
แอลกอฮอล์					0.0035091	2.12E-10	0.039038	2.36E-09
รถเที่ยวเปล่า	3.53×10^{-7}	171	6.04×10^{-8}	690				
น้ำหมึก					0.0035091	1.20E-08	0.039038	1.34E-07
รถเที่ยวเปล่า	4.18×10^{-6}	822	3.43×10^{-6}					
น้ำยาล้างหมึก				720	0.0035091	3.75E-08	0.039038	4.17E-07
รถเที่ยวเปล่า	1.30×10^{-5}	822	1.07×10^{-5}					

ตารางภาคผนวกที่ ง-4 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมการขนส่งด้านการลดลงของทรัพยากรและการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

Impact					**Resource depletion-mineral, fossil**		**Ionizing Radiation-human health effects**	
การขนส่งปูน/เชื้อเพลิง/ทรัพยากรการผลิต								
List	**Volume/FU**	**Distance (km)**	**Quantity (ton-km)**	**Loading (kg per trip)**	**EF ($kgSb_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ ($kgSb_{eq}$)**	**EF (kg $U235_{eq}$/ton-km)**	**ผลคูณ (kg $U235_{eq}$)**
น้ำยาผสม					0.0035091	1.52E-04	0.039038	1.69E-03
รถเที่ยวเปล่า	0.0528	822	0.0434	720				
NH_3					0.0035091	1.60E-05	0.039038	1.78E-04
รถเที่ยวเปล่า	5.48×10^{-3}	835	0.00457					
SAPP					0.0035091	5.33E-06	0.039038	5.93E-05
รถเที่ยวเปล่า	1.86×10^{-3}	818	0.00152	720				
กากปูน (แพปูน)					0.0078626	2.09E-04	0.067566	1.80E-03
รถเที่ยวเปล่า	1.3334	20	0.02666	4,054				
กากปูน (โรงงาน)					0.0078626	1.18E-06	0.067566	1.01E-05
รถเที่ยวเปล่า	0.0148	10	0.00015	650				
รวม						**1.50E-03**		**1.62E-02**

หมายเหตุ การวิ่งรถเที่ยวเปล่าของผลกระทบด้าน Resource depletion-mineral, fossil and Ionizing Radiation-human health effects ไม่ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากมีข้อจำกัดของค่า Emission factors ที่จะนำมาใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง-5 การคำนวณผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรน้ำ

การผลิต	รายการ		หน่วย	Volume/กระป๋อง	WSF (m^3 H_2O_{eq})
แพปู	สารขาเข้า	น้ำประปา	m^3	0.0009	1.35E-05
	สารขาออก	น้ำเสีย	m^3	0.0015	-
		ผลิตภัณฑ์	1 กระป๋อง		
โรงงาน	สารขาเข้า	น้ำคลอรีน	m^3	0.0095	1.42E-04
		น้ำ RO	m^3	0.0064	9.60E-05
		น้ำพาสเจอร์ไรซ์	m^3	0.0052	7.80E-05
		น้ำผลิตผลิตน้ำแข็ง	m^3	0.0004	6.01E-06
	สารขาออก	น้ำเสีย	m^3	0.0190	-
		ผลิตภัณฑ์	1 กระป๋อง		
รวม					3.36E-04

หมายเหตุ

การศึกษาครั้งนี้พิจารณาน้ำใช้ทางตรงเท่านั้น คือ น้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตตั้งแต่จับปูและกระบวนการผลิตในโรงงาน

-ไม่นำน้ำเสียมาพิจารณาผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากรน้ำ เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล

WSF = water scarcity footprint based on 14046

local characteristic factor (EF) = 0.015 (Nilsalab et al., 2016)

จากสูตรคำนวณ $$\boldsymbol{WSF = \sum_{i=1}^{n} WSIi \times Vi}$$

WSI (water stress Index) คือ ความเครียดของน้ำ ซึ่งเป็น local characteristic factor ของพื้นที่นั้นๆ โดยในการศึกษานี้ใช้ WSI ของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยปากพนังตอนล่างและลุ่มน้ำท่าตะเภาเป็นค่าตัวแทนของพื้นที่ศึกษาวิจัย

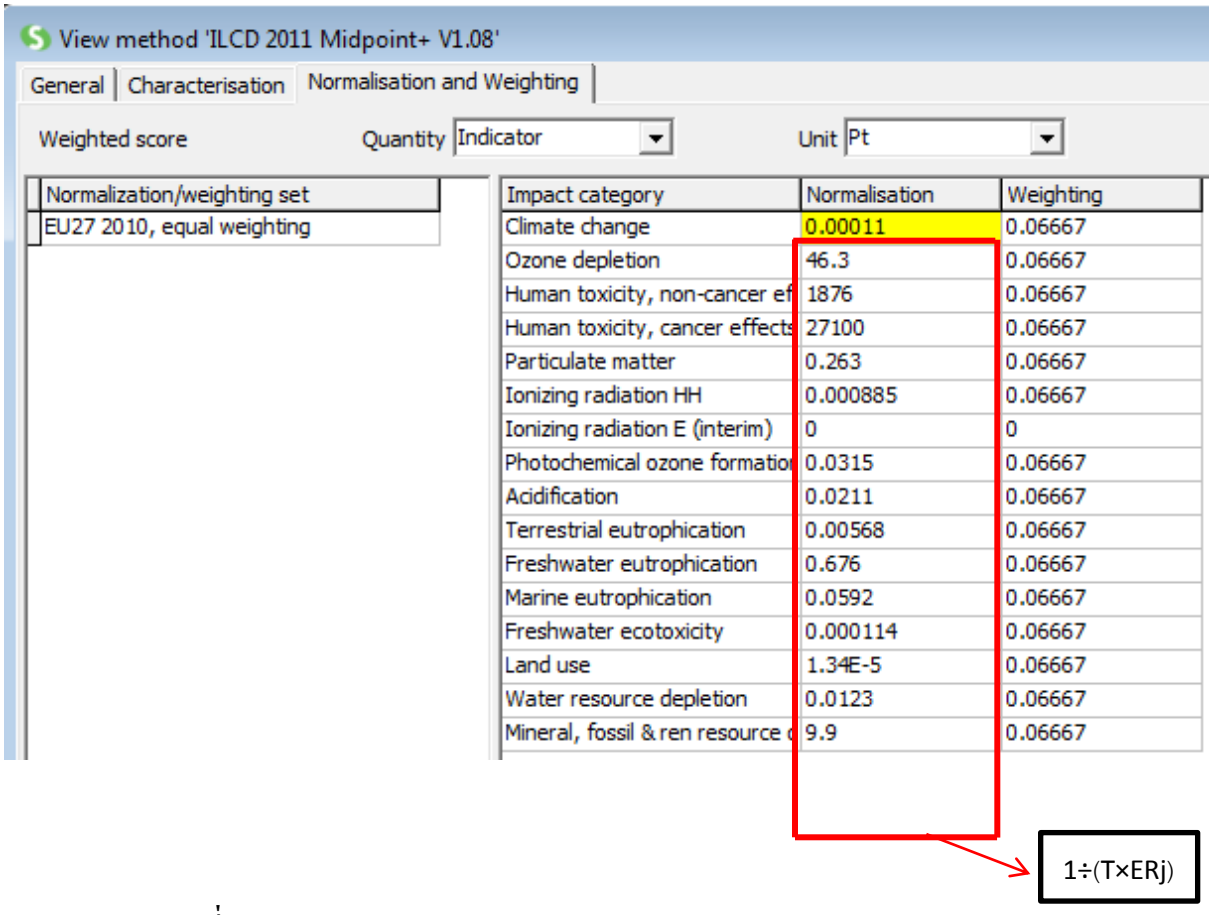
Vi คือ ปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยเวลา (m^3) ของพื้นที่นั้นๆ

i คือพื้นที่ศึกษา เช่น ลุ่มน้ำ ภูมิภาค เป็นต้น (Bai et al., 2017)

หมายเหตุ ผู้วิจัยไม่ได้พิจารณา Indirect water scarcity footprint และ water degradation footprint (WDF) เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล

การหาขนาดของผลกระทบ (Normalizations)

การหาขนาดของผลกระทบ (Normalizations) คือ การแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์เทียบกับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ต้องอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)



รูปภาคผนวกที่ ง-1 ค่า Normalisation ของวิธี ILCD 2011 (ILCD midpoint V1.08, 2011)

จากสูตรคำนวณ $NPj(product) = EPj \div (T \times ERj)$

โดย NPj (product) = Normalized Environmental Impact Potentials (Person for Target Year) คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์

T = Lifetime of Product (Year) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

ERj = Normalization Reference (kg Substance Equivalent/ person/year) คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี

EP_j = Environmental Impact Potentials (kg Substance Equivalent) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบ j ใดๆ (เช่น climate change = 5 $kgCO_{2e}$ เป็นต้น)

ตารางภาคผนวกที่ ง-6 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) ทั้ง 14 ประเภท ตามวิธี ILCD 2011 midpoint V 1.08

Impact Categories	$\frac{1}{(T \times ER_j)}$	Unit (ER_j)	EP	Unit (EP_j)	NP_j (Pt)
	(1)		(2)		(2)× (1)
Climate Change	0.00011	kg CO_{2eq}/kg/person/year	2.57E+00	kg CO_{2eq}	2.83E-04
Ionizing Radiation-human health effects	0.000885	kg $U235_{eq}$ /kg/person/year	1.94E-01	kg $U235_{eq}$	1.71E-04
Acidification	0.0211	mol of H^+_{eq}/kg/person/year	5.79E-01	mol of H^+_{eq}	1.22E-02
Resource Depletion-water	0.0123	m^3 $water_{eq}$ /kg/person/year	3.36E-04	m^3 $water_{eq}$	4.13E-06
Resource Depletion-mineral fossil	9.9	kg Sb_{eq} kg/person/year	1.62E-01	kg Sb_{eq}	1.60E+00

หมายเหตุ หน่วยหลังจากการ Normalization จะเป็นหน่วยเดียวกันหมดคือ Person for Target Year (Pt)

(1) คือ ค่า Normalization reference ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้าน (ILCD midpoint V1.08, 2011)

แหล่งที่มาของค่าศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (The source of emission factors)

ตารางภาคผนวกที่ ง-7 ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	0.7043	Thai national database	2015
Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	kWh	0.6093	Thai national database	2015
Liquefied Petroleum Gas (สกัด)	kg	0.4122	Thai national database	2015
Liquefied Petroleum Gas (เผาไหม้)	kg	3.1133	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	2013
Diesel (สกัด)	kg	0.3282	Thai national database	2015
Diesel (เผาไหม้)	kg	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	2013
น้ำยาล้างภาชนะ (alkylbenzene sulfonate)	kg	1.6431	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
NaOCl 10 %	kg	0.3249	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
Heavy Fuel oil (สกัด)	kg	0.3057	Thai national database	2015
Heavy Fuel oil (เผาไหม้)	L	3.0883	IPCC Vol.2 table 2.2	2013
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	kg	0.1195	สถาบันอาหาร	2012
น้ำแข็ง (ซื้อ)	kg	0.0664	สถาบันอาหาร	2012
น้ำคลอรีน	m^3	0.0364	สถาบันอาหาร	2012
น้ำพาสเจอร์ไรซ์ (น้ำประปา)	m^3	0.7043	Thai national database	2015
ไอน้ำ	kg	0.2737	สถาบันอาหาร	2012
น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี Reverse Osmosis	m^3	1.3664	Thai national database	2015
น้ำหมึก (Xylene)	kg	1.633	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	2012
น้ำยาล้างหมึก (methyl isobutyl ketone)	kg	1.7800	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016

ตารางภาคผนวกที่ ง-7 ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ต่อ)

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
น้ำยาผสม (methyl isobutyl ketone)	kg	1.7800	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
NH_3	kg	0.3000	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
กระป๋องเหล็ก	m^2	4.1044	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
ฝากระป๋อง	m^2	4.1044	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
ถุงมือ(acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)	kg	1.1908	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
กล่อง (Corrugated board box)	kg	0.8260	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
แผ่นรอง (Kraft paper)	kg	1.1614	Ecoinvent 3.3, IPCC 2007 GWP 100a	2016
น้ำเสีย	L	0.0012	สถาบันอาหาร	2012

ตารางภาคผนวกที่ ง-8 ที่มาค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (mol H^+_{eq}/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
น้ำประปา (tap water)	m^3	5.14E-05	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	kWh	8.07E-02	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
LPG (propane) (สกัด)	kg	4.62E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
LPG (Natural Gas) (เผาไหม้)	MJ	5.03E-03	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016

ตารางภาคผนวกที่ ง-8 ที่มาค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (ต่อ)

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (mol H^+_{eq} /unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
Diesel (สกัด)	kg	1.12E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
Diesel (เผาไหม้)	MJ	4.85E-02	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำยาล้างภาชนะ (alkylbenzene sulfonate)	kg	4.00E-02	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
NaOCl 10 %	kg	3.30E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
Heavy Fuel oil (สกัด)	kg	1.95E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
Heavy Fuel oil (เผาไหม้)	MJ	5.11E-02	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำแข็ง (ผลิตเอง) [a]	kg	1.71E-02	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำแข็ง (ซื้อ) [a]	kg	9.54E-03	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำคลอรีน (tap water) [b]	m^3	5.14E-05	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำพาสเจอร์ไรซ์ (tap water) [b]	m^3	5.14E-05	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
ไอน้ำ [c]	kg	2.15E-02	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี RO (tap water) [b]	m^3	5.14E-05	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำหมึก (Xylene)	kg	5.86E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำยาล้างหมึก (methyl isobutyl ketone)	kg	9.83E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำยาผสม (methyl isobutyl ketone)	kg	9.83E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
NH_3	kg	8.86E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
กระป๋องเหล็ก (aluminium sheet)	m^2	1.0492	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
ฝากระป๋อง (aluminium sheet)	m^2	1.0492	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
ถุงมือ(acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)	kg	7.13E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
กล่อง (Corrugated board box)	kg	4.6143	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
แผ่นรอง (Kraft paper)	kg	5.05E-01	Ecoinvent 3.3, TRACI	2016
น้ำเสีย [d]	L	-	-	-

หมายเหตุ (a) คือ การคำนวณค่า Emission factors น้ำแข็ง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(b) น้ำเติมคลอรีน น้ำ RO และน้ำพาสเจอร์ไรซ์ ใช้ Emission factor น้ำประปาเป็นตัวแทน

(c) คือ การคำนวณค่า Emission factors ไอน้ำ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(d) ไม่ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล Emission factor

(a) การคำนวณ Emission factors น้ำแข็งของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

ตารางภาคผนวกที่ ง-9 Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

	รายการ	**หน่วย**	**FU (unit/kg_{ice})**	**EF (mol H^+_{eq}/unit)**	**Impact (mol H^+_{eq}/kg_{ice})**
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	สารขาเข้า				
	น้ำกรอง	m^3	0.0014	5.14E-05	7.19E-08
	ไฟฟ้า	kWh	0.2118	8.07E-02	1.71E-02
	สารขาออก				
	น้ำทิ้ง	L	0.3673	-	-
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					1.71E-02

หมายเหตุ ค่า EF น้ำกรองใช้น้ำประปา (tap water) แทนและน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำเสียไม่นำมาพิจารณา

(a) ตารางภาคผนวกที่ ง-10 Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

	รายการ	**หน่วย**	**FU (unit/kg_{ice})**	**EF (mol H^+_{eq}/unit)**	**Impact (mol H^+_{eq}/kg_{ice})**
น้ำแข็ง (โรงน้ำแข็ง)	สารขาเข้า				
	เกลือ	m^3	0.0040	4.15E-02	1.66E-04
	ไฟฟ้า	kWh	0.1163	8.07E-02	9.38E-03
	สารขาออก				
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					9.54E-03

หมายเหตุ เกลือ = NaCl ซึ่งมีค่า Emission factor เท่ากับ 4.15E-02 mol H^+_{eq}/kg

(c) ตารางภาคผนวกที่ ง-11 Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

	รายการ	**หน่วย**	**FU (unit/kg_{ice})**	**EF (mol H^+_{eq}/unit)**	**Impact (mol H^+_{eq}/kg_{ice})**
ไอน้ำ	สารขาเข้า				
	น้ำประปา	m^3	5.93E-04	5.14E-05	3.05E-08
	ไฟฟ้า	kWh	7.74E-02	8.07E-02	6.24E-03
	น้ำมันเตา (สกัด)	kg	6.21E-02	1.95E-01	1.21E-02
	น้ำมันเตา (เผาไหม้)	MJ	6.21E-02	5.11E-02	3.17E-03
	สารขาออก				
	ไอน้ำ	kg	1.00		
Emission factor ไอน้ำ					2.15E-02

ตารางภาคผนวกที่ ง-12 ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร

ชื่อ	**หน่วย**	**ค่าแฟคเตอร์ ($kgSb_{2eq}$/unit)**	**แหล่งข้อมูลอ้างอิง**	**อัพเดท**
น้ำประปา (tap water)	m^3	2.27E-06	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	kWh	3.46E-03	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
LPG (propane) (สกัด)	kg	2.11E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
LPG (Natural Gas) (เผาไหม้)	kg	6.52E-04	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016

ตารางภาคผนวกที่ ง-12 ที่มาค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร (ต่อ)

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgSb_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
Diesel (สกัด)	kg	2.26E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
Diesel (เผาไหม้)	MJ	6.55E-04	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำยาล้างภาชนะ (alkylbenzene sulfonate)	kg	2.75E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
NaOCl 10 %	kg	6.50E-03	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
Heavy Fuel oil (สกัด)	kg	2.18E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
Heavy Fuel oil (เผาไหม้)	MJ	6.17E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)[e]	kg	7.33E-04	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำแข็ง (ซื้อ)[e]	kg	4.05E-04	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำคลอรีน (tap water) [f]	m^3	2.27E-06	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำพาสเจอร์ไรซ์ (tap water) [f]	m^3	2.27E-06	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
ไอน้ำ [g]	kg	1.66E-03	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี RO (tap water) [f]	kg	2.27E-06	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำหมึก (Xylene)	kg	6.56E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำยาล้างหมึก (methyl isobutyl ketone)	kg	5.04E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
น้ำยาผสม (methyl isobutyl ketone)	kg	5.04E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
NH_3	kg	2.28E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
กระป๋องเหล็ก (aluminium sheet)	m^2	2.85E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
ฝากระป๋อง (aluminium sheet)	m^2	2.85E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
ถุงมือ(acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)	kg	4.52E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
กล่อง (Corrugated board box)	kg	7.31-E-03	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016
แผ่นรอง (Kraft paper)	kg	1.21E-02	Ecoinvent 3.3, CML 2001	2016

ตารางภาคผนวกที่ ง-12 ที่มาค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร (ต่อ)

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgSb_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
น้ำเสีย [h]	L	-	-	-

หมายเหตุ (e) คือ การคำนวณค่า Emission factors โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(f) น้ำเติมคลอรีน น้ำ RO และน้ำพาสเจอร์ไรซ์ ใช้ Emission factor ของน้ำประปาเป็นตัวแทน

(g) คือ การคำนวณค่า Emission factors ไอน้ำ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(h) ไม่ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล Emission factor

(e)การคำนวณ Emission factors น้ำแข็งของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

ตารางภาคผนวกที่ ง-13 Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร

	รายการ	หน่วย	FU (unit/kg_{ice})	EF ($kgSb_{eq}$/unit)	Impact ($kgSb_{eq}$ /kg_{ice})
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	สารขาเข้า				
	น้ำกรอง	m^3	0.0014	2.27E-06	3.18E-09
	ไฟฟ้า	kWh	0.2118	3.46E-03	7.33E-04
	สารขาออก				
	น้ำทิ้ง	L	0.3673	-	-
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					7.33E-04

หมายเหตุ ค่า EF ของน้ำกรองใช้น้ำประปา (tap water) แทน และน้ำทิ้งจากการผลิตนำเสียไม่นำมาพิจารณา

(e) ตารางภาคผนวกที่ ง-14 Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร

	รายการ	**หน่วย**	**FU (unit/kg_{ice})**	**EF ($kgSb_{eq}$ /unit)**	**Impact ($kgSb_{eq}$ /kg_{ice})**
น้ำแข็ง (โรงน้ำแข็ง)	สารขาเข้า				
	เกลือ	m^3	0.0040	7.60E-04	3.04E-06
	ไฟฟ้า	kWh	0.1163	3.46E-03	4.02E-04
	สารขาออก				
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					4.05E-04

หมายเหตุ เกลือ = NaCl ซึ่งมีค่า Emission factor เท่ากับ 7.60E-04 $kgSb_{eq}$/kg

(g) ตารางภาคผนวกที่ ง-15 Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากร

	รายการ	**หน่วย**	**FU (unit/kg_{ice})**	**EF ($kgSb_{eq}$ /unit)**	**Impact ($kgSb_{eq}$ /kg_{ice})**
ไอน้ำ	สารขาเข้า				
	น้ำประปา	m^3	5.93E-04	2.27E-06	1.34E-09
	ไฟฟ้า	kWh	7.74E-02	3.46E-03	2.67E-04
	น้ำมันเตา (สกัด)	Kg	6.21E-02	2.18E-02	1.35E-03
	น้ำมันเตา (เผาไหม้)	MJ	6.21E-02	6.17E-04	3.83E-05
	สารขาออก				
	ไอน้ำ	Kg	1.00		
Emission factor ไอน้ำ					1.66E-03

ตารางภาคผนวกที่ ง-16 ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg $U235_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
น้ำประปา (tap water)	m^3	7.88E-05	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	kWh	7.08E-03	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
LPG (propane) (สกัด)	kg	8.36E-02	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
LPG (Natural Gas) (เผาไหม้)	MJ	2.06E-03	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
Diesel (สกัด)	kg	2.13E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
Diesel (เผาไหม้)	MJ	5.54E-03	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำยาล้างภาชนะ (alkylbenzene sulfonate)	kg	9.46E-02	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
NaOCl 10 %	kg	1.96E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
Fuel oil (สกัด)	kg	2.12E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
Residual fuel oil (เผาไหม้)	MJ	4.91E-03	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำแข็ง (ผลิตเอง) [i]	kg	1.50E-03	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำแข็ง (ซื้อ)[i]	kg	9.10E-04	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำคลอรีน (tap water) [j]	m^3	7.88E-05	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำพาสเจอร์ไรซ์ (tap water) [j]	m^3	7.88E-05	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
ไอน้ำ [k]	kg	1.41E-02	คำนวณจากข้อมูลบริษัท	2015
น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี RO (tap water) [j]	m^3	7.88E-05	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำหมึก (Xylene)	kg	2.63E-04	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำยาล้างหมึก (methyl isobutyl ketone)	kg	2.69E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำยาผสม (methyl isobutyl ketone)	kg	2.69E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
NH_3	kg	2.54E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
กระป๋องเหล็ก (aluminium sheet)	m^2	1.642	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
ฝากระป๋อง (aluminium sheet)	m^2	1.642	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016

ตารางภาคผนวกที่ ง-16 ที่มาของค่าแฟคเตอร์ของสารแต่ละชนิดของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ (ต่อ)

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg $U235_{2eq}$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	อัพเดท
ถุงมือ(acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)	kg	2.00E-02	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
กล่อง (Corrugated board box)	kg	1.42E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
แผ่นรอง (Kraft paper)	kg	3.89E-01	Ecoinvent 3.3, ReCiPe	2016
น้ำเสีย (l)	L	-	-	-

หมายเหตุ (i) คือ การคำนวณค่า Emission factors โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(j) น้ำเติมคลอรีน น้ำ RO และน้ำพาสเจอร์ไรซ์ ใช้ Emission factor ของน้ำประปาเป็นตัวแทน

(k) คือ การคำนวณค่า Emission factors ไอน้ำ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีของบริษัท

(l) ไม่ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูล Emission factor

(i) การคำนวณ Emission factors น้ำแข็งของผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด

ตารางภาคผนวกที่ ง-17 Emission factors น้ำแข็งที่โรงงานผลิตเองของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

	รายการ	หน่วย	FU (unit/kg_{ice})	EF (kg $U235_{eq}$/unit)	Impact (kg $U235_{eq}$/kg_{ice})
น้ำแข็ง (ผลิตเอง)	สารขาเข้า				
	น้ำกรอง	m^3	0.0014	7.88E-05	1.10E-07
	ไฟฟ้า	kWh	0.2118	7.08E-03	1.50E-03
	สารขาออก				
	น้ำทิ้ง	L	0.3673	-	-
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					1.50E-03

หมายเหตุ ค่า EF ของน้ำกรองใช้น้ำประปา (tap water) แทน และน้ำทิ้งจากการผลิตนำเสียไม่นำมาพิจารณา

(i) ตารางภาคผนวกที่ ง-18 Emission factors น้ำแข็งของโรงน้ำแข็งของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

	รายการ	**หน่วย**	**FU** **(unit/kg_{ice})**	**EF** **(kg $U235_{eq}$/unit)**	**Impact** **(kg $U235_{eq}$/kg $_{ice}$)**
น้ำแข็ง (โรงน้ำแข็ง)	สารขาเข้า				
	เกลือ	m^3	0.0040	2.19E-02	8.76E-05
	ไฟฟ้า	kWh	0.1163	7.08E-03	8.23E-04
	สารขาออก				
	น้ำแข็ง	kg	1.0000		
Emission factor ของน้ำแข็ง					9.10E-04

หมายเหตุ เกลือ = NaCl ซึ่งมีค่า Emission factor เท่ากับ 2.19E-02 kg $U235_{eq}$/kg

(k) ตารางภาคผนวกที่ ง-19 Emission factors ไอน้ำของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตรังสีที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์

	รายการ	**หน่วย**	**FU** **(unit/kg_{ice})**	**EF** **(kg $U235_{eq}$/unit)**	**Impact** **(kg $U235_{eq}$/kg $_{ice}$)**
ไอน้ำ	สารขาเข้า				
	น้ำประปา	m^3	5.93E-04	7.88E-05	4.67E-08
	ไฟฟ้า	kWh	7.74E-02	7.08E-03	5.48E-04
	น้ำมันเตา (สกัด)	kg	6.21E-02	2.13E-01	1.32E-02
	น้ำมันเตา (เผาไหม้)	MJ	6.21E-02	5.54E-03	3.44E-04
	สารขาออก				
	ไอน้ำ	kg	1.00		
Emission factor ไอน้ำ					1.41E-02

(2)ตัวอย่างการคำนวณความร้อนจากพลังงาน

ดีเซลล์สำหรับการจับปู 30,913 kg/year (36,800 L/year) ดีเซลมีค่าความร้อน 36,414.76 kJ/L = 36.41 MJ/L (สราวุธ พลวงษ์ศรี, 2555) ความหนาแน่นน้ำมันดีเซล 840 kg/m^3

จากสูตร $E_f = F \times HHV \times e_{ff}$

โดย E_f = ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า (MJ/year)

F = ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง (L/year)

HHV = ค่าความร้อนสูง (higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้หน่วย (MJ/L)

e_{ff} = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าในที่นี้ใช้ค่า 0.45

จาก HHV of Diesel = 36.41 MJ/L ปริมาณการใช้ต่อปี (F) = 36,800 L/year

E_f= (36,800 L/year) × (36.41 MJ/L) × (0.45)

= 602,950 MJ/year

ดังนั้น ค่าพลังงานความร้อนการใช้น้ำมันดีเซลจากการจับปูต่อกระป๋อง เท่ากับ 1.8178 MJ/กระป๋อง หรือ 3.9008 MJ/kgเนื้อปู

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายเอกชัย ประทุมศรี

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5710920016

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2557

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัยประจำปี 2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

การเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ

เอกชัย ประทุมศรี, ชัยศรี สุขสาโรจน์, วาริท เจาะจิตต์ และ ชีรวิทย์ รัตนพันธ์. 2560. “การประเมินฟุตพรินต์สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปูกระป๋องพาสเจอร์ไรซ์”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 44, ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระหว่างวันที่ 19-20 ตุลาคม 2560.