การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

Enhancing Environmental Performance of Medical Glove Process by Life Cycle Assessment

ปาจรีย์ เอียดแก้ว

Pajaree Eardkeaw

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

การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

Enhancing Environmental Performance of Medical Glove Process by Life Cycle Assessment

ปาจรีย์ เอียดแก้ว

Pajaree Eardkeaw

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 การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

ผู้เขียน นางสาวปาจรีย์ เอียดแก้ว

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

……...
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุญญานิช อินทรพัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……...…
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์)

…….....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

คณะกรรมการสอบ

……..ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรมาศ สุทธินุ่น)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)

……...กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์)

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

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

……
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุญญานิช อินทรพัฒน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวปาจรีย์ เอียดแก้ว)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวปาจรีย์ เอียดแก้ว)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

ผู้เขียน นางสาวปาจรีย์ เอียดแก้ว

สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) มาเป็นเครื่องมือในการประเมินผลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ เพื่อศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างระบบย่อยของการผลิตกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปล่อยของเสีย โดยผลจากการศึกษานำไปสู่การหาทางเลือกในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นให้น้อยลง โดยกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional unit) คือ ถุงมือแพทย์ 1 กล่อง 100 ชิ้น กว้าง 85±5 มิลลิเมตร ยาว 230 มิลลิเมตร มีขอบเขตของการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์จนถึงการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งาน (Cradle to grave approach) โดยใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ในการเก็บรวมรวมข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิของแปลงปลูกยางพารา 2 แปลง โรงงานผลิตน้ำยางข้น 2 โรงงาน และโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ 2 โรงงาน แบ่งการพิจารณาทั้งวัฏจักรออกเป็น 4 ระบบ คือ ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ โดยมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งวัฏจักรชีวิตรวม 28 กิจกรรม โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษามี 5 ประเภท คือ การเกิดสภาวะโลกร้อน สภาวะหมอกพิษ สภาวะฝนกรด สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์

ผลการศึกษา พบว่า ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมมากที่สุดในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ โดยมีการปล่อยมลสารจากกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าที่ต้นทาง เพื่อนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการเดินระบบของชุดการผลิตถุงมือแพทย์ ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อน คิดเป็นสัดส่วน 96.24% สภาวะฝนกรด คิดเป็นสัดส่วน 91.49% สภาวะหมอกพิษ คิดเป็นสัดส่วน 84.22% และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ คิดเป็นสัดส่วน 89.51% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ นอกจากนี้ กิจกรรมการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการบำรุงรักษาต้นยางพาราของระบบการปลูกยางพารา ยังส่งผลกระทบด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ คิดเป็นสัดส่วน 43.51% เมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ ดังนั้น จากการประเมินวัฏจักรชีวิตดังกล่าวสามารถนำเสนอ

แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยในส่วนของโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ควรให้ความสำคัญกับการหามาตรการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนผลิต ขณะที่การปลูกยางพารา ควรพิจารณาปริมาณการใช้ปุ๋ยในการบำรุงรักษาให้เหมะสม นอกจากนี้ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลวางแผนประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการจัดการสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมถุงมือแพทย์ต่อไป

Thesis Title	Enhancing Environmental Performance of Medical Glove Process by Life Cycle Assessment
Author	Miss Pajaree Eardkeaw
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2017

ABTRACT

This research used the Life Cycle Assessment (LCA) tool to evaluate the environmental performance of Medical Glove Process by investigating the relationship between the subsystems of production and the effects of resources, energy and waste release. Results from the study can be used for seeking options for reducing the environmental impact. The functional unit was focused on one box of medical grove containing 100 pieces with 85±5 width 230 mm long. Cradle-to-Grave approach was used as the scope of this study, including from raw materials to the waste disposal. The data was collected by using the questionnaires and interviews to collect the primary and secondary data of the two rubber plantations, two latex factories and two medical gloves factories. The life cycle of medical glove was separated into 4 systems including the rubber planting system, latex production system, medical glove manufacturing system and medical glove removal system from a total of 28 activities. Five environmental impacts considered in this study included global warming, acidification, eutrophication, smog and human toxicity.

The results indicated that medical glove production system have the highest contribution on environmental impact in the life cycle of one box medical gloves manufacturing comparing with other systems. The release of pollutants from electricity generation activity used electrical energy in line set of medical glove production caused the impact to global warming ratio of 96.24%, acidification ratio of 91.49%, smog ratio of 84.22% and human toxicity ratio of 89.51% by comparing with other activities in the life cycle of medical gloves production. Moreover, the manure fertilizer phosphorus (P) activities used as conditioner for the rubber trees in rubber trees growing systems caused the impact to eutrophication ratio of 43.51% by comparing with other activities in the life cycle of medical gloves production. Therefore, this evaluation the life cycle

can offer the guidelines production improvement for reducing impact, which the manufactory should play an important role for reducing the use of electricity in the production process and fertilizer in the maintenance of rubber plantation. In addition, the results of this study can also be used in a planning decision of environmental operation for enhancing the production efficiencies and environmental management of medical glove industry.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากการได้รับความอนุเคราะห์ ทั้งทางด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัยต่างๆ จากบุคคล และหน่วยงาน อันได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุญญานิช อินทรพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาริท เจาะจิตต์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำแนะนำ และเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในทุกๆ ส่วน เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งคอยเป็นกำลังใจในการค้นคว้าจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรมาศ สุทธินุ่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ ที่ได้กรุณาสละเวลามาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ในการสอบ และนำเสนอข้อมูลของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เกษตรกรชาวสวนยาง หัวหน้างาน และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในโรงงานน้ำยางข้น และโรงงานถุงมือแพทย์ ในกรณีศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำมาใช้การทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนอุดหนุนเพื่อการวิทยานิพนธ์ และคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงาน

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ครอบครัว “เอียดแก้ว” ทั้งคุณพ่อสมคิด คุณแม่อารีย์ และคุณปรมินทร์ (น้องชาย) ที่คอยให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจสำคัญทุกๆ เรื่อง ในการทำวิจัยนี้มาโดยตลอด อีกทั้งขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ บัณฑิตศึกษา คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ทุกคนที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ปาจรีย์ เอียดแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(14)
รายการตารางภาคผนวก	(16)
รายการภาพประกอบ	(17)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(18)
สัญลักษณ์ ตัวย่อ และคำย่อ	(19)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.2.1 ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต	3
1.2.1.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	3
1.2.1.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	4
1.2.1.3 ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	13
1.2.2 การทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์	14
1.2.2.1 การปลูกยางพารา	14
1.2.2.2 การผลิตน้ำยางข้น	17
1.2.2.3 การผลิตถุงมือแพทย์	19
1.2.2.4 การกำจัดถุงมือแพทย์	24
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	34
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	34
1.6 ขอบเขตของงานวิจัย	34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 2 วิธีการวิจัย
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 36
2.1.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา 36
2.1.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 38
2.1.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม 56
2.1.3.1 การแบ่งหมวดหมู่ของประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม 56
2.1.3.2 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม 57
2.1.4 การแปลผล และ การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อม 59
2.1.5 การประเมินการใช้ทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม 59
บทที่ 3 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย
3.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 60
3.1.1 ระบบการปลูกยางพารา 61
3.1.1.1. การเพาะกล้ายาง 61
3.1.1.2. การเตรียมพื้นที่ปลูกยางพารา 61
3.1.1.3 การบำรุงรักษา 61
3.1.2 ระบบการผลิตน้ำยางข้น 61
3.1.2.1.การขนส่งน้ำยางดิบ 61
3.1.2.2.การผลิตน้ำยางข้น 61
3.1.3 ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ 61
3.1.3.1.การขนส่งน้ำยางข้น 61
3.1.3.2.การผลิตถุงมือแพทย์ 61
3.1.4 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ 62
3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 63
3.2.1 ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ 63
3.2.2 ค่าการปล่อยมลสาร 68
3.3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 78
3.3.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะโลกร้อน 78

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะฝนกรด	81
3.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ	84
3.3.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะหมอกพิษ	87
3.3.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์	90
3.4 การแปลผล	93
3.4.1 ระบบการปลูกยางพารา	93
3.4.2 ระบบการผลิตน้ำยางข้น	94
3.4.3 ระบบการผลิตถุงมือแพทย์	94
3.4.4 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์	95
3.5 การใช้แนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม	101
บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
4.1 บทสรุป	106
4.2 ข้อเสนอแนะ	108
4.2.1 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับโรงงาน	108
4.2.2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม	108
เอกสารอ้างอิง	110
ภาคผนวก	116
ก. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	117
ก-1 แบบสอบถามการใช้ทรัพยากรในการเพาะชำพันธุ์กล้ายางเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย	117
ก-2 แบบสอบถามการใช้ทรัพยากรในการปลูกยางพาราเพื่อใช้ในงานวิจัย	120
ก-3 แบบบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางดิบมายังโรงงาน (ผู้รับซื้อน้ำยางดิบ-โรงงาน)	123
ก-4 แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	124
ก-5 แบบบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางข้นมายังโรงงานผลิตถุงมือแพทย์	131

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ก-6 แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือแพทย์	132
ข. ตัวอย่างการวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลขาเข้า	143
ข-1 ระบบการขนส่งน้ำยางข้น	143
ข-2 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์	144
ค. การคำนวณในระบบย่อยของการผลิตถุงมือแพทย์	145
ค-1 ค่าการปล่อยมลสาร	145
ค-2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	153
ประวัติผู้เขียน	160

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่ยางพาราต้องการ	10
1-2	ระยะเวลา และอัตราปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่/ปี) ที่แนะนำใช้กับต้นยางพารา	11
1-3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ	25
2-1	กิจกรรมต่างๆ ภายในช่วงวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	39
2-2	ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น	41
2-3	การจำแนกหมวดหมู่ของประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Classification)	57
2-4	ค่าความสามารถจำเพาะในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Characterization Factor: CF) แต่ละประเภท	58
3-1	ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ต่อระบบย่อยที่ศึกษา	64
3-2	ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง	66
3-3	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	69
3-4	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	72
3-5	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	75
3-6	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	77
3-7	แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะโลกร้อน ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	79
3-8	แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะฝนกรดต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	82
3-9	แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะ การแพร่กระจายของพืชน้ำต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	85

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-10	แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	88
3-11	แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	91
3-12	ภาพรวมสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากแหล่งที่อยู่ในขอบเขตของระบบย่อยต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	96
3-13	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวม กรณีปันส่วนข้อมูลในระบบการปลูกยางพารา (เฉพาะน้ำยางดิบ) ต่อวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	99
3-14	สรุปสัดส่วนของกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละระบบในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	101
3-15	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรด (เดิม) เปรียบเทียบกับการใช้ไอน้ำจาก Boiler (ปรับปรุงแล้ว) ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	103
3-16	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรด (เดิม) เปรียบเทียบกับการใช้ไอน้ำจาก Boiler (ปรับปรุงแล้ว) ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	104

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ตารางบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางดิบ	123
2	ตารางบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางข้น	131
3	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน	133
4	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน	148
5	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	150
6	ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	152
7	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมในแต่ละระบบย่อยที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาของการผลิตถุงมือแพทย์	153
8	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน	156
9	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อน้ำยางข้น 1 ตัน	157
10	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	158
11	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (การจัดการขยะติดเชื้อโดยวิธีการเผา) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	159

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1-1	กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	18
1-2	กระบวนการผลิตถุงมือแพทย์	23
2-1	ขอบเขตการศึกษาของโครงการวิจัย (ครอบคลุม 8 ระบบย่อย)	37
3-1	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตถุงมือแพทย์	81
3-2	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะฝนกรดต่อการผลิตถุงมือแพทย์	84
3-3	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำต่อการผลิตถุงมือแพทย์	87
3-4	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อการผลิตถุงมือแพทย์	90
3-5	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์	93
3-6	เปรียบเทียบแนวโน้มการลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้แก๊สLPG โดยตรง และการใช้ Boiler ผลิตไอน้ำแทน	104

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบภาคผนวกที่		หน้า
1	เปรียบเทียบการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา	154
2	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะฝนกรดต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา	154
3	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา	154
4	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา	155
5	เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา	155

สัญลักษณ์ ตัวย่อ และคำย่อ

AP	=	Acidification คือ สภาวะฝนกรด
$CaCO_3$	=	Calcium carbonate คือ สารที่ช่วยให้ถุงมือไม่เหนียวติดกับแม่พิมพ์
$Ca(NO_3)_2$	=	Calcium nitrate คือ สารที่ทำให้น้ำยางจับตัว และเกาะติดกับแม่พิมพ์
CH_4	=	Methane คือ ก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ใช้ในการผลิตก๊าซธรรมชาติ และปิโตรเคมี ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแอมโมเนีย ใช้เป็นเชื้อเพลิง
C_2H_4	=	Ethene คือ ก๊าซที่ใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช
$C_6H_4Cl_2$	=	1,4-dichlorobenzene คือ สารนี้ใช้เป็นสารวิเคราะห์และทดสอบ (Regent) ทางเคมี ในห้องปฏิบัติการ และใช้ในการป้องกันควบคุม ไล่ กำจัดแมลง และสัตว์อื่นๆ เพื่อประโยชน์ในการดับกลิ่น
CO	=	Cabon monoxide คือ ก๊าซไม่มีสี ไม่มีรส และกลิ่น เบากว่าอากาศโดยทั่วไปเล็กน้อย
CO_2	=	Carbon dioxide คือ ก๊าซไม่มีสี ปรากฏในบรรยากาศ เกิดจากการเผาไหม้ โดยสมบูรณ์ของธาตุคาร์บอน หรือสารอินทรีย์ เป็นก๊าซหนักกว่าอากาศ และไม่ช่วยในการเผาไหม้ เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง
COD	=	Chemical oxygen demand คือ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี
DAP	=	Diammonium phosphate คือ ปุ๋ยซึ่งมีทั้งธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
Emf	=	Emission factor คือ ค่าการปล่อยมลพิษ
EP	=	Eutrophication คือ สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ
eq	=	Equivalent คือ ค่าเทียบเท่า
FU	=	Functional unit คือ หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
GWP	=	Global warming potential คือ ค่าศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน
HCl	=	Hydrogen chloride คือ กรดเกลือ เป็นก๊าซพิษ ไม่มีสี มีฤทธิ์กัดกร่อน
H_2S	=	Hydrogen sulfide คือ ก๊าซไข่เน่า เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ
HTP	=	Human toxicity potential คือ สภาวะความเป็นพิษต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

สัญลักษณ์ ตัวย่อ และคำย่อ (ต่อ)

K	=	Potassium คือ ธาตุลำดับที่ 19 อยู่ในกลุ่มโลหะ เป็นผงสีขาว-เงินอ่อนๆ ในธรรมชาติมักเป็นสารประกอบร่วมกับธาตุอื่น เพราะไวต่อปฏิกิริยาเคมีมาก สามารถออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็วในอากาศ มีสมบัติทางเคมี ใกล้เคียงกับโซเดียม
KOH	=	Potassium hydroxide คือ น้ำด่างที่ใช้ในอุตสาหกรรมจุ่มแม่พิมพ์
LCA	=	Life cycle assessment คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือบริการต่างๆ
MgO	=	Magnesium oxide คือ สารประกอบอนินทรีย์ มีลักษณะเป็นผงสีขาว น้ำหนักเบา ไม่ละลายน้ำ ในอุตสาหกรรมยางใช้เป็นสารช่วยเร่งอัตราการวัลคาไนซ์ยางให้เร็วขึ้น
N	=	Nitrogen คือ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ หรือออร์กานิกไนโตรเจน
NH_3	=	Ammonia คือ สารที่อยู่ในรูปของเหลว ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เพื่อการรักษาสภาพน้ำยาง
NMVOC	=	Non-methane volatile organic compound คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ที่ไม่ใช่มีเทน
N_2O	=	Nitrous oxide คือ ก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง ไม่มีสี กลิ่นหอมอ่อนๆ ไม่ไวไฟ แต่สามารถติดไฟเมื่อมีอุณหภูมิสูงๆ
NO_x	=	Nitrogen oxides คือ เป็นสารที่ใช้ผลิตกรดไนตริก สารเร่งปฏิกิริยา สารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ในอะคริเลต
NO_3	=	Nitrate คือ ไนเตรท
P	=	Phosphorus คือ ธาตุลำดับที่ 15 เป็นอโลหะ ลักษณะเป็นของแข็ง ละลายน้ำได้ยาก
PM	=	Particulate matter คือ ฝุ่นละออง
PO_4^{3-}	=	Phosphate คือ เกลือของฟอสฟอรัส
SM	=	Smog หรือ Photochemical smog คือ สภาวะหมอกพิษ
SO_2	=	Sulfur dioxide คือ เป็นสารไม่ติดไฟ แต่การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และจะรวมตัวเป็นกรดซัลฟูริก เมื่อมีความชื้นเพียงพอ

สัญลักษณ์ ตัวย่อ และคำย่อ (ต่อ)

TiO_2	=	Titanium dioxide คือ สารที่สามารถกำจัดโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศ
tkm	=	Ton-kilometer คือ ค่าน้ำหนักการบรรทุกคูณกับระยะทางการบรรทุก
TMTD	=	Tetramethyl thiuram disulphide คือ สารในกลุ่มไธยูแรม ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และสลายให้กำมะถันที่อุณหภูมิของการคงรูป
ZnO	=	Zinc oxide คือ สารประกอบที่เป็นผลึก ไม่มีสี ไม่ละลายน้ำ ใช้เป็นตัวกระตุ้นในอุตสาหกรรมยาง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันสหภาพยุโรป (European union: EU) ได้มีการออกกฎระเบียบและมาตรการด้านสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์มาใช้เป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การขับเคลื่อน และการแข่งขันกันทางด้านการค้า โดยอาศัยหลักในการป้องกันมลพิษ เพื่อประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและพลังงาน เป็นการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิต ซึ่งตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 ได้มีการประกาศใช้นโยบายสินค้าครบวงจร (Integrated product policy: IPP) โดยเน้นถึงตัวผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสำคัญกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้มาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่นำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) มาเป็นเงื่อนไขในการส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศ อาทิเช่น ระเบียบของสหภาพยุโรปว่าด้วยสารเคมี (Registration, Evaluation and authorization of chemicals: REACH) ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment: RoHS) ระเบียบว่าด้วยการจัดการซากยานพาหนะเสื่อมสภาพ (End of life vehicles: ELV) และระเบียบว่าด้วยสินค้าใช้พลังงาน (Energy using products: EuP) เป็นต้น

จากอดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยยังคงเป็นผู้ผลิต และส่งออกยางธรรมชาติรายใหญ่ที่สุดของโลก เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม ทำให้เกิดความได้เปรียบกว่าประเทศอื่น โดยปี 2558 มีปริมาณการผลิตของยางธรรมชาติภายในประเทศ 4,473,300 ตัน จากทั่วโลก 12,278,000 ตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2559) ประกอบกับยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจการค้าด้านมูลค่าการส่งออกถึง 193,935 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) อีกทั้งประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางทั้งหมด 18.81 ล้านไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งมากเป็นอันดับ 2 รองจากประเทศอินโดนีเซีย โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูก รวมไปถึงพื้นที่กรีดได้ 14,761,177 ไร่ และ 12,855,702 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ตามลำดับ จึงเป็นเหตุให้อุตสาหกรรมยาง และผลิตภัณฑ์ยางมีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ยางนั้น พบว่า ปี 2558 มีการนำยางธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต 600,491 ตัน ซึ่งแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรมของการผลิตถุงมือยาง 81,979 ตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) คิดเป็นสัดส่วน 13.65% รองลงมาจากการผลิตยางล้อ (ยางยานพาหนะ/ยางรถจักรยานยนต์) และยางยืด อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมยางก่อให้เกิด

มลพิษด้านต่างๆ ทั้งทางน้ำ อากาศ รวมไปถึงขยะมูลฝอยตามมาด้วย อาทิเช่น น้ำเสีย และน้ำล้างจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมถึงของเสีย และมลพิษต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตตามมาด้วย

อุตสาหกรรมถุงมือยาง จัดเป็นอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางที่สำคัญ เพราะถึงแม้จะมีสัดส่วนการใช้ยางธรรมชาติในประเทศ รองมาจากอุตสาหกรรมรถยนต์ แต่เป็นสินค้าที่สร้างมูลค่าเพิ่มในการส่งออกเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มค่อนข้างดี โดยเฉพาะถุงมือยางทางการแพทย์ประเภทที่ใช้ในงานตรวจโรค (Examination glove) เนื่องจากเป็นถุงมือที่ผลิตง่าย ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตมากนัก และเป็นถุงมือที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากในภาวะที่มีความต้องการใช้เพื่อป้องกันการติดเชื้อมีมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบด้านศักยภาพในการแข่งขันของผู้ผลิต และส่งออกถุงมือยางของโลก พบว่า ประเทศไทยยังมีข้อได้เปรียบกว่าในด้านวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตน้ำยางข้นที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิต และมีความเสถียรทางการเมืองเศรษฐกิจ โดยในปี 2557 การผลิตถุงมือยาง 3 ประเภท คือ ที่ใช้ในทางการแพทย์ ที่ใช้ในงานบ้าน และที่ใช้ในอุตสาหกรรม พบว่า ถุงมือยางกว่าร้อยละ 98 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก และส่วนใหญ่เป็นประเภทที่ใช้ในทางการแพทย์ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 90 ของถุงมือยางทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแนวโน้มราคาของน้ำยางข้นได้มีการปรับตัวสูงขึ้นมาก จนส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องรับภาระในส่วนของค่าวัตถุดิบที่เพิ่มสูงขึ้น จนทำให้ผู้ประกอบการบางรายหันมาใช้วัตถุดิบที่เป็นน้ำยางสังเคราะห์มาแทนก็ตาม แต่ถุงมือยางธรรมชาติยังคงมีความได้เปรียบกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ในด้านคุณภาพที่มีความยืดหยุ่น สวมใส่สบาย รวมถึงไปมีความทนทานต่อแรงดึง และการฉีกขาด (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ ทำให้ถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติยังคงมีความต้องการมาโดยตลอด ดังนั้นถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญทั้งในแง่ของเศรษฐกิจ และการจ้างงาน โดยเฉพาะภาคใต้ถือเป็นแหล่งสำคัญยิ่งในการผลิตน้ำยางธรรมชาติ โดยจัดเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญของการผลิตถุงมือยางนั้นเอง

ผู้วิจัยจึงนำการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) มาเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเกิดถึงการสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ทำให้ทราบถึงความเกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนว่าการผลิตถุงมือแพทย์ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นในขั้นตอนใดกิจกรรมใดบ้าง ทั้งนี้จะนำไปสู่การดำเนินการแก้ไขตามผลกระทบนั้นเพื่อพัฒนาการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการออกมาตรการ และกฎระเบียบใหม่ๆ ของประเทศต่างๆ ที่พัฒนาแล้วในช่วงที่ผ่านมา ล้วนแต่เป็นการส่งสัญญาณให้เห็นว่าการผลิตสินค้าโดยคำนึงถึง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตนั้น เป็นเรื่องที่เข้ามามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิต และส่งออกสินค้าของประเทศไทยให้เป็นสินค้าที่เล็งเห็นความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน เพราะจากความต้องการของผู้บริโภค และตลาดโลกในปัจจุบันล้วนให้ความสำคัญเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น รวมถึงมาตรการด้านการค้าระหว่างประเทศนั้น ยังมีการนำประเด็นสิ่งแวดล้อม เข้ามาช่วยในการกำหนดมาตรฐานสินค้าอีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปล่อยของเสีย รวมถึงการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของถุงมือแพทย์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ ทำให้ทราบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการผลิตถุงมือแพทย์ และสามารถนำประเด็นปัญหาที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตมาวางแผน เพื่อหาทางเลือกในการปรับปรุง และแก้ปัญหาเหล่านั้น มาช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อม และพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุงมือแพทย์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA)

1.2.1.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)

การประเมินวัฏชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ กระบวนการวิเคราะห์ และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การปลูกหรือการได้ซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงาน และวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียจากกระบวนการต่างๆ ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546)

LCA เป็นกระบวนการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรม โดยระบุจำแนกปริมาณพลังงาน และวัสดุที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งทำการศึกษาวัฏจักรชีวิตจากกระบวนการ หรือกิจกรรมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การขนส่ง การจัดจำหน่าย การใช้งาน การใช้ซ้ำ การบำรุงรักษา การรีไซเคิล และการจัดการของเสีย (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2551)

นอกจากนี้ LCA ยังเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิต รวมไปถึงกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบ และพลังงาน ซึ่งทำการประเมินตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก (SETAC, 2003)

ดังนั้น การประเมินวัฏจักรชีวิต จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ หรือบริการต่างๆ โดยครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ การสกัดวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน รวมไปถึงการใช้ซ้ำ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดทิ้งหลังหมดอายุการใช้งานในเชิงปริมาณ หรือเรียกได้ว่าตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) ของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีการศึกษาปริมาณพลังงาน วัตถุดิบ และของเสียที่ปล่อยออกมาทั้งทางน้ำ ดิน และอากาศ โดยพิจารณาครอบคลุมถึงระบบนิเวศ สุขภาพอนามัย และปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก แต่ไม่มีการกำหนดระยะเวลา ที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี และมีความน่าเชื่อถือนั่นเอง

1.2.1.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

1. การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขต (Goal and scope definition)

1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal) ระบุเป้าหมาย และประโยชน์ให้มีความกระชับ/ ชัดเจน เพราะเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และมีผลต่อขั้นตอนต่อๆ ไปได้ เช่น การกำหนดขอบเขต เป้าหมายที่แน่ชัด ย่อมนำไปสู่คำตอบที่รวดเร็ว และสิ้นเปลืองน้อยที่สุด กล่าวคือผลการวิเคราะห์อาจเกิดความผิดพลาด ถ้าไม่ได้กำหนดการใช้งานไว้อย่างเหมาะสม โดยการกำหนดเป้าหมาย ควรครอบคลุมการตอบปัญหา ได้แก่ ต้องการนำผลการวิเคราะห์ LCA ไปใช้ทำอะไร การตัดสินใจใดที่ควรทำ และอยู่บนพื้นฐานของ LCA การเปลี่ยนแปลงใดที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการตัดสินใจทำ LCA รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการประเมินสามารถกำหนดได้หลายประการ เช่น (1) เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อน และจุดแข็งของผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนผลการวิเคราะห์ (2) เพื่อการออกแบบ/ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และมีการแสดงข้อมูลในเชิงปริมาณที่สะท้อนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ลดลงหลังการปรับปรุง นำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (3) เพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับระบบของผลิตภัณฑ์ และข้อมูลต่างๆ ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค และ (4)

เพื่อการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น ฉลากคาร์บอนฉลากที่รับรองสินค้าเกษตรอินทรีย์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นต้น ซึ่งถือเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ใช้การตลาด อีกทั้งเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของผู้บริโภค และผู้ผลิตแบบสมัครใจ

1.2 การกำหนดขอบเขต (Scope) คือ การกำหนดขอบเขตของการศึกษาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ ปกติสามารถพิจารณาขอบเขตการศึกษาได้เต็มรูปแบบ (Cradle to grave) หรือไม่เต็มรูปแบบ (Cradle to gate, Cradle to cradle หรือ Gate to gate) โดยอยู่ที่ความพร้อม และความเหมาะสมของข้อมูลที่จะศึกษา ซึ่งวัตถุประสงค์ของการกำหนดขอบเขต ก็คือ การบ่งชี้ข้อมูล การกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมิน และจำกัดการรวบรวมแต่สิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมาย ได้แก่ (1) การกำหนดสิ่งที่จะศึกษา รวมทั้งการกำหนดหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ (2) การเลือกระบบ หรือผลิตภัณฑ์อ้างอิง เพื่อแสดงให้เห็นถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษา (3) การออกแบบตัวแปร (Parameter) ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย (4) บ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (5) การกำหนดขอบเขตเวลาสำหรับการตัดสินใจที่จะใช้โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ LCA รวมทั้งกำหนดเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้กับระบบผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการประเมินทางสิ่งแวดล้อมมาแล้ว และ (6) การจัดสรรการแลกเปลี่ยนทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์

1.3 การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit: FU) ของผลิตภัณฑ์ คือ การกำหนดหน่วยของการอ้างอิง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อกำหนดความละเอียดของการประเมินในขั้นตอนต่อไป และยังเป็นส่วนสำคัญของกรณีที่ต้องการให้เกิดการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารขาเข้า และสารขาออกจากระบบอีกด้วย โดยเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยการทำงานประกอบไปด้วยคุณสมบัติพื้นฐาน ความคงทน และประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม และเพชราวลัย ถิระวณัฐพงศ์, 2556)

1.4 การปันส่วน (Allocation) เป็นการแบ่งส่วนการใช้ทรัพยากร พลังงาน และภาระสิ่งแวดล้อม (สารขาเข้า และ/ หรือสารขาออก) ให้แก่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ทั้งผลิตภัณฑ์เป้าหมาย และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และถือเป็นขั้นตอนที่ยากขั้นตอนหนึ่งของการวิเคราะห์บัญชีรายการ ทั้งนี้ลักษณะเหตุการณ์ที่ต้องมีการปันส่วน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556; เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2555) มีดังนี้ (1) มีสารขาออกหลายชนิด (Multiple output) ได้แก่ การผลิตผลิตภัณฑ์หลายประเภทจากหน่วยการผลิต และช่วงเวลาเดียวกัน

เช่น ภายใน 1 เดือน บริษัทมีการผลิตสินค้าหลากหลายเกรด (2) มีสารขาเข้าหลายชนิด (Multiple input) ได้แก่ ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดถูกส่งเข้าสู่หน่วยบำบัดเดียวกัน และ (3) มีการรีไซเคิลแบบระบบเปิด (Open-loop recycling) ได้แก่ การที่ของเสียจากหน่วยการผลิตหนึ่งของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตการศึกษา เป็นต้น

โดยวิธีการปันส่วนที่นิยมใช้กัน มี 3 วิธีหลัก ได้แก่ (1) การปันส่วนโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเทคนิค (Technical allocation) เช่น ข้อมูลการออกแบบ หรือข้อมูลการดำเนินงาน และควรหลีกเลี่ยงการปันส่วนด้วยการแบ่งหน่วยการผลิตย่อย หรือการขยายขอบเขตของระบบ ทั้งนี้หากการผลิตมีสารขาเข้า และขาออกมากกว่า 1 รายการ ต้องจัดแบ่งหน่วยการผลิตให้ย่อยลงไปอีก จนได้หน่วยการผลิตหลายๆ หน่วยที่มีสารขาเข้า หรือขาออก เพียงรายการเดียว เพื่อไม่ต้องทำการปันส่วน หรือขยายขอบเขตของระบบ (2) การปันส่วนโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical allocation) เช่น มวล ปริมาตร พื้นที่ หรือพลังงาน เป็นต้น ซึ่งใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเฉพาะของการผลิต ทั้งนี้ในทางปฏิบัติหลายๆ ครั้ง พบว่า การหลีกเลี่ยงการปันส่วนอาจทำได้ยากด้วย จึงควรเลือกใช้การปันส่วนทางกายภาพเป็นลำดับแรก (3) การปันส่วนโดยใช้ข้อมูลทางมูลค่า (Economic allocation) เศรษฐศาสตร์ เช่น ราคาขาย หรือต้นทุนสุทธิ เป็นต้น ซึ่งใช้ในกรณีไม่สามารถทำตามสองวิธีแรกได้ และผลิตภัณฑ์สองชนิดที่ได้จากกระบวนการผลิตเดียวกัน มีหน่วยไม่เหมือนกัน เช่น ผลิตภัณฑ์หนึ่งมีหน่วยเป็นมวล อีกผลิตภัณฑ์หนึ่งมีหน่วยเป็นพลังงาน กรณีเช่นนี้ต้องใช้การปันส่วนเชิงมูลค่า ซึ่งกำหนดไว้เป็นทางเลือกสุดท้ายของการปันส่วน เนื่องจากมูลค่าผลิตภัณฑ์มีความผันแปรสูง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปันส่วนนั้นเอง ดังนั้น การเลือกวิธีการปันส่วนควรเลือกให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของข้อมูล และตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์กับลักษณะสารขาเข้า สารขาออกด้วย

1.5 กฎการตัดออก (Cut-off) กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์/ บริการ ในแต่ละอุตสาหกรรมการผลิตจะมีสารขาเข้า และสารขาออกที่แตกต่างกัน ทั้งจำนวน ชนิด และปริมาณ การเก็บข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกทุกรายการอาจเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ หรือต้องใช้เวลามาก จึงได้มีการกำหนดกฎการตัดออกขึ้น ซึ่งกฎการตัดออกใช้เพื่อลดขอบเขต และความซับซ้อนของการสำรวจให้อยู่ในระดับที่สามารถปฏิบัติได้ ตัวอย่างเช่น (1) พิจารณาเฉพาะวัตถุดิบที่มีปริมาณรวมที่ใช้มากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 1% ของวัตถุดิบทั้งหมดที่เข้าระบบที่ศึกษา) (2) ให้พิจารณาเฉพาะตัวพาพลังงานที่ให้พลังงานรวมมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 1% ของพลังงานทั้งหมดที่เข้าระบบที่ศึกษา) และ (3) ให้พิจารณาเฉพาะภาระสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 0.1% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากระบบที่

ศึกษา) ทั้งนี้โดยทั่วไปกฎการตัดออกจะใช้เมื่อกระบวนการนั้นๆ นอกเหนือไปจากวัตถุประสงค์ของกรณีศึกษา ไม่มีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมาย และไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลข หรือยากต่อการตรวจวัดนั้นเอง

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life cycle inventory analysis: LCI) เป็นการคำนวณในส่วนของปริมาณการใช้ทรัพยากร วัตถุดิบต่างๆ และปริมาณการปล่อยของมลพิษต่างๆ สู่สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่พิจารณาโดยอ้างอิงจาก FU ที่ผู้ประเมินได้กำหนดขึ้นมาตามความเหมาะสม ซึ่งการเก็บข้อมูลเพื่อทำบัญชีรายการเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก และเสียเวลาที่สุดในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เป็นการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ตามเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การจำแนก และการคำนวณถึงปริมาณของปัจจัยนำเข้า และปัจจัยนำออกจากระบบผลิตภัณฑ์โดยจะต้องพิจารณาถึงทรัพยากร และพลังงานที่มีการใช้ไป รวมไปถึงการปล่อยของเสียออกมาในรูปแบบต่างๆ สู่ระบบสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การสรุปผลรวมของบัญชีรายการต่างๆ ให้อยู่ในรูปของค่าการปล่อยมลพิษของมลสารแต่ละชนิด สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมในระบบผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาคูณกับค่าการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ดังสมการที่ (1-1)

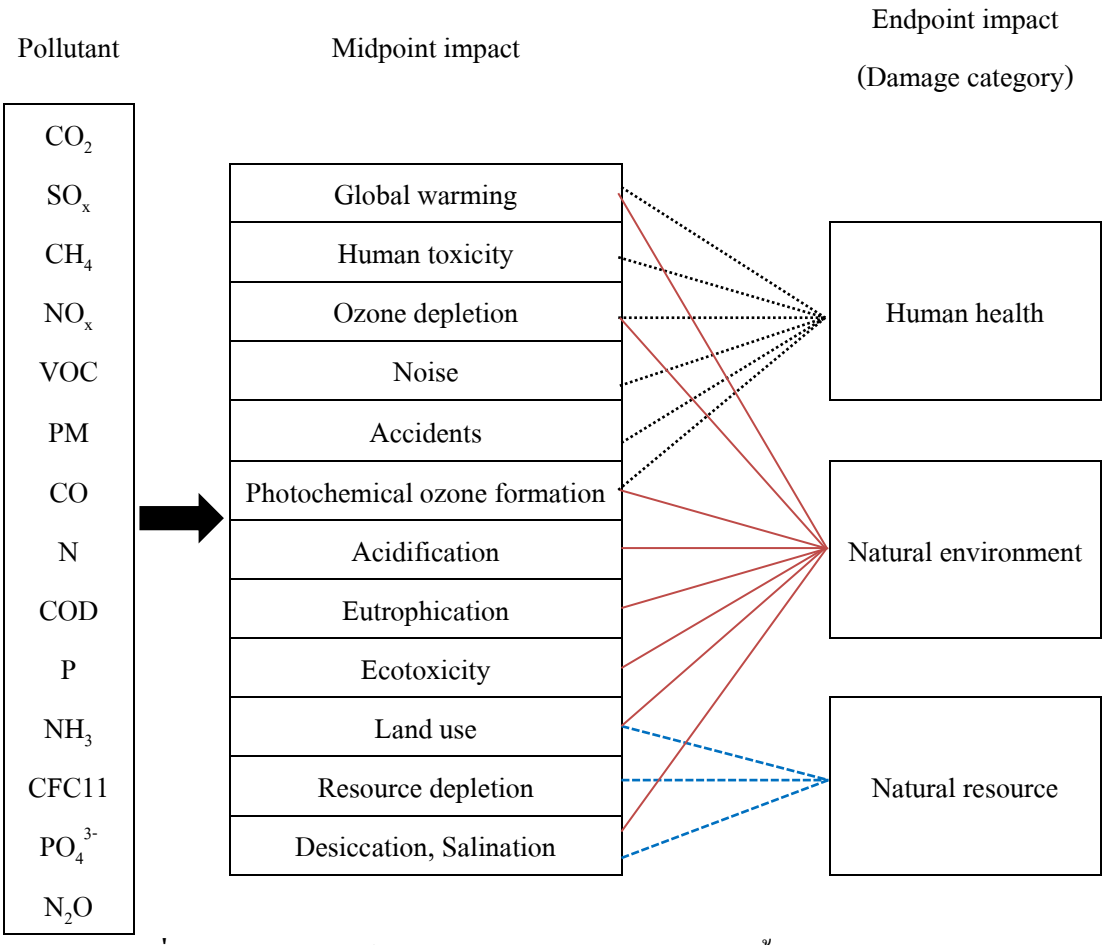
$$\text{Emission score} = \text{Activity} \times \text{Emission factor} \qquad (1\text{-}1)$$

ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์บัญชีรายการจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาในรูปของค่าตัวเลขที่เรียกว่า Emission score นั้นคือ ปริมาณ หรือค่าการปล่อยมลพิษต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ ที่ได้ทำการพิจารณา

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment: LCIA) เป็นขั้นตอนการแปลงผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาจากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยมลสาร โดยการจำแนกให้อยู่ในรูปผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่คัดเลือกแล้วตามความเหมาะสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้น (Effect score) ทั้งนี้ประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมิน ต้องมีความสอดคล้องกับความเป็นพิษของมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ และตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาด้วย

สำหรับการแปลงข้อมูลบัญชีรายการ โดยใช้ข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่เกิดจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ

3.1 การจำแนกประเภทผลกระทบ (Classification) คือ การจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการมาจัดอยู่ในกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่คัดเลือกไว้ โดยผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี และการปล่อยของเสียทั้งหมด จะถูกแยกกลุ่ม และระบุปริมาณเป็นค่าตัวเลขตามประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งการจำแนกแบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ (1) ผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint impact) เป็นผลกระทบที่แสดงถึงปัญหาที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น CH_4 เป็นมลสารที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดผลกระทบโลกร้อน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ (2) ผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint impact) หรือกลุ่มผลกระทบ Damage category เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากผลกระทบขั้นกลาง แสดงถึงความเสียหาย และทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และระบบนิเวศ (ประเมินผลกระทบที่กระทบจริง) โดยความสัมพันธ์ของข้อมูลในบัญชีรายการของผลกระทบที่เกิดกับมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ทั้งขั้นกลาง และขั้นปลาย ดังภาพประกอบที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-1 ความสัมพันธ์ของข้อมูลบัญชีรายการผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint impact) และผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint impact)

ที่มา: ดัดแปลงจาก วิธิดา พัฒนอิสรานุกูล (2559)

3.2 การแปลงผลข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization)

เป็นข้อมูลต่อเนื่องจากการจำแนกกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยใช้ตัวชี้วัดตามหน่วยมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน เรียกว่า Equivalent or characterization factor (CF) ซึ่งเมื่อนำค่า CF ของมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท คูณกับค่า Emission score แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ คือค่า Effect score ซึ่งเป็นค่าผลกระทบรวมที่เกิดขึ้นในแต่ละผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่คัดเลือกไว้นั้นเอง ดังสมการที่ (1-2) ซึ่งค่าที่ได้จะมีหน่วยเหมือนกันตามประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ เช่น สภาวะโลกร้อน (Global warming) มีหน่วยเทียบเท่า คือ น้ำหนักเทียบเท่า CO_2 (CO_2-eq) สภาวะฝนกรด (Acidification) มีหน่วยเทียบเท่า คือ น้ำหนักเทียบเท่า SO_2 (SO_2-eq) เป็นต้น

$$\text{Effect score} = \text{Emission score} \times \text{Characterization factor} \qquad (1\text{-}2)$$

สำหรับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และมีความเกี่ยวข้องในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

(1) สภาวะโลกร้อน (Global warming) เกิดจากการที่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตกลงมากระทบกับผิวโลก และสะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศไม่ได้ เนื่องจากในชั้นบรรยากาศของโลกมีก๊าซเรือนกระจก (Green house gas: GHG_s) ที่คอยดูดซับ กักเก็บพลังงานความร้อน และสะท้อน/ แผ่กระจาย พลังงานความร้อนกลับมายังพื้นโลกอีกครั้ง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งหากมีการเก็บสะสมความร้อนภายในชั้นบรรยากาศมากเท่าไหร่ก็ยิ่งส่งผลให้โลกร้อนมากยิ่งขึ้นเท่านั้น (นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์ และคณะ, 2552)

ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ มี 6 ชนิด ได้แก่

- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีทั้งที่เกิดโดยธรรมชาติ เช่น การหายใจของพืช (Carbohydrate + $O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$) และเกิดจากมนุษย์ เช่น กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างถ่านหิน ($C + O_2 \rightarrow CO_2$) เป็นต้น
- มีเทน (CH_4) ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหมักอินทรีย์วัตถุแบบไม่ใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย แหล่งน้ำขัง เป็นต้น นอกจากนี้หากนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์จะเกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ในห้องเผาไหม้

อย่างสมบูรณ์กลายเป็นก๊าซโฮโดรเจน (H_2) ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) ที่อุณหภูมิมากกว่า 1,000 เคลวิน (ประมาณ 727 °C)

- ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยตามธรรมชาติ เกิดจากแบคทีเรียในดิน และมหาสมุทร/ ภาคเกษตรกรรม ก่อให้เกิดก๊าซชนิดนี้จากการพรวนดิน และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน/ การปศุสัตว์ ของเสียจากสัตว์ (โค กระบือ และสุกร) ช่วยเพิ่มแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซตัวนี้ อีกทั้งภาคอุตสาหกรรม เกิดจากกระบวนการผลิตไนลอน และกรดไนตริก

- ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFC_s) เป็นก๊าซที่ผลิตขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นตัวทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ/ เครื่องทำน้ำเย็น เป็นสารขยายตัวของโฟม ตัวทำละลาย และสารดับเพลิง เป็นต้น

- เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_s) เป็นผลิตผลพลอยได้ของการหลอมอลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (Semiconductors) เป็นสารทำความเย็นอีกชนิดหนึ่ง

- ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) เป็นก๊าซที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการผลิตเซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์เกียร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงสูง

(2) สภาวะฝนกรด (Acidification) การเกิดฝนกรดมีทั้งปัจจัยที่เกิดจากแหล่งธรรมชาติ และจากมนุษย์ กล่าวคือ

- เกิดจากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ การเน่าเปื่อย/ การย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ และสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ การประทุของภูเขาไฟระเบิด รวมไปถึงไฟไหม้ป่าธรรมชาติ

- เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และพลังงาน เช่น ถ่านหิน และน้ำมันเตา การเผาขยะ รวมไปถึงการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน/ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเจตในยานพาหนะต่างๆ ที่ใช้ในการขนส่งทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ เป็นต้น

มลสารที่เป็นตัวการสำคัญในการเกิดฝนกรด คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งเมื่อก๊าซทั้งสองชนิดที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดสู่บรรยากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และความชื้น จนก๊าซ SO_2 เปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) และก๊าซ NO_x เปลี่ยนเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ตกลงสู่พื้นดินในรูปของฝนกรดนั้นเอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้แอมโมเนีย (NH_3) ยังสามารถ

ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก และสารประกอบไนโตรเจน จนกลายเป็นสารประกอบแอมโมเนียไนเตรท ซึ่งมีผลต่อการเกิดสภาวะฝนกรดได้อีกด้วย

สำหรับกลไกการเกิดกรดซัลฟูริค และกรดไนตริก เป็นดังนี้

1) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) พบว่า $SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ จากนั้น $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) พบว่า O_2 และ N_2 เป็นก๊าซที่ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้น N_2 (gas) + O_2 (gas) + พลังงาน $\rightarrow$ 2NO (gas) แต่หากอยู่ภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูงจะเกิดการทำปฏิกิริยากัน ดังสมการ 2NO (gas) + O_2 (gas) $\rightarrow$ $2NO_2$ (gas) เมื่อ NO_2 ซึ่งเป็นก๊าซที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยาเกิดการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซี่ (Hydroxy: OH) ในบรรยากาศจนเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ละลายในน้ำ ดังสมการ NO_2 (gas) + OH (gas) $\rightarrow$ HNO_3 (gas)

(3) สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication) เป็นสภาวะที่ระบบนิเวศในน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากความเข้มข้นของแร่ธาตุ และสารอาหารของพืชที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ มีจำนวนมากจนเกินสมดุล ส่งผลให้พืชน้ำอย่างสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดี และรวดเร็วจนปกคลุมทั่วผิวน้ำ ซึ่งพืชน้ำชนิดอื่นที่อยู่ลึกลงไปใต้ผิวน้ำ ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ จึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และมีปริมาณลดลงในที่สุด จึงทำให้เกิดความไม่สมดุลของสารอาหารของพืช ระหว่างในน้ำ และในดิน

มลสารที่เป็นตัวสำคัญที่สุดของการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ คือ

1) สารประกอบฟอสฟอรัส ได้แก่ กลุ่มฟอสเฟต และโพลีฟอสเฟต ที่มาจากกิจกรรมการปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนเป็นหลัก รวมไปถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

2) สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ได้แก่ ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ที่มาจากกิจกรรมภาคเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก (พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ, 2557)

(4) สภาวะหมอกพิษ (Smog) หรือเรียกอีกอย่างว่า Photochemical smog เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก่อให้เกิดหมอกสีขาวๆ ปกคลุมทั่วไปในอากาศ โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิด ทั้งนี้มลพิษจะเริ่มปล่อยออกมาจากยานพาหนะในช่วงเช้าที่พระอาทิตย์ส่องสว่าง และอากาศร้อน ซึ่งสารมลพิษตัวแรกที่ปล่อยออกมา คือ ไนตริกออกไซด์ และสารอินทรีย์ที่เป็นไอ จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น และเมื่อมีความเข้มข้นสูง ปริมาณจะค่อยๆ ลดลง ในขณะที่ไนโตรเจนไดออกไซด์จะเริ่มเข้มข้นในช่วง

ประมาณ 8โมงเช้า ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนออกไซด์ ก็จะลดความเข้มข้นลงไปพร้อมๆ กัน ในช่วงที่สารกลุ่มออกซิแดนท์ และอัลดีไฮด์ เริ่มมีความเข้มข้นสูงขึ้น และจะเข้มข้นมากในช่วงเที่ยงวันถึงบ่าย (พิทยา สีสด และคณะ, 2559; เลิศชัย ศรเฉลิม, 2553)

(5) สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity) เกิดจากกิจกรรมที่มลสารแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งดิน/ น้ำ และอากาศ ซึ่งลักษณะของสภาพแวดล้อมที่สารมลพิษปนเปื้อนมีความเกี่ยวข้องโดยตรง ก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (เลิศชัย ศรเฉลิม , 2553) ซึ่งหากพิจารณากิจกรรมในการปลูก พบว่า การใช้ปุ๋ยยูเรีย และสารกำจัดวัชพืช เป็นสาเหตุหลักก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (พิทยา สีสด และคณะ, 2559) ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป จำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต ทั้งนี้ PM, SO_2, NO_x จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงจัดเป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบจากการปล่อยมลสารเช่นกัน

โดยทั่วไปการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ จะจบการดำเนินการเพียงขั้นตอนนี้ ซึ่งจัดเป็นส่วนที่บังคับให้ทำการศึกษา ทั้งนี้ยังมีวิธีการที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป (สรรเพชุดา เถื่อนทองคำ, 2553; พินิจ เฟื่องกมลเวช, 2557) ได้แก่

3.3 การเทียบหน่วย (Normalization) หรือ การเทียบค่าความสามรถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นการเทียบขนาดผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษากับขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้น ในระดับประเทศ ภูมิภาค หรือโลก ทำให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในภาพรวมได้

3.4 การจัดกลุ่ม (Grouping) เป็นการนำผลที่ได้จากการเทียบเคียง มาจัดกลุ่มชนิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้เป็นหมวดหมู่ เช่น สภาวะโลกร้อน, สภาวะฝนกรด และ สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ ทางด้านระบบนิเวศ ส่วนการเกิดสารก่อมะเร็ง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการแผ่รังสี ถูกจัดอยู่ในกลุ่มด้านสุขภาพ เป็นต้น

3.5 การให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นการเปรียบเทียบความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท โดยการให้น้ำหนัก เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน ซึ่งการให้น้ำหนักจัดเป็นขั้นตอนของการให้ความสำคัญของลักษณะผลกระทบทั้ง 3 ประเภท คือ สุขภาพอนามัย ระบบนิเวศ การใช้ทรัพยากร และรวมค่าทั้ง 3 ประเภทให้เป็นคะแนนเดี่ยว โดยวิธีนี้สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว หรือผลิตภัณฑ์ใดดีกว่ากัน หรือนำไปใช้กับฉลากสิ่งแวดล้อมแบบที่ 3

4. การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle interpretation) ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลจากการจัดทำบัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบมารวมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุป

และข้อเสนอแนะ ตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาที่ได้ระบุไว้ ทำให้ทราบว่าช่วงใด หรือกิจกรรมใดในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมถึงแหล่งที่มาของประเด็นปัญหา และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ทั้งนี้การตีความ และแปรผล จะต้องอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษา โดยการแปลผลอาจเป็นการทำที่ซ้ำไปซ้ำมา เพื่อพิจารณาทบทวนในส่วนของข้อมูล และอาจมีการเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และข้อมูลที่รวบรวมมามีคุณภาพตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งการแปลผลของการศึกษาควรคำนึงถึงความอ่อนไหว และความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย โดยประเด็นหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการแปลผล ได้แก่ การระบุประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม การประเมินผลที่สมบูรณ์ละเอียด และเที่ยงตรง รวมไปถึงการตรวจสอบบทสรุปว่าตรงกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา ข้อจำกัด และสมมติฐานอื่นๆ หรือไม่

หลังจากการวิเคราะห์ LCA จะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อการแก้ไข และปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น หรือนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมมักขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ทางเศรษฐศาสตร์ บริษัท หรือองค์กรใดๆ ก็ตาม ยังต้องการที่จะคงไว้ซึ่งผลของกำไร เมื่อมีการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น 2) ทางผู้บริโภค ได้แก่ นิสัยของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันนิสัยในการบริโภคของคนเรามักยึดติดอยู่กับสมัยนิยม หรือแฟชั่นที่ถูกควบคุมโดยผู้ผลิต ดังนั้นธรรมเนียมในการจับจ่ายใช้สอยจะเปลี่ยนแปลงเสมอ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ อาจขายได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์เก่าๆ เพียงแค่มีลักษณะที่แตกต่างออกไปทั้งสี และรูปทรง ถึงแม้ประโยชน์การใช้งานจะเหมือนกันก็ตาม นอกจากนี้ความพึงพอใจของผู้บริโภคก็มีส่วนสำคัญ โดยความต้องการพื้นฐานมักขึ้นอยู่กับความพึงพอใจ และประมาณ 80% ของความต้องการนั้น สามารถเปลี่ยนได้ด้วยความรู้สึก หรือการศึกษา ซึ่งปัจจุบันการปลุกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมนั้นมีเพิ่มมากขึ้น ถ้าผู้บริโภคเห็นด้วยกับผลิตภัณฑ์อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากกว่าองค์กร หรือบริษัทที่มีความสามารถในการจัดการเรื่องสิ่งแวดล้อมย่อมได้เปรียบกว่า

1.2.1.3 ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2555; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

1. นำไปใช้ในการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตใด ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก หรือน้อยกว่ากัน จึงมีส่วนช่วยผลักดันให้เกิดการพัฒนาที่มุ่งเน้นการแก้ไขที่จุดปัญหาอย่างแท้จริง นำไปสู่การใช้ทรัพยากร (ทั้งบุคคล และงบประมาณ) อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นฐานข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนการจัดการ ปรับปรุง เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่การออกแบบเชิงนิเวศ (Eco design) โดยคำนึงถึงการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการใช้งาน และทำลายซากต่อไป

3. สามารถนำไปเป็นข้อมูล หรือข้ออ้างอิงด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมของประเทศคู่ค้าเพื่อสนับสนุนการส่งออกของโรงงานอุตสาหกรรม และของประเทศไทย นอกจากนี้การศึกษาด้าน LCA ยังช่วยเตรียมความพร้อมของประเทศ สำหรับรองรับมาตรการด้านการค้า และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศคู่ค้าใหญ่ๆ ของไทย เช่น สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น เป็นต้น

1.2.2 การทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์

1.2.2.1 การปลูกยางพารา

ยางพาราเป็นพืชที่ปลูกเพื่อหวังผลผลิตในระยะยาวจนอายุมากกว่า 20 ปี ขึ้นไป ในการปลูกยางเกษตรกรควรคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ได้แก่ พื้นที่ปลูก พันธุ์ยาง วัสดุที่ใช้ปลูกวิธีการปลูก ตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก รวมไปถึงการดูแลรักษาสวนยางอย่างถูกต้อง เช่น การใส่ปุ๋ย การปลูกพืชคลุม การตัดแต่งกิ่ง ฯลฯ เพื่อให้ต้นยางเจริญเติบโตเปิดกรีดได้เร็ว และให้ผลผลิตสูงอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งรายละเอียดโดยสังเขปของขั้นตอนในการปลูกยางพารา และผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

1. ขั้นตอนการปลูกยางพารา ประกอบด้วย

1.1 การเตรียมพื้นที่การปลูก เมื่อเผาปรนเสร็จให้เตรียมดินโดยการไถ 2 ครั้ง พรวน 1 ครั้ง ในกรณีที่เป็นพื้นที่ลาดเทมาก เช่น เนินเขาชันเกิน 15 องศา จะต้องทำขั้นบันไดหรือชานดิน เพื่อป้องกันมิให้น้ำฝนชะล้างเอาหน้าดินไหลไปตามน้ำอาจทำเฉพาะต้นหรือทำยาวเป็นแนวเดียวกัน ล้อมเป็นวงกลมรอบไปตามไหล่เขา หรือเนิน โดยให้ระดับขนานไปกับพื้นดิน ขั้นบันไดควรกว้างน้อยที่สุด 1.50 เมตร แต่ละขั้นให้ตัดดินลึก และเอียงเข้าไปในทางเนินดินตรงขอบด้านนอกทำเป็นคันดินสูงประมาณ 30 เซนติเมตร กว้าง 60-70 เซนติเมตร ระยะระหว่างขั้นบันไดประมาณ 8-10 เมตร หลุมปลูกยางโดยทั่วไปจะมีขนาด กว้างxยาวxลึก เท่ากับ 50x50x50 เซนติเมตร การขุดหลุมปลูกควรแยกดินบน และดินล่างไว้คนละส่วน ตากดินทิ้งไว้ 10-15 วัน จากนั้นย่อยดินบนให้ร่วนแล้วค่อยผสมปุ๋ยฟอสเฟต ในอัตราส่วน 170 กรัม/ หลุม

1.2 การใส่ปุ๋ย เพื่อบำรุงรักษา (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2555)

โดยทั่วไปการกรีดยางแต่ละครั้งจะมีธาตุอาหารสูญเสียไปกับน้ำยางด้วย ซึ่งในน้ำยางดิบ 1 ตัน มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจน 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม โพแทสเซียม 25 กิโลกรัม และแมกนีเซียม 5 กิโลกรัม หากชาวสวนยางไม่มีการใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชย จะส่งผลให้ดินขาดความสมดุลของธาตุอาหาร ความอุดมสมบูรณ์ของดินก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งธาตุอาหารหลักที่จำเป็นอย่างมากในช่วงอายุของการปลูกยางพารา (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2549) ได้แก่ (1) ไนโตรเจน (N) ซึ่งดินปลูกยางพาราของประเทศไทยจะมีระดับธาตุไนโตรเจนต่ำ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ต้นยาง และการปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วระหว่างแถวต้นยางในช่วงต้นยางอ่อน เป็นการรักษาระดับธาตุไนโตรเจนในดิน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยางและการเพิ่มผลผลิตยางพารา (2) ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญรองจากไนโตรเจน ซึ่งดินที่ปลูกยางพาราทั่วไปเป็นดินกรดที่มีธาตุฟอสฟอรัสในดินต่ำ และ (3) โพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารหลักอีกธาตุหนึ่ง ที่มีเพียงพอในดินที่เป็นดินเหนียวสูง แต่จะขาดในดินทราย ดังนั้นจึงมีโพแทสเซียมในดินต่ำในดินส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมไปถึงดินบางส่วนของภาคตะวันออก และภาคใต้ ซึ่งยางพาราต้องการธาตุโพแทสเซียมสูง เพื่อเพิ่มผลผลิตยาง

ตารางที่ 1-1 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่ยางพาราต้องการ

เขตปลูกยาง/เนื้อดิน	ปริมาณธาตุอาหาร (กิโลกรัม/ ไร่/ ปี)			
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	รวม
ยางก่อนเปิดกรีด				
เขตปลูกยางเดิม/ ดินร่วนเหนียว	7	2.8	7	16.8
เขตปลูกยางเดิม/ ดินร่วนทราย	9.7	3.8	9.7	23.2
เขตปลูกยางใหม่/ ดินร่วนเหนียว	5.5	2.7	3.3	11.5
เขตปลูกยางใหม่/ ดินร่วนเหนียว	7.7	2.7	6.6	17.0
ยางหลังเปิดกรีด				
ทุกเขตปลูกยาง/ ดินทุกชนิด	22.8	3.8	13.7	40.3

หมายเหตุ: ต้นยางพารา 76 ต้น/ ไร่

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2555)

ทั้งนี้นอกจากธาตุอาหารหลักแล้ว ธาตุอาหารรองอย่างแมกนีเซียม (Mg) และธาตุอาหารอื่นๆ อาทิเช่น แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) แคลเซียม (Ca) เป็นต้น ก็มี

ความสำคัญต่อยางพาราเช่นเดียวกัน แต่ยางพาราต้องการในปริมาณน้อย และมักไม่พบการขาดในดินปลูกยางส่วนใหญ่ นอกจากนี้เขตปลูกยางเดิมที่มีการปลูกยางซ้ำเป็นเวลานานๆ และมีการชะล้างพังทลายของดิน หน้าดิน หรือการสลายตัวของอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ จะยิ่งทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดินลดลง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน และเพิ่มอินทรียวัตถุในดินอีกด้วย

สำหรับระยะเวลา และอัตราการใส่ปุ๋ยต้นยางก่อนการเปิดกรีด ในระยะตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนถึงต้นยางอายุประมาณ 17 เดือน ต้นยางจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยให้บ่อยครั้ง (โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง/ ปี) ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ หลังจากที่ต้นยางมีอายุเกิน 17 เดือนขึ้นไปแล้ว ให้แบ่งใส่ปีละ 2 ครั้ง เมื่อดินมีความชื้น โดยระยะเวลา และอัตราการใส่ปุ๋ยยางที่แนะนำ แสดงไว้ดังตารางที่ 1-2

1.3 การกรีดยาง ต้องยึดหลักการที่ว่าเมื่อกรีดยางแล้วจะต้องได้น้ำยางที่มากที่สุด และทำให้เปลือกของต้นยางเสียหายน้อยที่สุด รวมถึงอายุของการกรีดยางต้องได้เวลานานประมาณ 25-30 ปี ขนาด และลักษณะของต้นยางที่เปิดกรีดได้ คือ ขนาดของต้นยางที่พร้อมเปิดกรีดจะต้องมีเส้นรอบต้นไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร วัดความสูงจากพื้นดิน 150 เซนติเมตร เปิดกรีดครั้งแรกเมื่อมีจำนวนต้นยางที่พร้อมเปิดกรีดในสวนประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนต้นยางทั้งหมด สามารถเปิดกรีดได้ตั้งแต่ระดับความสูงจากพื้นดินประมาณ 50, 75, 100, 125 หรือ 150 เซนติเมตร โดยเลือกระดับใดระดับหนึ่ง

ตารางที่ 1-2 ระยะเวลา และอัตราปุ๋ย (กิโลกรัม/ ไร่/ ปี) ที่แนะนำใช้กับต้นยางพารา

เขตปลูกยาง/ เนื้อดิน	**ยางก่อนเปิดกรีด/ เขตปลูกยางเดิม**		**ยางก่อนเปิดกรีด/ เขตปลูกยางใหม่**		**ยางหลังเปิดกรีด**
	ดินร่วนเหนียว	**ดินร่วนทราย**	**ดินร่วนเหนียว**	**ดินร่วนทราย**	**ดินทุกชนิด**
สูตรปุ๋ย	**20-8-20**	**20-8-20**	**20-10-12**	**20-10-17**	**29-5-18**
อัตราปุ๋ย					
ปีที่ 1	23	31	18	23	76
ปีที่ 2	34	47	26	31	76
ปีที่ 3	35	49	27	32	76
ปีที่ 4	37	50	27	37	76
ปีที่ 5	40	55	31	43	76
ปีที่ 6	41	56	31	50	76

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2555)

2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการปลูกยางพารา

สำหรับการปลูกยางพารา มีการใช้ทรัพยากร และพลังงานซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมา ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.1. การเตรียมพื้นที่ปลูกยาง ในการโค่นต้นยางนั้นมีการดันตอไม้ออกด้วย จึงไม่มีการนำสารเคมีมาใช้ และหลังจากนั้นชาวสวนจะเผาปรนเศษไม้เป็นกองเล็กๆ เพื่อลดมลภาวะทางอากาศจากควันไฟ/ เปลวไฟ อาจส่งผลทำให้สัตว์เล็กๆ ในดินตายบ้าง แต่ไม่มีผลทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม เนื่องจากเถ้าถ่านจากการเผาสามารถช่วยปรับสภาพของดิน เพิ่มความสมบูรณ์ให้กับดินมากขึ้น อย่างไรก็ตามอาจมีการบุกรุกพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติเพื่อใช้ในปลูกยางพารา เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่เชิงเขา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเขตป่าสงวนแห่งชาติ และมีการผลักดัน เพื่อขอออกเอกสารสิทธิ์ในภายหลัง นอกจากนั้นยังมีผลต่อชั้นดิน คือ เกิดการดูดซับของธาตุอาหารในชั้นดินเข้าไปไว้ในลำต้น เพื่อผลิตเป็นน้ำยางออกมาทำให้ดินหมดความอุดมสมบูรณ์

2.2 การใส่ปุ๋ย ในการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้โครงสร้างดินเปลี่ยนไป คือ ดินจะแห้ง และแข็งกระด้าง ไม่อุ้มน้ำในหน้าฝน โดยเฉพาะชาวสวนที่ได้รับทุนสงเคราะห์การทำสวนยางจะใส่ปุ๋ยเคมีตามชนิด และปริมาณที่กองทุนสวนยางกำหนด ซึ่งนอกจากทำให้ต้นทุนการผลิตของชาวสวนสูงขึ้นแล้ว ยังพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานๆ ยังส่งผลให้ต้นยางตายในจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี

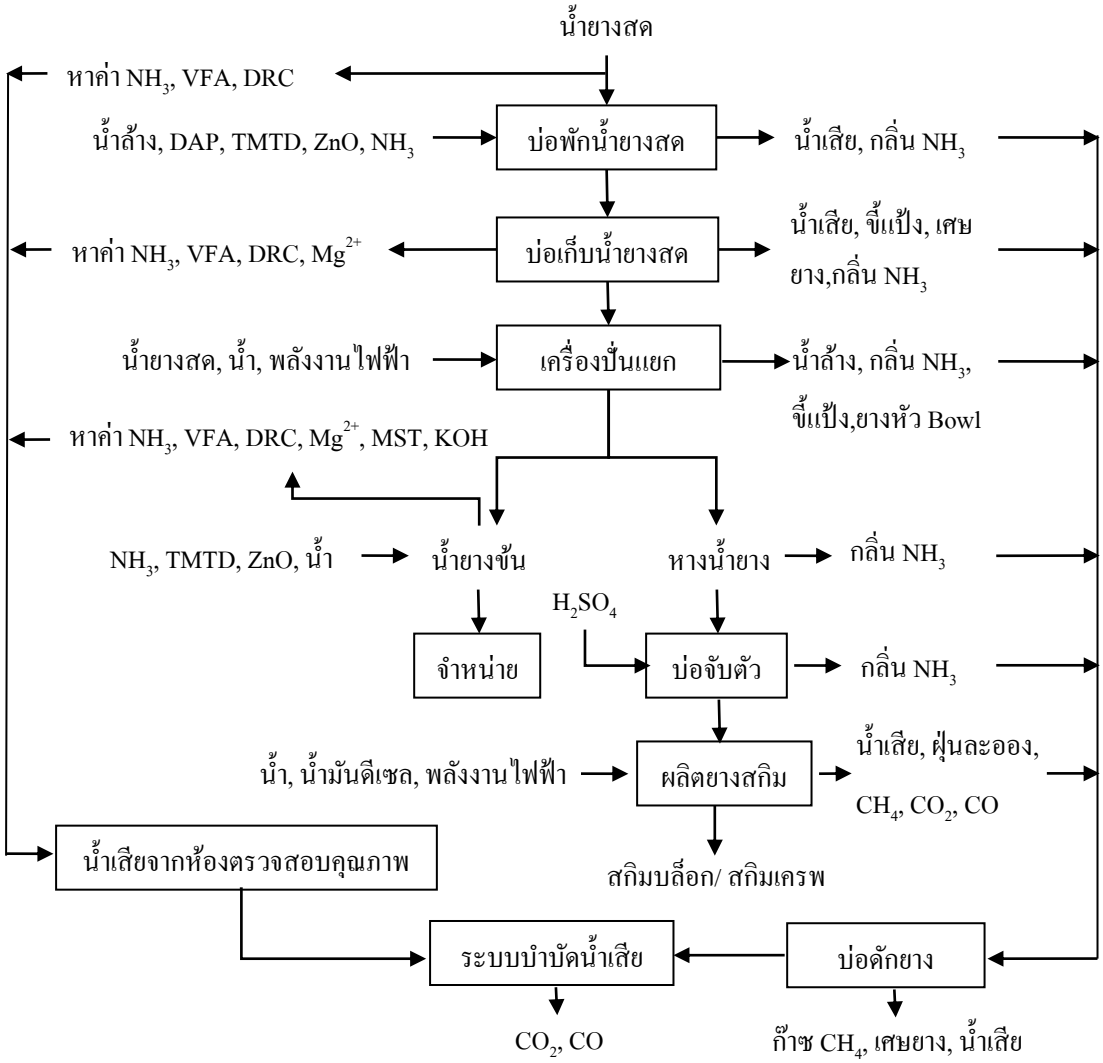
1.2.2.2 การผลิตน้ำยางข้น

1. ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะเริ่มจากการรวบรวมน้ำยางดิบจากชาวสวนมาเข้าสู่โรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งน้ำยางดิบที่ได้จากสวนจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งเพียง 25-45% นอกนั้นจะเป็นน้ำ และของแข็งที่ไม่ใช่ยาง การนำน้ำยางไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ ในโรงงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ไกลจากสวนยาง หรือจากแหล่งผลิตยางธรรมชาติ ทำให้เกิดความไม่สะดวก จึงมีการทำน้ำยางดิบให้เป็นน้ำยางที่มีความเข้มข้น คือ มีปริมาณเนื้อยางแห้งเป็น 60% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการผลิตขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

กระบวนการผลิตน้ำยางข้น ใช้วิธีการปั่นแยก (Centrifuging) เริ่มจากโรงงานจะรับซื้อน้ำยางสดที่มีการเติมแอมโมเนียรักษาสภาพมา แล้วถ่ายลงถังพักเติมสารเคมีเพื่อปรับสภาพน้ำยางสดทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยน้ำยางเข้าเครื่องปั่นแยก ซึ่งภายในเป็นสแตนเลสรูปทรงกรวยซ้อนๆ กันหมุนด้วยความเร็วประมาณ 7,200-7,500 รอบ/ นาที แรงเหวี่ยงจะทำให้เนื้อยางที่ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำลอยขึ้นด้านบน และน้ำใสที่มีเนื้อยางปนมาบ้าง (ไม่เกิน 8%) หรือ Skim

latex อยู่ด้านล่าง และออกอีกช่องหนึ่ง เครื่องแยกจะขับด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำ และเกียร์ทดรอบ จากนั้นน้ำยางข้นที่ได้จะถูกลำเลียงไปเก็บในถังพัก และมีการเติมแอมโมเนีย เพื่อรักษาสภาพทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ รอจัดส่งให้ลูกค้า ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้น แสดงดังภาพประกอบที่ 1-1

สำหรับหางน้ำยางจะนำไปทำยางแห้งคุณภาพต่ำที่เรียกว่า ยางสกิม (Skim rubber) โดยหางน้ำยางที่ออกจากเครื่องแยกจะนำมาไล่แอมโมเนียที่เจือปนออกโดยการปล่อยให้หางน้ำยางไหลไปตามรางยาวๆ ให้อากาศพัดผ่านเพื่อให้แอมโมเนียเหลือเพียง 0.2% แล้วเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ให้ก้อนยางจับตัว แล้วผ่านเข้าเครื่องตัดย่อยเข้าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ ใช้อุณหภูมิอบประมาณ 100 ºC แล้วอัดเป็นบล๊อคจัดจำหน่าย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548)



ภาพประกอบที่ 1-2 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตน้ำยางข้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) พอสรุปได้ดังนี้

2.1 มลพิษทางอากาศ และกลิ่น ได้แก่

(1) กลิ่นแอมโมเนีย โดยแหล่งที่มาเกิดจากถังบรรจุแอมโมเนียหก หรือล้นระหว่างการถ่ายจากถังบรรจุของโรงงานแก่ชาวสวน และในการเตรียมสารละลายแอมโมเนีย เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับแอมโมเนีย การรับน้ำยางสดในขั้นตอนการถ่ายน้ำยางสดสู่บ่อรับน้ำยาง การปั่นยาง และกระบวนการผลิตยางสกิมในส่วนของการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง

(2) กลิ่นเหม็นในโรงงาน โดยมีแหล่งที่มาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน และก๊าซอื่นๆ จากน้ำเสียในระบบบำบัดรวมที่มีบ่อหมักไร้อากาศ และบ่อใช้ออกซิเจน การดักยาง/ การเก็บเศษยาง/ น้ำซีรั่ม ที่มีการกักเก็บนานเกินไป

(3) ไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในส่วนของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงของเตาอบ ในการอบยางสกิมเครพ และสกิมบล็อค

2.2 น้ำเสีย โดยแหล่งที่มาของน้ำเสียในสายการผลิต ได้แก่

(1) บ่อรับน้ำยางสด ในการล้างทำความสะอาดรถบรรทุกน้ำยางของชาวสวน น้ำล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยาง และน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดพื้น

(2) การปั่นยาง ในการใช้น้ำล้างหัวปั่นน้ำยาง ซึ่งต้องล้างทุก 2-3 ชั่งโมง และน้ำเสียจากการล้างน้ำยางที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยางระหว่างการปั่น

(3) การผลิตยางสกิม ซึ่งมาจากน้ำซีรั่มหลังการตกตะกอนยางสกิม และน้ำจากเครื่องรีดที่มีส่วนผสมของกรดซัลฟูริก เป็นต้น

(4) ถังน้ำยางข้น ในการล้างทำความสะอาดถัง

2.3 กากของเสีย ซึ่งเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด ได้กากขี้แป้งในปริมาณมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ย หรือเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ให้มีค่าพีเอชเป็นกลางได้ เพราะมีธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช แต่โดยส่วนใหญ่โรงงานมักนำไปทิ้งเผา หรือถมที่

1.2.2.3 การผลิตถุงมือแพทย์

ถุงมือแพทย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำยาง โดยกระบวนการที่ใช้ผลิตมีด้วยกันหลายวิธี เช่น กระบวนการจุ่มแบบพิมพ์ (Latex dipping process) ที่ใช้สารช่วยทำให้น้ำยางจับตัว และช่วยให้น้ำยางเกาะพิมพ์ ซึ่งประมาณ 50% ของการผลิตถุงมือแพทย์ มักใช้ยางธรรมชาติ (Natural rubber) เพราะยางธรรมชาติมีความทนทานต่อแรงดึง และมีความยืดหยุ่นสูงมาก ส่วนน้ำยางสังเคราะห์ (Synthetic latex) นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ถุงมือยางที่ใช้ใน

อุตสาหกรรม แต่มีปริมาณการใช้น้อยกว่ายางธรรมชาติ สำหรับการผลิตถุงมือแพทย์ใช้หลักการจุ่มพิมพ์แม่แบบลงในน้ำยางคอมพาวนด์ (Compound latex dipping) ทำให้แห้งแล้วดึงถุงมือแพทย์ออกจากแบบพิมพ์ และนำไปผ่านกระบวนการ Vulcanization (วราภรณ์ ขจรไชยกูล และคณะ, 2533)

1. ขั้นตอนการผลิตถุงมือแพทย์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.1 ถังแปรงล้างแป้ง (Powder washer tank) มีหน้าที่ล้างแป้งที่ติดมากับแบบพิมพ์ ระยะสัมผัสระหว่างแปรงกับแบบพิมพ์ขึ้นอยู่กับขนาดของแบบพิมพ์ที่ใช้ผลิตในแต่ละ line การผลิต การควบคุมระดับน้ำจากขอบแปรงขึ้นมาประมาณ 4-5 นิ้ว และสภาพของน้ำต้องสะอาดไม่ขุ่นมากจนเกินไป อุณหภูมิของน้ำไม่ควรเกิน 45 $^{\circ}$C และต้องเปลี่ยนน้ำล้างถังใหม่ ทุกๆ 4 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้แป้งสะสมในถังแปรงมากเกินไป เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการล้างทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร โดยความเร็วรอบของแปรงที่หมุนควรอยู่ที่ 18-20 รอบต่อนาที

1.2 ถังกรด (Acid tank) มีหน้าที่กำจัดแป้งที่ติดมากับแบบพิมพ์ออก กรดที่ใช้คือกรดไนตริก 68% มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรง ดังนั้นการใช้จริงความเข้มข้นที่ใช้จะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ใช้ในแต่ละอย่าง เช่น สภาพเครื่องจักร ปริมาณสารเคมีที่ต้องกระทำ ถ้าหากกรดที่ติดแบบพิมพ์ถูกล้างออกไม่หมดจะมีผลให้ถุงมือเหนียว ไม่ลื่น และรั่วได้ นอกจากนี้ การล้างยังมีอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และในถังกรดควรมีแป้นติดตั้งด้วยเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมระดับน้ำตามที่กำหนดไว้ และในขณะที่เดินเครื่องผลิตระดับน้ำในถังกรดไม่ควรต่ำกว่าแป้นที่กำหนดไว้ และต้องเติมกรดไนตริกทุกชั่วโมงตามที่พารามิเตอร์กำหนด เพื่อควบคุมเปอร์เซ็นต์กรดไนตริกให้คงอยู่ในสเปคที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ต้องเปลี่ยนน้ำในถังกรดใหม่ทุกๆ 1 อาทิตย์ เพื่อให้กรดที่เติมเข้าไปใหม่ทุกชั่วโมงมีประสิทธิภาพการกำจัดแป้งได้เต็มที่

1.3 เตาอบแบบพิมพ์ (Over 1) มีหน้าที่ระเหยน้ำที่ติดบนแบบพิมพ์ให้แห้งก่อนนำไปจุ่มสารช่วยจับตัว เวลาอบขึ้นอยู่กับความเร็ว หรือกำลังการผลิตของสายพานการผลิต

1.4 ถังเคมี (Coagulant tank) เป็นถังสารช่วยให้น้ำยางเกาะโมล์จับตัวเป็นฟิล์มยาง และไม่เหนียวติด ประกอบด้วย

- $Ca(NO_3)_2$ เป็นสารที่ทำให้น้ำยางจับตัวเกาะติดกับแบบพิมพ์ ความหนาของถุงมือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยาง TSC/ ความเสถียรของน้ำยาง น้ำยางเสถียรมากถุงมือบาง/ ระยะเวลาในการจุ่ม/ ความแก่ของน้ำยาง/ ความเข้มข้นของ $Ca(NO_3)_2$/ อุณหภูมิโมล์/ ความหนืด VFT/ ลักษณะการออกแบบถัง

- $CaCO_3$ เป็นสารที่ช่วยให้ถุงมือไม่เหนียวติดแบบพิมพ์ ถุงมือถอดง่ายไม่เหนียวติดกัน $CaCO_3$ ไม่ละลายในน้ำจึงต้องกวนตลอดเวลาเพื่อไม่ให้ $CaCO_3$ ตกตะกอน

- Wetting agent เป็นสารที่ช่วยลดแรงดึงผิวของเคมี ทำให้แห้งกระจายตัวดีขึ้นตกตะกอนช้าลง และยังช่วยให้การจับตัวของแป้งติดเกาะกับแบบพิมพ์ดีขึ้นด้วย ลดปัญหาของการบีบรั่วฟองอากาศ และรูรั่วต่างๆ ในถุงมือ เป็นสารประเภท Nonionic ละลายน้ำ ไม่แตกตัวเป็นประจุ เป็นฟองง่ายที่อุณหภูมิสูง

- Defoamer : Bevaloid เป็นสารเพิ่มแรงตึงผิวให้กับน้ำยางทำให้ฟองเคมีแตกง่าย และลดการเกิดฟอง เพื่อให้น้ำยางเกาะแบบพิมพ์เป็นเนื้อเดียวกัน และสม่ำเสมอ อัตราการจุ่มเคมีช่วงที่แบบพิมพ์ยกขึ้นให้อัตราการยกของแบบพิมพ์พอดีกับการไหลของ coagulant ไหลออกจากแบบพิมพ์ อย่าให้ไหลเป็นหยดๆ ติดอยู่ เพราะจะทำให้มีแป้งติดที่ปลายนิ้วมากเกินไป อุณหภูมิแบบพิมพ์ก่อนจุ่มถังเคมีควรอยู่ประมาณ 60-70°C เพราะหากแบบพิมพ์เย็นจะทำให้เคมีจับแบบพิมพ์ได้น้อย เพราะถูกเจือจางด้วยน้ำที่ติดกับแบบพิมพ์ อุณหภูมิถังเคมีควรอยู่ที่ 58-62°C ถ้าแบบพิมพ์ร้อนเกินไปทำให้เกิดแรงดันของน้ำ เนื่องจากความร้อนของแบบพิมพ์ เกิดแรงดันไอน้ำเคมีจะจับแบบพิมพ์ได้น้อยลง

1.5 เตาอบแห้งสาร (Coagulant dry oven 2) มีหน้าที่อบเคมีให้แห้งหมาดๆ ก่อนจุ่มลงถังน้ำยาง การอบแบบพิมพ์ต้องใช้อุณหภูมิที่พอเหมาะ หากใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เคมีไม่แห้ง เมื่อจุ่มถังน้ำยางทำให้ละลายปนในน้ำยาง น้ำยางเสียสภาพเกิดตุ่มแข็ง ถ้าอบแบบพิมพ์ที่ใช้อุณหภูมิสูงเกินไป อุณหภูมิของแบบพิมพ์ก็จะร้อนตามไปด้วย เมื่อจุ่มลงถังน้ำยางทำให้อุณหภูมิน้ำยางสูงตามด้วย ส่งผลให้น้ำยางเสียสภาพเร็วขึ้น น้ำยางจะมีลักษณะเป็นฝ้าที่ผิวหน้า จับตัวเป็นแผ่นตกลงก้นถังน้ำยาง เนื่องจากน้ำยางต้องอยู่ในภาวะที่อุณหภูมิต่ำเท่านั้นประมาณ 27-30 °C

1.6 ถังน้ำยางคอมพาวนด์ (Compound latex dipping tank) น้ำยางในถังจะผ่านการผสมสารเคมีลงไปแล้ว ซึ่งพร้อมทำการผลิต โดยต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อรักษาสภาพของน้ำยางด้วยการหล่อเย็น ซึ่งถังน้ำยางต้องมีการกวนแบบช้าตลอดเวลา เพื่อป้องกันการตกตะกอนแยกชั้น และเกิดการกระจายของเคมีให้ทั่วกัน

1.7 เตาอบหมาด (Gelling oven 3) มีหน้าที่อบฟิล์มยางให้แห้งเป็นเจลก่อนม้วนขอบ อาจใช้แก๊ส LPG หรือไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำเป็นแหล่งให้ความร้อน ซึ่งความร้อนที่ให้กับแบบพิมพ์ต้องสัมพันธ์กับปริมาณการระเหยของน้ำในฟิล์มยาง และเครื่องม้วนขอบ โดยอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 82-140 °C

1.8 ม้วนขอบ (Beading) การม้วนขอบถุงมือเพื่อให้ถุงมือมีความแข็งแรง โดยม้วนขอบขณะที่ยางเกาะบนแบบพิมพ์แห้งแล้ว แต่ยังไม่ได้ทำให้คงรูป ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับความบางของฟิล์มยาง และลูกกลิ้งม้วนขอบแบบพิมพ์ หลังผ่าน Gelling oven หากทำให้น้ำยางแห้งเร็ว อาจส่งผลให้เกิดฟองอากาศขึ้นบนถุงมือ และเมื่อเข้าสู่การม้วนขอบ ขอบจะแตกเนื่องจากถุงมือ

สุกเกินไป หากน้ำยางไม่แห้งพอ เมื่อเข้าสู่การม้วนขอบขอบจะแตกเช่นเดียวกัน ถ้าน้ำยางเปียกเกินไป Gelling oven ใช้อุณหภูมิต่ำมาก (หรือ Chloroform น้ำยางต่ำเกินไป) เมื่อเข้าสู่การปั่นขอบขอบจะปั่นไม่แน่น

1.9 ถังล้างฟิล์มถุงมือ (Leaching tank) มีหน้าที่เป็นการล้างสาร Coagulant และสารเคมีที่ละลายน้ำได้ เช่น สบู่ ด่าง ให้หลุดออกไป ไม่ตกค้าง ช่วยลดการระคายเคือง และอาการคันระหว่างใช้งาน โดยน้ำที่ใช้ต้องมีอุณหภูมิประมาณ 70-75 ^{o}C และไหลสวนกับทิศทางของแบบพิมพ์ เพื่อให้ล้างดียิ่งขึ้น

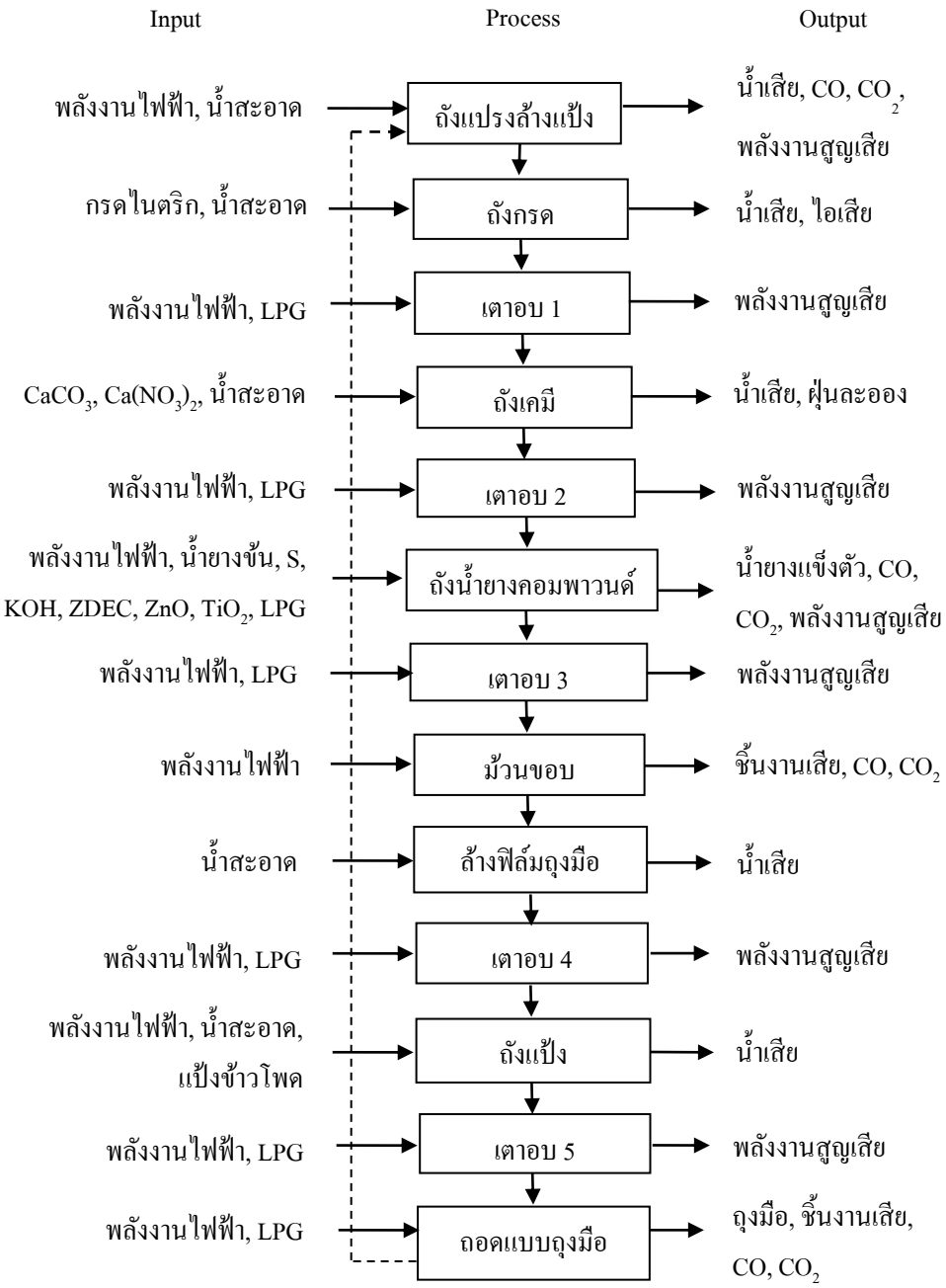
1.10 เตาอบแห้ง (Vulcanized curing oven 4) เป็นการอบฟิล์มยางให้สุก โดยอุณหภูมิที่ใช้อบอยู่ในช่วง 90-120 ^{o}C เพราะหากใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ถุงมือเกิดขอบพองได้ และหากใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปก็อาจทำให้ถุงมือไม่สุกและเกิดการเหนียวติด ซึ่งกระบวนการนี้ใช้พลังงานมากที่สุดของการผลิต

1.11 ถังแป้ง (Powder tank) น้ำในถังนี้จะช่วยให้ถอดถุงมือจากแบบพิมพ์ได้ง่าย และสะดวกขึ้น โดยไม่ติดกับแบบพิมพ์

1.12 เตาอบแห้ง (Vulcanized curing oven 5) เป็นการอบถุงมือที่ผ่านการจุ่มน้ำแป้งให้แห้งอีกครั้ง เพื่อให้สะดวกในการถอด และไม่เปื้อนน้ำแป้ง

1.13 การถอดถุงมือ (Striping) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของสายพานการผลิตถุงมือ ซึ่งมีทั้งการใช้มือถอดโดยมีแป้งเป็นตัวช่วยป้องกันการติด และใช้เครื่องถอดแบบอัตโนมัติ

จากนั้นถุงมือจะผ่านขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติอีกครั้ง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ก่อนการบรรจุกล่อง และรอจำหน่าย ทั้งนี้ชุดสายพานของการผลิตถุงมือจะเดินวนต่อเนื่องตามลำดับขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จนได้ชิ้นงานตามจำนวนที่ต้องการ โดยผังการไหลของกระบวนการผลิตถุงมือแพทย์ ดังแสดงภาพประกอบที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-2 กระบวนการผลิตถุงมือแพทย์

2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์

สำหรับผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตถุงมือแพทย์ พอสรุปได้ดังนี้

2.1 มลพิษทางอากาศ ซึ่งประกอบด้วย

(1) อากาศเสีย จากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบถุงมือแพทย์ (2) ฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากการผสมสารเคมี และ (3) กลิ่นคลอรีนที่ใช้ในสายการผลิต

2.2 น้ำเสีย ซึ่งมีแหล่งที่มาจาก 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

(1) น้ำเสียที่เกิดจากการล้างภาชนะที่บรรจุน้ำยางผสมกับสารเคมี (ถังน้ำยางคอมพาวนด์) ซึ่งมีส่วนประกอบของเนื้อยาง โปรตีน และน้ำตาล ปนอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้น้ำเสียจากส่วนนี้มีค่าสารอินทรีย์สูง และ (2) น้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตโดยตรง ดังนั้นต้องมีการบำบัดน้ำเสียทุกครั้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เพื่อช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดตามมาให้น้อยลง

2.3 ขยะ ได้แก่ เศษขี้ยางที่มีการจับตัวเป็นก้อนในขั้นตอนการผสมน้ำยางคอมพาวนด์ และของเสียจากสายการผลิตถุงมือแพทย์ อาทิเช่น ถุงมือแพทย์ที่ไม่ได้มาตรฐาน รวมไปถึงของเสียที่เกิดขึ้นจากกรณีเครื่องจักรชำรุดขณะกำลังใช้งาน เป็นต้น

1.2.2.4 การกำจัดถุงมือแพทย์

ถุงมือแพทย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สวมใส่เพื่อป้องกันการปนเปื้อน หรือสัมผัสกับเลือด สารเคมี หรือสิ่งสกปรก ระหว่างผู้ป่วยกับผู้ตรวจรักษาวินิจฉัยโรค ซึ่งใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เพื่อป้องกันเชื้อโรคแพร่กระจาย จึงจัดเป็นมูลฝอยติดเชื้อชนิดหนึ่ง โดยมูลฝอยติดเชื้อ คือ มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดแล้ว สามารถทำให้เกิดโรคได้ (กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ, 2545) โดยเป็นมูลฝอยที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ รักษาพยาบาล ให้ภูมิคุ้มกันโรค ทดลองเกี่ยวกับโรค และการตรวจชันสูตร ดังนั้น วิธีกำจัดโดยส่วนใหญ่ มี 2 วิธี คือ (1) การกำจัดในสถานที่แหล่งกำเนิด ซึ่งเทคโนโลยีที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางคือ การเผามูลฝอยติดเชื้อในเตาเผา และ (2) การกำจัดโดยส่งไปกำจัดนอกสถานที่กำเนิด โดยการส่งหน่วยงานอื่นกำจัดแทน เช่น เอกชน หรือองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น ดังนั้น สมมติฐานงานวิจัยครั้งนี้ คือ การเผาทำลายเป็นขยะติดเชื้อ ณ แหล่งกำเนิด

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมยาง/ ผลิตภัณฑ์ยาง และการจัดการสิ่งแวดล้อม ทั้งการปรับปรุง/ พัฒนากระบวนการผลิต ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการนำเครื่องมือต่างๆ ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม มาช่วยในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่นำไปสู่การหาแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแนกตามประเด็นต่างๆ

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
ความสำคัญของอุตสาหกรรม	ถุงมือยาง	อุตสาหกรรมถุงมือยางมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งรายได้จากการส่งออก และค่าจ้างงาน โดยมูลค่าการส่งออกถุงมือยาง ในปี 2545 สูงถึง 16,925 ล้านบาท สูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากมูลค่าการส่งออกยางพาหนะ ซึ่งมีอัตราการจ้างงานกว่า 16,000 คน	สุภาพร บัวแก้ว และคณะ, 2545
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	น้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	ส่วนใหญ่มาจาก 4 แหล่ง ได้แก่ บ่อรับน้ำยางสด การปั่นยาง การผลิตยางสกิม และถังน้ำยางข้น	กรมควบคุมมลพิษ, 2548
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมยางขั้นต้น	การใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมยางแท่ง เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด รองลงมา คือ ยางแผ่นรมควัน และน้ำยางข้น ซึ่งมีค่าการปล่อยต่อปี ประมาณ 1.06, 0.40 และ 0.36 ton CO_2-eq/ ตันผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ	เบญจวรรณ แก้วคง และ ปาจรีย์ เอียดแก้ว, 2551

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมยางขั้นต้น	การใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมยางแท่ง เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด รองลงมา คือ ยางแผ่นรมควัน และน้ำยางข้น ซึ่งมีค่าการปล่อยต่อปี ประมาณ 1.06, 0.40 และ 0.36 ton CO_2-eq/ ตันผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ	เบญจวรรณ แก้วคง และ ปาจรีย์ เอียดแก้ว, 2551
		การคัดเลือกพื้นที่ปลูกยางมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน (C stock) และในส่วนของการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 3 ชนิดนั้น พบว่า การใช้ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยปริมาณการปล่อยของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ยางแท่ง STR 20 และยางแผ่นรมควัน มีค่าเป็น 0.54, 0.70 และ 0.64 ton CO_2-eq/ ตันผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ	Jawjit *et al.*, 2010
การจัดการสิ่งแวดล้อม	น้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	แนวทางการปรับปรุง มีดังนี้ (1) มีการจัดฝึกอบรมให้พนักงานมีการปฏิบัติงานที่ดี (2) ติดตั้งมาตรวัดน้ำ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำในแต่ละจุด (3) ติดตั้งอุปกรณ์ปิดก๊อกน้ำ หรือสายยางอัตโนมัติ (4) ใช้หัวฉีดแรงดันสูงในการทำความสะอาด และ (5) ปิดน้ำทุกครั้งที่มีการขัดล้าง	กรมควบคุมมลพิษ, 2548

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การจัดการสิ่งแวดล้อม	อนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง	ต้องมุ่งเน้นที่การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และการหามาตรการ/วิธีการในการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงให้น้อยลง	กรมโรงงาอุตสาหกรรม , 2548
	เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology)	การนำ Boiler มาใช้แทนการต้มน้ำ Washing และ Leaching โดยตรง ซึ่งประหยัดพลังงานได้จากเดิมไม่น้อยกว่า 50% และได้ติดตั้งระบบการนำพลังงานความร้อนของ flue gas กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบแห้ง และมีการใช้เซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิในแต่ละขั้นตอน ทั้งนี้ถือเป็นการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือได้	พรรณะ เตียงพานิช และคณะ, 2545
		การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ร่วมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็งในรูปสารบำรุงดินทำให้ช่วยลดภาระการกำจัดของโรงงานได้อีกทางหนึ่ง	วลัยพร ผ่อนผัน, 2547
		การบำบัดน้ำเสียที่มีสีจากกระบวนการพิมพ์กล่องกระดาษ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งขั้นแรกเป็นการตรวจประเมินเบื้องต้น เพื่อประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และเทคนิค จากนั้นจึงตรวจประเมินอย่างละเอียด โดยการวิเคราะห์สมดุลมวลสาร (Mass Balance) และหาแนวทางแก้ไข	กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์ และ มารียา พันหวัง, 2551

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การจัดการสิ่งแวดล้อม	เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology)	การจัดการคุณภาพน้ำยางข้น ได้แก่ 1) ปรับระดับความสูงของลูกลอยเพื่อลดการสูญเสียทรัพยากร (เนื้อยาง) ในการผลิตย้ำยางข้น โดยไม่ต้องหยุดเครื่อง กล่าวคือ ในการปั่นปกติให้ปรับระยะลูกลอยสูง 4 นิ้ว ในการปรับปริมาณเนื้อยางแห้งที่ผลิตได้ต่ำกว่ามาตรฐาน และสูงกว่ามาตรฐานให้ปรับระดับลูกลอยสูง 2 นิ้ว และ 6 นิ้ว ตามลำดับ (2) การลดความเข้มข้นของเปอร์เซนต์แอมโมเนียที่ใช้ในโรงงานจาก 20% น้ำหนัก/น้ำหนัก ให้เหลือ 16.5% น้ำหนัก/ น้ำหนัก จากเดิมจ่ายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้น 20% ในจำนวน 30 กิโลกรัม/ ถังน้ำยาง ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสม และเพียงพอต่อการรักษาสภาพน้ำยางดิบ 1,500 กิโลกรัม แต่ผู้รวบรวมน้ำยางดิบใส่แอมโมเนียหมดถังในทุกๆ วัน แม้ว่าบางวันน้ำยางดิบจะมีปริมาณที่ต่ำกว่า 1,400 กิโลกรัม	จักรี เลื่อนราม และคณะ , 2552
		การเพิ่มมูลค่าของเสียฟิล์มยางที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตถุงนิ้ว และถุงมือยาง เพื่อลดปริมาณของเสียจากการเพิ่มมูลค่าฟิล์มยางที่ขึ้นรูปไม่ได้มาตรฐานจากอุตสาหกรรมการผลิตถุงนิ้ว โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ ในการแปรรูปยางรีเครมเป็นผลิตภัณฑ์ยางรูปตัวหนอนสำหรับปูพื้น	ฐลิตา เทพกูล และคณะ, 2552

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การจัดการสิ่งแวดล้อม	เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology)	การพัฒนากระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยออกแบบให้แม่พิมพ์แห้งเร็ว ใช้ความร้อนน้อย และอุณหภูมิของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพื่อช่วยในการลดพลังงานที่ใช้ในการอบ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ ตู้อบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมในตู้ 2 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาที่ใช้ในการอบ 30 วินาที	ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ, 2552
		การนำกากขี้แป้งที่ได้จากการปั่นแยกน้ำยางสดในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยนำกากขี้แป้งมาแปรสภาพด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ร่วมกับกากอินทรีย์เหลือใช้จากการเกษตร	สะเราะ นิยมเดชา, 2552
การพัฒนาเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	อุตสาหกรรมยางไทย ประเภทอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ (ประเภทยางรถบรรทุก)	พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการใช้งานมีสัดส่วนสูงมากกว่าร้อยละ 80 โดยมีแหล่งที่มาจากการผลิต และการเผาไหม้น้ำมันดีเซลในช่วงใช้งานรถบรรทุก ดังนั้น นอกจากการดำเนินงานปรับปรุงช่วงการผลิตตลอดสายโซ่ให้มีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์ให้เหมาะสมในช่วงของการใช้งานด้วย โดยมีการพัฒนาตัวชี้วัด เพื่อเป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานควบคู่กับการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีด้วย	พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ และคณะ, 2551

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การพัฒนาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ	การวิเคราะห์การไหลของวัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง	พัฒนาตัวบ่งชี้ความเป็นนิเวศวิทยา รวมทั้งตัวบ่งชี้ทางเศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมของถุงมือยาง ซึ่งขึ้นอยู่กับทฤษฎีการประหยัดพลังงาน และการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ พบว่า ตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วยปริมาณสินค้า และยอดขายสุทธิ ส่วนดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การใช้วัสดุ การใช้พลังงาน การใช้น้ำ การผลิตน้ำเสีย การผลิตขยะมูลฝอย การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจช่วยให้ค้นพบวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพิ่มความสามารถในการรีไซเคิล ลดความรุนแรงของพลังงาน และวัสดุได้	Rattanapana *et al.*, 2012
การผลิตที่สะอาด	กระบวนการลดคาร์บอน-ฟุตพริ้นท์ของการผลิตยางพาราในศรีลังกา	ศึกษาเกี่ยวกับการลดใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเน้นในเรื่องการให้ความสำคัญเกี่ยวกับผู้กำหนดนโยบายเพื่อทบทวนการวางแผนการตัดสินใจ โดยเครื่องมือที่นำมาช่วยในการวิเคราะห์แหล่งที่มาของการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งนี้ คือ แผนผังก้างปลา เพื่อที่จะระบุระดับกิจกรรมการปล่อย CO_2 และคำนวณหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากโรงงานผลิตยางพารา 3 แห่ง จากกรณีศึกษา พบว่า การปล่อยมลพิษโดยรวมจากการผลิตยางรัด 1 ตัน มีค่าเท่ากับ 1.16, 1.53 และ 1.23 ton CO_2-eq ตามลำดับ ทั้งนี้จะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศอื่นๆ ที่มีการผลิตยางพารา เพื่อให้สามารถระบุปัจจัยต่างๆ มาช่วยลดภาวะโลกร้อน สู่การนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดการผลิตอย่างยั่งยืนต่อไป	Dayaratne, S.P. and Gunawardana, K.D., 2015

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การผลิตที่สะอาด	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทย	วิธีประเมินตามมาตรฐาน ISO 14040 และศึกษาเฉพาะในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ (gate to gate) โดยกิจกรรมที่นำมาพิจารณา ได้แก่ กระบวนการผลิตสารเคมี/ น้ำมันดีเซล/ ไฟฟ้า กระบวนการเผาไหม้น้ำมันดีเซล และการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหน่วยการทำงาน คือ น้ำยางข้น 1 ตัน ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาจากผลกระทบสิ่งแวดล้อม ได้แก่ 1) โลกร้อน 2) ฝนกรด 3) การแพร่กระจายของพืชน้ำ 4) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 5) ปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลออกซิเดชั่น และ 6) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวม พบว่า กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงมีแนวโน้มก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ทั้งสภาวะโลกร้อน (50%) ฝนกรด (58%) และปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลออกซิเดชั่น (55%) ส่วนการใช้แอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยางดิบก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ 37% และการใช้ DAP ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของพืชน้ำ 46% ดังนั้น ทางเลือกในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ 1) ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า 2) ปรับปรุงการเตรียม และจัดเก็บแอมโมเนีย 3) ลดการใช้ DAP และ 4) ใช้แก๊ส LPG แทนน้ำมันดีเซล ซึ่งในทางเทคนิค และทางปฏิบัติทั้ง 4 ตัวเลือก สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมได้ 12%, 8%, 3% และ 5% ตามลำดับ	Jawjit *et al.*, 2015

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	การเพิ่มพูนประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจตลอดวัฏจักรชีวิตของการแปรรูปเศษยาง	ศึกษากระบวนการผลิตเศษยางของโรงงานแปรรูปยางพารา 2 แห่ง ในจังหวัดสุมาตราเหนือ ประเทศอินโดเนียเซีย โดยใช้ LCA เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการแปรรูปเศษยาง และนำเสนอแนวทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการพัฒนาเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ในขอบเขตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ (gate to gate) โดยเก็บข้อมูลยางก้นถ้วยจากการปลูกยางพารา และยางสกิมที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้น พบว่า โรงงาน A ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงกว่าโรงงาน B โดยเกิดความเสียหายด้านทรัพยากรสูงมากจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งผลกระทบสูงสุดในกระบวนการผลิตเศษยางของโรงงาน A ก่อให้เกิดผลกระทบรวม 5.483 Pt (มีสาเหตุจากฟอร์มิก 46.5% และพลาสติก 40.5%) ขณะที่โรงงาน B ก่อให้เกิดผลกระทบรวมอยู่ที่ 3.439 Pt (มีสาเหตุจากพลาสติก 64.5% และซัลฟิวริก 27.6%) ทั้งนี้ โรงงาน B พบว่ามีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนความเข้มข้นของพลังงาน พบว่าโรงงาน A มีพลังงานมากขึ้นเมื่อเทียบกับโรงงาน B	Maulina *et al.*, 2015

ตารางที่ 1-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามประเด็นต่างๆ (ต่อ)

ประเด็น	เรื่องที่ศึกษา		ที่มา
การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม	เปรียบเทียบระหว่างการใช้ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์	เปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ระหว่างยางสังเคราะห์ (SBR) และยางธรรมชาติ 2 ชนิด คือ ยางพารา (hevea) และวายูเล่ (guayule) ในขอบเขต Cradle-to-gate ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3 ประเภท คือ การลดลงของโอโซน (ODP) ภาวะโลกร้อน (GWP) และศักยภาพความเป็นกรด (AP) รวมทั้งพลังงานสุทธิ เพื่อหาปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อม และระบุพื้นที่ของการปรับปรุงด้านแวดล้อม พบว่า ยางวายูเล่ก่อให้เกิดผลกระทบด้าน ODP ในปริมาณที่ต่ำกว่ายางสังเคราะห์ และช่วยให้ผลกระทบด้าน GWP และ AP ลดลงเมื่อเทียบกับยางพารา สำหรับกระบวนการผลิตยางพารากับผลิตภัณฑ์ร่วมไบโอดีเซลจากเมล็ดน้ำมันก่อให้เกิดผลกระทบด้าน GWP และ AP มากที่สุด ในขณะที่กระบวนการผลิตยางวายูเล่กับผลิตภัณฑ์ร่วมไบโอออยด์จากชานอ้อยก่อให้เกิดผลกระทบด้าน ODP มากที่สุด ทั้งนี้การใช้พลังงานสุทธิของผลิตภัณฑ์ร่วมทุกกรณีมีส่วนช่วยให้พลังงานลดลง โดยการใช้ยางวายูเล่ มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด ส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชานอ้อย มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบทั้ง 3 ประเภท น้อยที่สุด และให้พลังงานสุทธิมากที่สุด นอกจากนี้การใช้น้ำ และไฟฟ้าเพื่อสูบน้ำในระบบชลประทานยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดกระทบอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน	Soratana *et al.*, 2017

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การปล่อยของเสีย และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ

2. เพื่อศึกษาหาทางเลือกมาลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมน้ำยางข้น และถุงมือแพทย์ได้ทราบถึงความสอดคล้องของกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมนั้นๆ

2. ผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางการปรับปรุง ออกแบบ และพัฒนากระบวนการผลิตน้ำยางข้น และถุงมือแพทย์ ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อีกทั้งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลการวางแผนประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และอาจมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับถุงมือแพทย์ต่อไป

1.6 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตามระเบียบชุดมาตรฐานสากลใน ISO14040 (ISO 14040, 2006) และประเมินการใช้ทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยผลิตภัณฑ์ยางที่นำมาศึกษา คือ ถุงมือแพทย์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ โดยกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit) คือ ถุงมือแพทย์ 1 กล่อง จำนวน 100 ชิ้น ขนาด (Size) M กว้าง 85±5 มิลลิเมตร ยาว 230 มิลลิเมตร ชนิดใช้ครั้งเดียว ตามมาตรฐาน มอก.1056-2548

2. ขอบเขตการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ครอบคลุมตั้งแต่การเกิดจนถึงการสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์ (Cradle to grave approach) โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบ ได้แก่ ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ ซึ่งเป้าหมายการเก็บข้อมูลในส่วนของพื้นที่ปลูกยาง และโรงงานคือการเก็บข้อมูลที่แปลงปลูกยาง 2 แปลง โรงงานน้ำยางข้น 2 โรงงาน และโรงงานถุงมือแพทย์ 2 โรงงาน โดยระบบย่อยที่ไม่ได้นำมาคำนวณ ได้แก่ (1) ส่วนของการผลิตยางสกิม เนื่องจากวัตถุดิบที่ได้จากส่วนนี้ไม่ได้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถุงมือแพทย์ (2) การขนส่งถุงมือแพทย์ไปยังจุดกระจาย และจำหน่ายสินค้า เนื่องจากมีความหลากหลายของกิจกรรมในส่วนระยะทาง และยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง และ (3) การใช้งานถุง

มือแพทย์ เนื่องจากไม่มีการใช้วัตถุดิบ หรือพลังงานใดๆ ร่วมกับขั้นตอนนี้ จึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เกณฑ์การเก็บข้อมูลในส่วนของโรงงานทั้งน้ำยางข้น และถุงมือแพทย์ พิจารณาจากโรงงานที่มีความพร้อม และให้ความร่วมมือ เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูลที่เก็บรวบรวม ซึ่งบางส่วนเป็นความลับทางการค้า โดยโรงงานผลิตถุงมือแพทย์คัดเลือกจากโรงงานที่มีกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจุ่มแป้ง เพื่อง่ายต่อการถอดถุงมือแพทย์ออกจากแบบพิมพ์

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้เก็บรวมรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิต่างๆ และผู้ประกอบการของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น และถุงมือแพทย์แต่ละโรงงาน ซึ่งทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ของโรงงานไว้แล้วบางส่วน โดยมีทั้งการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัยเอง จากการใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ รวมไปถึงการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิที่ต้องการจากงานวิจัย และเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

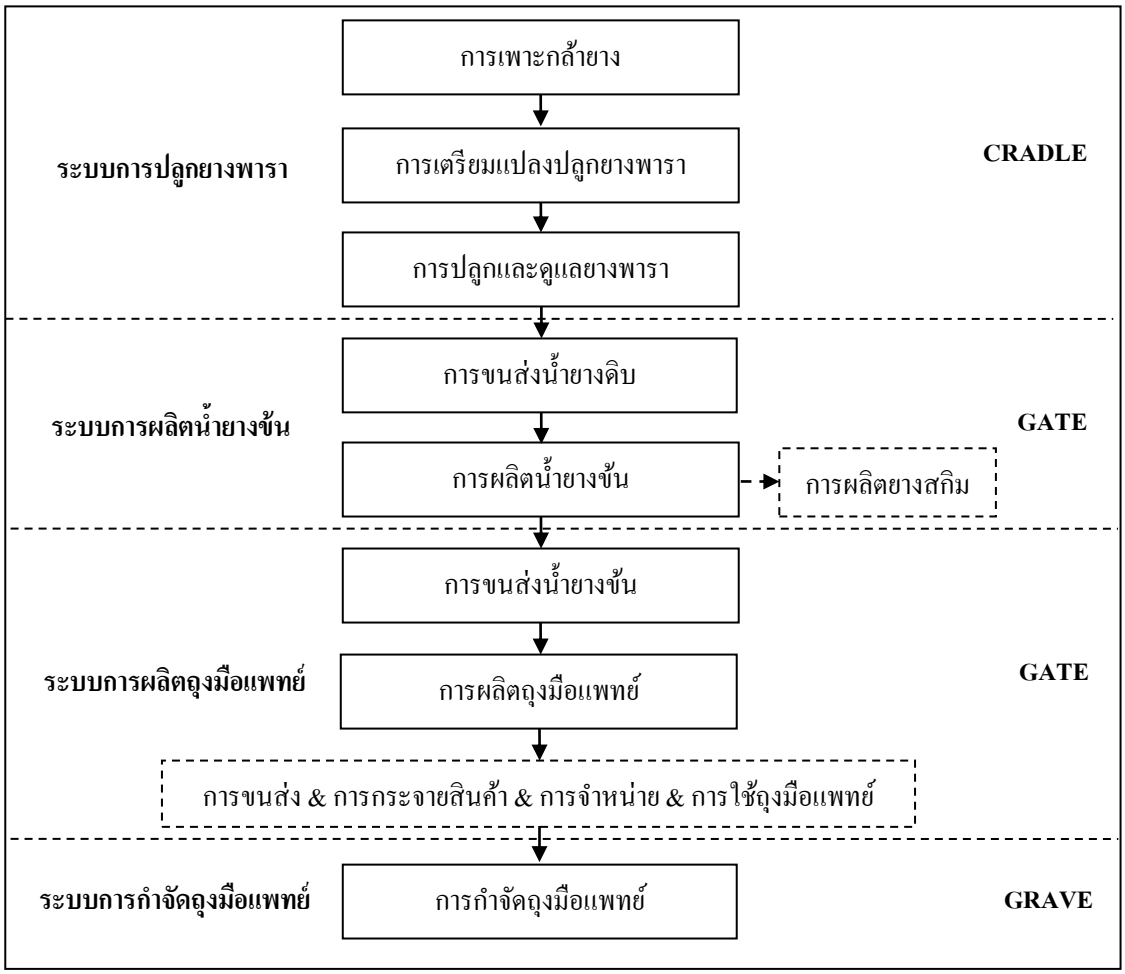
สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตในงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงานตามระเบียบวิธีวิจัยที่กำหนดในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 (ISO 14040, 2006) เรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิต จากนั้นการประเมินการใช้ทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลักที่สำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา (Goal and scope definition)

เป้าหมาย เพื่อศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของถุงมือแพทย์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ และหาแนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์

ขอบเขตการศึกษา เป็นการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่การเกิดจนถึงการสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์ (Cradle to grave approach) ดังภาพประกอบที่ 2-1 โดยแบ่งออกเป็น 4 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (หลังผ่านการใช้งาน) ซึ่งมีเป้าหมายของการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนพื้นที่ปลูกยาง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ คือ การเก็บข้อมูลที่แปลงปลูกยางพารา 2 แปลง (ครอบคลุมข้อมูลการเพาะกล้ายาง) โรงงานผลิตน้ำยางข้น 2 โรงงาน และโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ 2 โรงงาน โดยระบบย่อยที่ไม่นำมาคำนวณในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ (1) การผลิตยางสกิม เนื่องจากวัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตในส่วนนี้ไม่ได้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตถุงมือแพทย์แต่อย่างใด (2) การขนส่งถุงมือแพทย์ไปยังจุดกระจาย และจำหน่ายสินค้า เนื่องจาก การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในภาพรวมของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยไม่ได้มีการเฉพาะเจาะจงเพียงโรงงานใดโรงงานหนึ่ง ทำให้จุดกระจายสินค้ามีหลายจุด อีกทั้งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ทั้งชนิดรถ และระยะทาง จึง

มีความหลากหลายไปด้วย อย่างไรก็ตาม การขนส่งถุงมือแพทย์ไปยังจุดกระจาย และจำหน่ายสินค้า มีการใช้ทรัพยากรที่สำคัญ คือ น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้น จึงมีการปล่อยมลสาร อาทิเช่น CO_2, CO, CH_4 และ เขม่าควัน เป็นต้น ออกมาในปริมาณมาก/ น้อย ขึ้นอยู่กับระยะทาง และชนิดของเชื้อเพลิงเป็นสำคัญ กล่าวคือ ระยะทางยิ่งมาก อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงยิ่งมาก การปล่อยมลสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย และ (3) การใช้งานถุงมือแพทย์ เนื่องจากไม่มีการใช้วัตถุดิบทรัพยากร หรือพลังงานใดๆ ร่วมกับขั้นตอนนี้ และการแพ้โปรตีนก็จัดเป็นการการแพ้ขณะใช้งาน (สวมใส่) ซึ่งไม่มีการใช้ทรัพยากร หรือพลังงานใดๆ ร่วมเช่นเดียวกัน



ภาพประกอบที่ 2-1 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์
หมายเหตุ: แหล่งข้อมูลที่อยู่ในกรอบเส้นประเป็นข้อมูลที่ไม่นำมาคำนวณในการศึกษา

สำหรับหลักเกณฑ์ในเก็บข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำยางข้น และโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ พิจารณาจากโรงงานที่มีความพร้อม และให้ความร่วมมือ เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูลที่เก็บ

รวบรวม ซึ่งบางส่วนเป็นความลับทางการค้า ทั้งนี้โรงงานผลิตถุงมือแพทย์คัดเลือกจากโรงงานที่มีกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจุ่มแป้ง

หน่วยการทำงาน (Functional unit) ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ถุงมือแพทย์ 1 กล่อง จำนวน 100 ชิ้น ขนาด (Size) M กว้าง 85±5 มิลลิเมตร ยาว 230 มิลลิเมตร ชนิดใช้ครั้งเดียว ตามมาตรฐาน มอก. 1056-2548

2.1.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis)

ทำการสำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ ได้แก่ การใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมไปถึงการใช้สารเคมี ในขอบเขตของระบบต่างๆ ที่ศึกษา โดยมีรายละเอียดของกิจกรรม ดังตารางที่ 2-1 แล้วจึงนำมาคำนวณค่าการปล่อยมลสารแต่ละชนิด ต่อหน่วยหน้าที่ที่กำหนดไว้ ดังสมการที่ (2-1)

$$E_{i,j} = A_j \times Emf_{i,j} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ $E_{i,j}$ คือ ปริมาณการปล่อยมลพิษของมลสาร i เนื่องจากกิจกรรม j

A_j คือ ระดับของกิจกรรม j ที่มีผลทำให้เกิดการปล่อยมลสาร

$Emf_{i,j}$ คือ. ตัวคูณการปล่อยมลพิษของมลสาร i จากกิจกรรม j

ซึ่งมลสารแต่ละชนิดจากกิจกรรมประเภทต่างๆ จะนำมารวมกัน ดังสมการที่ (2-2)

$$\text{Emission}_I = \sum_j Emiss_{i,j} \qquad (2\text{-}2)$$

นอกจากการคำนวณโดยใช้ Emission factor แล้ว การคำนวณโดยการจัดทำสมดุลมวลสาร (Mass balance) รวมถึงวิธีการตรวจวัดโดยตรงโดยวิธีมาตรฐานก็อาจนำมาใช้สำหรับมลสารที่สำคัญ และจำเป็น ทั้งนี้กรณีที่พบว่าฐานข้อมูลของวัตถุดิบบางชนิดไม่มีอยู่ในประเทศไทย จะนำฐานข้อมูลของต่างประเทศ ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยมาใช้แทน โดยข้อมูลของตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) ที่สืบค้นได้จากฐานข้อมูลของ Eco-invent version 2.2 database ของ Swiss center for the life cycle inventories (www.ecoinvent.org) และข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี 2554 (www.egat.co.th) ซึ่งอยู่ในขอบเขตของการศึกษา แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 กิจกรรมต่างๆ ภายในช่วงวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	แหล่งข้อมูล	กิจกรรม	ข้อมูลกิจกรรมที่ศึกษา
1.การปลูกยางพารา	-การเพาะกล้ายาง	-การใช้ปุ๋ย	ชนิด และปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการบำรุงรักษา
	-การเตรียมแปลงปลูก	-การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ระยะทางเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ไร่
			ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ในการเตรียมพื้นที่
	-การการปลูก และดูแลรักษาต้นยางพารา	-การใช้ปุ๋ย	ชนิด และปริมาณปุ๋ยที่ใช้
		-การใช้สารกำจัดศัตรูพืช (ไกลโฟเสต)	ชนิด และปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่ใช้
2.การผลิตน้ำยางข้น	-การขนส่งน้ำยางดิบ	-การใช้น้ำมัน (Diesel)	ปริมาณน้ำยางดิบเฉลี่ยในการขนส่งต่อเที่ยว
			ระยะทางเฉลี่ยของการขนส่งน้ำยางดิบสู่โรงงาน
			ชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งน้ำยางดิบ
			ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับรถที่เป็นพาหนะขนส่งน้ำยางดิบ
	-การผลิตน้ำยางข้น	-การใช้ไฟฟ้า	กำลังการผลิต
		-การใช้สารเคมี	ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิง/ สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต
		-การใช้เชื้อเพลิง	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต
			ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้
			ปริมาณ และความเข้มข้นของน้ำเสียก่อน และหลังที่เข้าสู่ระบบบำบัด

ตารางที่ 2-1 กิจกรรมต่างๆ ภายในช่วงวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	แหล่งข้อมูล	กิจกรรม	ข้อมูลกิจกรรมที่ศึกษา
3.การผลิตถุงมือแพทย์	-การขนส่งน้ำยางข้น	-การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ระยะทางเฉลี่ยของการขนส่งน้ำยางข้นสู่โรงงาน
			ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับรถที่เป็นพาหนะขนส่งน้ำยางข้น
			ชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งน้ำยางข้น
	-การผลิตถุงมือแพทย์	-การใช้ไฟฟ้า -การใช้สารเคมี -การใช้เชื้อเพลิง	กำลังการผลิต
			ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิง/ สารเคมี ที่ใช้ในกระบวนการผลิต
			ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต
			ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้
			ปริมาณ และความเข้มข้นของน้ำเสียก่อน และหลังที่เข้าสู่ระบบบำบัด
4.การกำจัดถุงมือแพทย์	-การกำจัดขั้นสุดท้าย	-การกำจัดขยะติดเชื้อ	ประเภทการกำจัดที่เลือกใช้
			ชนิด และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการกำจัดถุงมือแพทย์

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
1.การเพาะกล้ายางพารา			
การผลิตปุ๋ย N	CO_2	1.46E-01	kg CO_2/ kg N
	CH_4	6.98E-06	kg CH_4/ kg N
	N_2O	6.34E-06	kg N_2O/ kg N
	CO	1.28E-03	kg CO/ kg N
	SO_2	8.32E-05	kg SO_2/ kg N
	NO_x	1.26E-03	kg NO_x/ kg N
	NH_3	3.74E-05	kg NH_3/ kg N
	NO_3	6.57E-06	kg NO_3/ kg N
	N	2.82E-06	kg N/ kg N
	P	1.06E-07	kg P/ kg N
	PO_4^{3-}	2.68E-06	kg PO_4^{3-}/ kg N
	COD	2.00E-03	kg COD/ kg N
	NMVOC	1.36E-04	kg NMVOC/ kg N
	Glyphosat	3.94E-09	kg Glyphosat/ kg N
	PM	3.28E-05	kg PM/ kg N
การผลิตปุ๋ย P	CO_2	5.76E-01	kg CO_2/ kg P
	CH_4	4.14E-05	kg CH_4/ kg P
	N_2O	3.14E-05	kg N_2O/ kg P
	CO	2.86E-03	kg CO/ kg P
	SO_2	1.49E-04	kg SO_2/ kg P
	NO_x	5.58E-03	kg NO_x/ kg P
	NH_3	5.93E-05	kg NH_3/ kg P
	NO_{3-}	4.53E-05	kg NO_3/ kg P

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
1.การเพาะกล้ายางพารา			
การผลิตปุ๋ย P	N	2.44E-05	kg N/ kg P
	P	3.43E-05	kg P/ kg P
	PO_4^{3-}	4.42E-03	kg PO_4^{3-}/ kg P
	COD	3.70E-03	kg COD/ kg P
	NMVOC	5.06E-04	kg NMVOC/ kg P
	Glyphosat	4.22E-07	kg Glyphosat/ kg P
	PM	7.04E-05	kg PM/ kg P
การผลิตปุ๋ย K	CO_2	8.27E-02	kg CO_2/ kg K
	CH_4	3.71E-06	kg CH_4/ kg K
	N_2O	2.87E-06	kg N_2O/ kg K
	CO	5.46E-04	kg CO/ kg K
	SO_2	3.68E-05	kg SO_2/ kg K
	NO_x	8.40E-04	kg NO_x/ kg K
	NH_3	1.24E-05	kg NH_3/ kg K
	NO_{3-}	2.91E-06	kg NO_3/ kg K
	N	1.14E-06	kg N/ kg K
	P	8.97E-08	kg P/ kg K
	PO_4^{3-}	1.03E-06	kg PO_4^{3-}/ kg K
	COD	3.19E-04	kg COD/ kg K
	NMVOC	9.17E-05	kg NMVOC/ kg K
	Glyphosat	2.12E-09	kg Glyphosat/ kg K
	PM	1.37E-05	kg PM/ kg K

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
2.การเตรียมแปลงปลูกยางพารา			
ระบบการขนส่ง	CO_2	4.81E-02	kg/ tkm
(รถแทรกเตอร์)	CH_4	9.27E-07	kg/ tkm
	N_2O	9.02E-07	kg/ tkm
	CO	1.10E-03	kg/ tkm
	SO_2	7.20E-05	kg/ tkm
	NO_x	1.34E-04	kg/ tkm
	NO_3	1.06E-06	kg/ tkm
	NH_3	4.84E-06	kg/ tkm
	PO_4^{3-}	9.96E-08	kg/ tkm
	COD	5.02E-04	kg / tkm
	PM	3.83E-06	kg/ tkm
3.การปลูก และการดูแลรักษายางพารา			
การผลิตปุ๋ย N	CO_2	1.46E-01	kg CO_2/ kg N
	CH_4	6.98E-06	kg CH_4/ kg N
	N_2O	6.34E-06	kg N_2O/ kg N
	CO	1.28E-03	kg CO/ kg N
	SO_2	8.32E-05	kg SO_2/ kg N
	NO_x	1.26E-03	kg NO_x/ kg N
	NH_3	3.74E-05	kg NH_3/ kg N
	NO_3	6.57E-06	kg NO_3/ kg N
	N	2.82E-06	kg N/ kg N
	P	1.06E-07	kg P/ kg N
	PO_4^{3-}	2.68E-06	kg PO_4^{3-}/ kg N

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
3.การปลูก และการดูแลรักษายางพารา			
การผลิตปุ๋ย N	COD	2.00E-03	kg COD/ kg N
	NMVOC	1.36E-04	kg NMVOC/ kg N
	Glyphosat	3.94E-09	kg Glyphosat/ kg N
	PM	3.28E-05	kg PM/ kg N
การผลิตปุ๋ย P	CO_2	5.76E-01	kg CO_2/ kg P
	CH_4	4.14E-05	kg CH_4/ kg P
	N_2O	3.14E-05	kg N_2O/ kg P
	CO	2.86E-03	kg CO/ kg P
	SO_2	1.49E-04	kg SO_2/ kg P
	NO_x	5.58E-03	kg NO_x/ kg P
	NH_3	5.93E-05	kg NH_3/ kg P
	NO_{3-}	4.53E-05	kg NO_3/ kg P
	N	2.44E-05	kg N/ kg P
	P	2.87E-09	kg P/ kg P
	PO_4^{3-}	4.42E-03	kg PO_4^{3-}/ kg P
	COD	3.70E-03	kg COD/ kg P
	NMVOC	5.06E-04	kg NMVOC/ kg P
	Glyphosat	4.22E-07	kg Glyphosat/ kg P
	PM	7.04E-05	kg PM/ kg P
การผลิตปุ๋ย K	CO_2	8.27E-02	kg CO_2/ kg K
	CH_4	3.71E-06	kg CH_4/ kg K
	N_2O	2.87E-06	kg N_2O/ kg K
	CO	5.46E-04	kg CO/ kg K

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
3.การปลูก และการดูแลรักษายางพารา			
การผลิตปุ๋ย K	SO_2	3.68E-05	kg SO_2/ kg K
	NO_x	8.40E-04	kg NO_x/ kg K
	NH_3	1.24E-05	kg NH_3/ kg K
	NO_3	2.91E-06	kg NO_3/ kg K
	N	1.14E-06	kg N/ kg K
	P	8.97E-08	kg P/ kg K
	PO_4^{3-}	1.03E-06	kg PO_4^{3-}/ kg K
	COD	3.19E-04	kg COD/ kg K
	NMVOC	9.17E-05	kg NMVOC/ kg K
	Glyphosat	2.12E-09	kg Glyphosat/ kg K
	PM	1.37E-05	kg PM/ kg K
การผลิตไกลโฟเสต	CO_2	5.29E-01	kg CO_2/ kg $C_3H_8NO_5P$
	CH_4	3.13E-03	kg CH_4/ kg $C_3H_8NO_5P$
	N_2O	7.42E-05	kg N_2O/ kg $C_3H_8NO_5P$
	CO	7.97E-03	kg CO/ kg $C_3H_8NO_5P$
	SO_2	2.48E-04	kg SO_2/ kg $C_3H_8NO_5P$
	NO_x	4.85E-03	kg NO_x/ kg $C_3H_8NO_5P$
	NH_3	1.49E-04	kg NH_3/ kg $C_3H_8NO_5P$
	NO_{3-}	5.70E-04	kg NO_3/ kg $C_3H_8NO_5P$
	N	1.07E-04	kg N/ kg $C_3H_8NO_5P$
	P	1.08E-02	kg P/ kg $C_3H_8NO_5P$
	PO_4^{3-}	3.00E-05	kg PO_4^{3-}/ kg $C_3H_8NO_5P$
	COD	3.99E-04	kg COD/ kg $C_3H_8NO_5P$

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
3.การปลูก และการดูแลรักษายางพารา			
การผลิตไกลโฟเสต	NMVOC	5.25E-04	kg NMVOC/ kg $C_3H_8NO_5P$
	Glyphosat	1.24E-06	kg Glyphosat/ kg $C_3H_8NO_5P$
	PM	1.11E-04	kg PM/ kg $C_3H_8NO_5P$
4.การขนส่งน้ำยางดิบ			
รถกระบะ 3.5-16t (แทนรถกระบะ 4 ล้อ 7 ตัน)	CO_2	1.88E-01	kg CO_2/ tkm
	CH_4	1.17E-05	kg CH_4/ tkm
	N_2O	1.39E-05	kg N_2O/ tkm
	CO	6.51E-04	kg CO/ tkm
	SO_2	2.03E-05	kg SO_2/ tkm
	NO_x	1.85E-03	kg NO_x/ tkm
	NH_3	4.19E-06	kg NH_3/ tkm
	NO_{3-}	1.60E-06	kg NO_3/ tkm
	P	2.80E-08	kg P/ tkm
	PO_4^{3-}	1.43E-07	kg PO_4^{3-}/ tkm
	COD	5.29E-04	kg COD/ tkm
	PM	3.00E-05	kg PM/ tkm
5.การผลิตน้ำยางข้น			
การผลิตแอมโมเนีย	CO_2	3.13E-02	kg CO_2/ kg NH_3
	CH_4	1.21E-06	kg CH_4/ kg NH_3
	N_2O	2.62E-06	kg N_2O/ kg NH_3
	CO	3.84E-04	kg CO/ kg NH_3
	SO_2	2.44E-05	kg SO_2/ kg NH_3
	NO_x	2.10E-04	kg NO_x/ kg NH_3

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
5.การผลิตน้ำยางข้น			
การผลิตแอมโมเนีย	NH_3	9.74E-06	kg NH_3/ kg NH_3
	NO_{3-}	5.57E-06	kg NO_3/ kg NH_3
	N	1.04E-04	kg N/ kg NH_3
	P	3.41E-11	kg P/ kg NH_3
	PO_4^{3-}	6.42E-07	kg PO_4^{3-}/ kg NH_3
	COD	1.10E-02	kg COD/ kg NH_3
การผลิต ZnO	CO_2	5.23E-02	kg CO_2/ kg ZnO
	CH_4	2.50E-06	kg CH_4/ kg ZnO
	N_2O	3.81E-06	kg N_2O/ kg ZnO
	CO	4.83E-04	kg CO/ kg ZnO
	SO_2	3.01E-05	kg SO_2/ kg ZnO
	NO_x	4.47E-04	kg NO_x/ kg ZnO
	NH_3	1.11E-05	kg NH_3/ kg ZnO
	NO_{3-}	2.98E-06	kg NO_3/ kg ZnO
	N	1.87E-06	kg N/ kg ZnO
	P	3.94E-08	kg P/ kg ZnO
	PO_4^{3-}	5.97E-07	kg PO_4^{3-}/ kg ZnO
	COD	2.54E-04	kg COD/ kg ZnO
การใช้ fatty acid (แทน lauric acid)	CO_2	4.16E-01	kg CO_2/ kg fatty acid
	CH_4	1.30E-04	kg CH_4/ kg fatty acid
	N_2O	1.48E-03	kg N_2O/ kg fatty acid
	CO	2.38E-04	kg CO/ kg fatty acid
	SO_2	1.34E-03	kg SO_2/ kg fatty acid

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
5.การผลิตน้ำยางข้น			
การใช้ fatty acid (ใช้แทน lauric acid)	NO_x	1.43E-03	kg NO_x/ kg fatty acid
	NH_3	3.60E-05	kg NH_3/ kg fatty acid
	NO_{3-}	1.13E-04	kg NO_3/ kg fatty acid
	N	1.14E-03	kg N/ kg fatty acid
	P	4.54E-05	kg P/ kg fatty acid
	PO_4^{3-}	7.65E-05	kg PO_4^{3-}/ kg fatty acid
	COD	5.04E-03	kg COD/ kg fatty acid
การผลิตไฟฟ้า	CO_2*	5.60E+02	g CO_2/ kWh
	CH_4	4.13E+00	g CH_4/ kWh
	N_2O	1.40E-02	g N_2O/ kWh
	CO	1.41E-01	g CO/ kWh
	SO_2	4.30E-01	g SO_2/ kWh
	NO_x	1.28E+00	g NO_x/ kWh
	COD	3.45E-01	g COD / kWh
การผลิต DAP	CO_2	1.51E-01	kg CO_2/ kg DAP
	CH_4	9.20E-06	kg CH_4/ kg DAP
	N_2O	7.90E-06	kg N_2O/ kg DAP
	CO	9.79E-04	kg CO/ kg DAP
	SO_2	5.73E-05	kg SO_2/ kg DAP
	NO_x	1.45E-03	kg NO_x/ kg DAP
	NH_3	2.65E-05	kg NH_3/ kg DAP
	NO_{3-}	3.61E-05	kg NO_3/ kg DAP

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010) ยกเว้น CO_2* สืบค้นจาก EGAT (2011)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
5.การผลิตน้ำยางข้น			
การผลิต DAP	N	1.69E-05	kg N/ kg DAP
	P	3.49E-05	kg P/ kg DAP
	PO_4^{3-}	5.48E-05	kg PO_4^{3-}/ kg DAP
	COD	1.77E-03	kg COD/ kg DAP
6.การขนส่งน้ำยางข้น			
รถบรรทุก lorry >16t	CO_2	1.01E-01	kg CO_2/ tkm
(แทนรถพ่วง 18 ล้อ)	CH_4	8.41E-06	kg CH_4/ tkm
	N_2O	3.47E-06	kg N_2O/ tkm
	CO	3.24E-04	kg CO/ tkm
	SO_2	1.12E-05	kg SO_2/ tkm
	NO_x	1.02E-03	kg NO_x/ tkm
	NH_3	1.55E-06	kg NH_3/ tkm
	NO_{3-}	5.22E-07	kg NO_3/ tkm
	N	1.32E-07	kg N/ tkm
	P	1.56E-08	kg P/ tkm
	PO_4^{3-}	6.36E-08	kg PO_4^{3-}/ tkm
	COD	2.78E-04	kg COD/ tkm
	PM	7.99E-06	kg PM/ tkm
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
<u>วัตถุดิบ และสารเคมี</u>			
การผลิตกำมะถัน	CO_2	1.89E-03	kg CO_2/ kg S
	CH_4	1.47E-07	kg CH_4/ kg S

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การผลิตกำมะถัน	N_2O	2.93E-07	kg N_2O/ kg S
	CO	2.81E-05	kg CO/ kg S
	SO_2	1.44E-06	kg SO_2/ kg S
	NO_x	1.32E-05	kg NO_x/ kg S
	NH_3	3.73E-07	kg NH_3/ kg S
	NO_{3-}	2.82E-06	kg NO_3/ kg S
	N	4.60E-07	kg N/ kg S
	P	1.11E-07	kg P/ kg S
	PO_4^{3-}	1.60E-08	kg PO_4^{3-}/ kg S
	COD	1.10E-03	kg COD/ kg S
	NMVOC	1.74E-06	kg NMVOC /kg S
	PM	2.01E-07	kg PM /kg S
การผลิต KOH	CO_2	7.59E-02	kg CO_2/ kg KOH
	CH_4	3.31E-06	kg CH_4/ kg KOH
	N_2O	1.27E-05	kg N_2O/ kg KOH
	CO	6.18E-04	kg CO/ kg KOH
	SO_2	3.99E-05	kg SO_2/ kg KOH
	NO_x	7.50E-04	kg NO_x/ kg KOH
	NH_3	2.49E-05	kg NH_3/ kg KOH
	NO_{3-}	2.27E-05	kg NO_3/ kg KOH
	N	8.06E-06	kg N/ kg KOH
	P	9.62E-08	kg P/ kg KOH

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การผลิต KOH	PO_4^{3-}	1.80E-06	kg PO_4^{3-}/ kg KOH
	COD	1.11E-03	kg COD/ kg KOH
	NMVOC	8.66E-05	kg NMVOC /kg KOH
การผลิต ZnO	CO_2	5.23E-02	kg CO_2/ kg ZnO
	CH_4	2.50E-06	kg CH_4/ kg ZnO
	N_2O	3.81E-06	kg N_2O/ kg ZnO
	CO	4.83E-04	kg CO/ kg ZnO
	SO_2	3.01E-05	kg SO_2/ kg ZnO
	NO_x	4.47E-04	kg NO_x/ kg ZnO
	NH_3	1.11E-05	kg NH_3/ kg ZnO
	NO_{3-}	2.98E-06	kg NO_3/ kg ZnO
	N	1.87E-06	kg N/ kg ZnO
	P	3.94E-08	kg P/ kg ZnO
	PO_4^{3-}	5.97E-07	kg PO_4^{3-}/ kg ZnO
	COD	2.54E-04	kg COD/ kg ZnO
	NMVOC	5.01E-05	kg NMVOC /kg ZnO
การผลิต TiO_2	CO_2	2.52E-01	kg CO_2/ kg TiO_2
	CH_4	1.16E-05	kg CH_4/ kg TiO_2
	N_2O	1.89E-05	kg N_2O/ kg TiO_2
	CO	1.36E-03	kg CO/ kg TiO_2
	SO_2	1.01E-04	kg SO_2/ kg TiO_2
	NO_x	1.83E-03	kg NO_x/ kg TiO_2
	NH_3	3.53E-05	kg NH_3/ kg TiO_2

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การผลิต TiO_2	NO_{3-}	9.55E-05	kg NO_3/ kg TiO_2
	N	1.27E-05	kg N/ kg TiO_2
	P	4.46E-07	kg P/ kg TiO_2
	PO_4^{3-}	6.03E-06	kg PO_4^{3-}/ kg TiO_2
	COD	4.74E-03	kg COD/ kg TiO_2
	NMVOC	1.83E-04	kg NMVOC /kg TiO_2
การผลิตกรดไนตริก	CO_2	2.59E-02	kg CO_2/ kg TiO_2
	CH_4	1.08E-06	kg CH_4/ kg TiO_2
	N_2O	1.12E-06	kg N_2O/ kg TiO_2
	CO	2.70E-04	kg CO/ kg TiO_2
	SO_2	1.92E-05	kg SO_2/ kg TiO_2
	NO_x	1.81E-04	kg NO_x/ kg TiO_2
	NH_3	9.50E-06	kg NH_3/ kg TiO_2
	NO_{3-}	1.92E-06	kg NO_3/ kg TiO_2
	N	1.62E-04	kg N/ kg TiO_2
	P	4.45E-10	kg P/ kg TiO_2
	PO_4^{3-}	7.25E-07	kg PO_4^{3-}/ kg TiO_2
	COD	1.19E-03	kg COD/ kg TiO_2
	NMVOC	2.22E-05	kg NMVOC /kg TiO_2
การผลิต $Ca(NO_3)_2$	CO_2	1.99E-01	kg CO_2/ kg $Ca(NO_3)_2$
	CH_4	9.48E-06	kg CH_4/ kg $Ca(NO_3)_2$
	N_2O	8.71E-06	kg N_2O/ kg $Ca(NO_3)_2$
	CO	1.76E-03	kg CO/ kg $Ca(NO_3)_2$

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การผลิต $Ca(NO_3)_2$	SO_2	1.14E-04	kg SO_2/ kg $Ca(NO_3)_2$
	NO_x	1.71E-03	kg NO_x/ kg $Ca(NO_3)_2$
	NH_3	2.94E-06	kg NH_3/ kg $Ca(NO_3)_2$
	NO_{3-}	8.61E-03	kg NO_3/ kg $Ca(NO_3)_2$
	N	3.93E-06	kg N/ kg $Ca(NO_3)_2$
	P	1.46E-07	kg P/ kg $Ca(NO_3)_2$
	PO_4^{3-}	3.64E-06	kg PO_4^{3-}/ kg $Ca(NO_3)_2$
	COD	2.84E-03	kg COD/ kg $Ca(NO_3)_2$
	NMVOC	1.85E-04	kg NMVOC /kg $Ca(NO_3)_2$
การผลิตแป้งข้าวโพด	CO_2	4.21E-02	kg CO_2/ kg $C_6H_{10}O_5$
	CH_4	2.15E-06	kg CH_4/ kg $C_6H_{10}O_5$
	N_2O	2.94E-06	kg N_2O/ kg $C_6H_{10}O_5$
	CO	4.47E-04	kg CO/ kg $C_6H_{10}O_5$
	SO_2	2.75E-05	kg SO_2/ kg $C_6H_{10}O_5$
	NO_x	2.91E-04	kg NO_x/ kg $C_6H_{10}O_5$
	NH_3	1.15E-05	kg NH_3/ kg $C_6H_{10}O_5$
	NO_{3-}	6.82E-04	kg NO_3/ kg $C_6H_{10}O_5$
	N	1.33E-05	kg N/ kg $C_6H_{10}O_5$
	P	3.70E-05	kg P/ kg $C_6H_{10}O_5$
	PO_4^{3-}	1.91E-04	kg PO_4^{3-}/ kg $C_6H_{10}O_5$
	COD	1.93E-06	kg COD/ kg $C_6H_{10}O_5$
	NMVOC	3.17E-05	kg NMVOC /kg $C_6H_{10}O_5$
	PM	4.32E-06	kg PM /kg $C_6H_{10}O_5$

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การผลิต MgO	CO_2	7.22E-03	kg CO_2/ kg MgO
(ใช้แทน $CaCO_3$)	CH_4	3.27E-07	kg CH_4/ kg MgO
	N_2O	1.37E-06	kg N_2O/ kg MgO
	CO	9.11E-05	kg CO /kg MgO
	SO_2	2.75E-05	kg SO_2/ kg MgO
	NO_x	2.91E-04	kg NO_x/ kg MgO
	NH_3	1.15E-05	kg NH_3/ kg MgO
	NO_{3-}	1.32E-06	kg NO_3/ kg MgO
	N	8.57E-07	kg N/ kg MgO
	P	5.40E-09	kg P/ kg MgO
	PO_4^{3-}	1.71E-08	kg PO_4^{3-}/ kg MgO
	COD	2.78E-02	kg COD/ kg MgO
	NMVOC	4.47E-05	kg NMVOC / kg MgO
การผลิตไฟฟ้า	CO_2*	5.60E+02	g CO_2/ kWh
	CH_4	4.13E+00	g CH_4/ kWh
	N_2O	1.40E-02	g N_2O/ kWh
	CO	1.41E-01	g CO/ kWh
	SO_2	4.30E-01	g SO_2/ kWh
	NO_x	1.28E+00	g NO_x/ kWh
	COD	3.45E-01	g COD/ kWh
การใช้แก๊ส LPG	CO_2	3.47E-02	kg CO_2/ kg LPG
	CH_4	1.61E-06	kg CH_4/ kg LPG

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010) ยกเว้น CO_2* สืบค้นจาก EGAT (2011)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
7.การผลิตถุงมือแพทย์			
การใช้แก๊ส LPG	N_2O	1.20E-06	kg N_2O/ kg LPG
	CO	3.69E-04	kg CO/ kg LPG
	SO_2	1.76E-05	kg SO_2/ kg LPG
	NO_x	3.04E-04	kg NO_x/ kg LPG
	NH_3	1.63E-06	kg NH_3/ kg LPG
	NO_3	5.91E-07	kg NO_3/ kg LPG
	N	2.65E-07	kg N/ kg LPG
	P	2.71E-08	kg P/ kg LPG
	PO_4^{3-}	5.95E-08	kg PO_4^{3-}/ kg LPG
	COD	1.53E-04	kg COD/ kg LPG
	NMVOC	3.15E-05	kg NMVOC/ kg LPG
8.การกำจัดถุงมือแพทย์			
การเผาขยะติดเชื้อ	CO_2	1.27E-02	kg CO_2/ kg disposal
	CH_4	2.04E-07	kg CH_4/ kg disposal
	N_2O	3.19E-07	kg N_2O/ kg disposal
	CO	4.68E-05	kg CO/ kg disposal
	SO_2	5.65E-06	kg SO_2/ kg disposal
	NO_x	4.88E-05	kg NO_x/ kg disposal
	NH_3	9.10E-07	kg NH_3/kg disposal
	NO_{3-}	4.02E-06	kg NO_{3-}/kg disposal
	N	3.14E-07	kg NH_3/kg disposal
	P	7.46E-11	kg P/ kg disposal

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

ตารางที่ 2-2 ค่าตัวคูณมลสาร (Emission factor: EF) แต่ละตัวที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง จำนวนบรรจุ 100 ชิ้น (ต่อ)

แหล่งที่มา	มลสาร	Emission factor	หน่วย
8.การกำจัดถุงมือแพทย์			
การเผาขยะติดเชื้อ	PO_4^{3-}	2.24E-07	kg PO_4^{3-}/ kg disposal
	COD	1.97E-07	kg COD/ kg disposal
	NMVOC	3.15E-05	kg NMVOC/ kg disposal
	Glyphosat	1.22E-10	kg Glyphosat/ kg disposal
	PM	7.30E-07	kg PM/ kg disposal

หมายเหตุ: แหล่งอ้างอิงตัวคูณการปล่อยมลสาร (Emission factor) สืบค้นจาก Eco-invent (2010)

2.1.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)

ขั้นตอนนี้เป็นการแปลงข้อมูลบัญชีรายการจากขั้นตอนที่ 2 ให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1.3.1 การแบ่งหมวดหมู่ของประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Classification)

การแบ่งหมวดหมู่ของมลสารที่คำนวณได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันตามประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มลสารนั้นเกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น จากมลสารทั้งหมด ได้แก่ CO, CH_4, NO_x, NMVOC, CO_2, SO_2 และ N_2O พบว่า CO_2, CH_4 และ N_2O ล้วนเป็นมลสารที่มีศักยภาพก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน ดังนั้น จึงถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน เป็นต้น ดังตารางที่ 2-3 โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ มีทั้งหมด 5 ประเภท ตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ (1) สภาวะโลกร้อน (Global warming) เป็นผลกระทบระดับโลก (2) สภาวะฝนกรด (Acidification) และ (3) สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication) เป็นผลกระทบระดับภูมิภาค (4) สภาวะหมอกพิษ (Smog) และ (5) สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) เป็นผลกระทบระดับท้องถิ่น (วาริท เจาะจิตต์, 2557) ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับมลสารที่เกิดจากการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร และพลังงาน ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์

ตารางที่ 2-3 การจำแนกหมวดหมู่ของประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Classification)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact category)	หน่วย (Unit)	บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI data)
สภาวะโลกร้อน (Global warming)	kg CO_2-eq	CO_2, CH_4, N_2O
สภาวะฝนกรด (Acidification)	kg SO_2-eq	SO_2, NO_x, NH_3
สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication)	kg PO_4^{3-}-eq	NH_3, N_2O, NO_3, N, P, PO_4^{3-}, COD
สภาวะหมอกพิษ (Smog)	kg C_2H_4-eq	CO, CH_4, NO_x, NMVOC
สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)	kg $C_6H_4Cl_2$-eq	PM, SO_2, NO_x, Glyphosate

2.1.3.2 การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization)

การคำนวณเพื่อแยกประเภทของผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการแปลงค่ามลสารแต่ละตัวในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมลสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งรายงานผลเป็นค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Potential impact score) ต่อหน่วยทำงานของถุงมือแพทย์ที่กำหนดไว้ และมีหน่วยผลกระทบที่แตกต่างกันไปตามประเภทของผลกระทบนั้นๆ

โดยสมการพื้นฐานของการคำนวณค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ดังสมการที่ (2-3) ซึ่งดัดแปลงมาจากสมการที่ (1-2) คือ

$$\text{Impact}_{\mu,i} = \text{Emission}_{i,j} \times \text{Characterization factor}_{\mu,i} \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่

$\text{Impact}_{\mu,i}$ คือ ค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม μ ของมลสาร i

$\text{Emission}_{i,j}$ คือ ค่าปริมาณการปล่อยมลพิษของมลสาร i เนื่องจากกิจกรรม j

$\text{Characterization factor}_{\mu,i}$ คือ ค่าตัวคูณผลกระทบสิ่งแวดล้อม μ ของมลสาร i

ทั้งนี้ผลกระทบแต่ละชนิดจากมลสารประเภทต่างๆ จะนำมารวมกันดังสมการที่ (2-4)

$$\text{Impact}_{\mu} = \sum_{\mu} impact_{\mu,i} \qquad (2\text{-}4)$$

การคำนวณในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต Sima Pro สำหรับการทวนสอบความถูกต้องในการคำนวณ เนื่องจาก

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของถุงมือแพทย์นี้ มีความเกี่ยวข้องกับข้อมูล และตัวเลขจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำโปรแกรมสำเร็จรูปเข้ามาช่วยในการจัดการกับข้อมูลของกระบวนการผลิตต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพ และสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีกับฐานข้อมูลด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตอื่นๆ ได้ นำไปสู่การพัฒนา และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

สำหรับค่าตัวคูณประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้จากฐานข้อมูลของ CML baseline 2000 (Institute of environmental sciences, lieden university, the netherlands) ของประเทศเนเธอร์แลนด์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2-4 ค่าตัวคูณประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization factor: CF) แต่ละประเภท

ประเภทผลกระทบ	มลสาร	Characterization factor: CF	อ้างอิง
สภาวะโลกร้อน	CO_2	1 kg CO_2 = 1 kg CO_2-eq	CML (2012)
(Global warming)	CH_4	1 kg CH_4 = 25 kg CO_2-eq	CML (2012)
	N_2O	1 kg N_2O = 298 kg CO_2-eq	CML (2012)
สภาวะฝนกรด	SO_2	1 kg SO_2 = 1 kg SO_2-eq	CML (2012)
(Acidification)	NO_x	1 kg NO_x = 0.7 kg SO_2-eq	CML (2001)
	NH_3	1 kg NH_3= 1.88 kg SO_2-eq	CML (2001)
สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ	NH_3	1 kg NH_3 = 0.35 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
(Eutrophication)	NO_3	1 kg NO_3 = 0.1 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
	N	1 kg N = 0.42 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
	P	1 kg P = 3.06 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
	PO_4^{3-}	1 kg PO_4^{3-} = 1 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
	COD	1 kg COD = 0.022 kg PO_4^{3-}-eq	CML (2012)
สภาวะหมอกพิษ	CO	1 kg CO = 0.027 kg C_2H_4-eq	CML (2012)
(Smog)	CH_4	1 kg CH_4 = 0.006 kg C_2H_4-eq	CML (2001)
	NO_x	1 kg NO_x = 0.028 kg C_2H_4-eq	CML (2012)
	NMVOC	1 kg NMVOC = 0.416 kg C_2H_4-eq	CML (2012)
สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์	Glyphosate	1 kg Glyphosate = 0.015 kg $C_6H_4Cl_2$-eq	CML (2012)
(Human toxicity)	PM	1 kg PM = 0.82 kg $C_6H_4Cl_2$-eq	CML (2012)
	SO_2	1 kg SO_2 = 0.096 kg $C_6H_4Cl_2$-eq	CML (2012)
	NO_x	1 kg NO_x = 1.2 kg $C_6H_4Cl_2$-eq	CML (2012)

2.1.4 การแปลผล (Interpretation)

ขั้นตอนของการแปลผลที่ได้จากทั้งขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมารวมกันเพื่อจำแนกกิจกรรม ขั้นตอน และระบบย่อยของวัฏจักรชีวิตของถุงมือแพทย์ ที่มีส่วนสำคัญก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด เพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังใช้ในการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์หาแนวทางเลือกที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์อีกด้วย

2.1.5 การประเมินการใช้ทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

โดยผลจากการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของถุงมือแพทย์ ทำให้ทราบว่าแหล่งข้อมูล หรือกิจกรรมใดในระบบย่อยของวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ ที่มีแนวโน้มทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่ศึกษา มากหรือน้อยเพียงใด และยังสามารถเรียงลำดับกิจกรรมสำคัญที่ส่งผลกระทบ เพื่อนำไปสู่การหาทางเลือกมาช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งในการนำเสนอทางเลือกอาจมีหลายด้าน เช่น การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี การลดใช้พลังงาน หรือแม้แต่การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการศึกษางานวิจัยที่มีการดำเนินการ และตีพิมพ์เผยแพร่มาแล้ว เพื่อช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้อาจมีการจำลองสถานการณ์จากกรณีศึกษา โดยการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งก่อน (ไม่มีการใช้ทางเลือก) และหลัง (พิจารณาตามทางเลือก) มาวิเคราะห์/ วิจารณ์ผล เพื่อดูแนวโน้มการลดลงของผลกระทบ อีกทั้งศึกษาความเป็นไปได้ของการนำไปปรับปรุงการดำเนินงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม หรือภาพส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

บทที่ 3
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and scope definition)

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาข้อมูลด้านการใช้ทรัพยากร และการใช้พลังงาน มาจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เพื่อการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนสิ้นสุดผลิตภัณฑ์ (Cradle to grave approach) โดยมีขอบเขตของการศึกษาครอบคลุม 4 ระบบ ได้แก่ ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และระบบการกำจัด ซึ่งทำการเก็บข้อมูลแปลงเพาะกล้ายาง จำนวน 2 แปลง แปลงปลูกยางพารา จำนวน 2 แปลง โรงงานผลิตน้ำยางข้น จำนวน 2 โรงงาน และโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ที่ใช้เทคนิคการจุ่มแป้งในการผลิต จำนวน 2 โรงงาน แต่ไม่ทำการศึกษาในส่วนของ (1) ข้อมูลที่เกี่ยวกับการผลิตยางสกิม เนื่องจากวัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตในส่วนนี้ไม่ได้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถุงมือแพทย์แต่อย่างใด (2) ขั้นตอนการขนส่งถุงมือแพทย์ไปยังจุดกระจาย และจำหน่ายสินค้า เนื่องจาก การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในภาพรวมของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยไม่ได้มีการเฉพาะเจาะจงเพียงโรงงานใดโรงงานหนึ่ง ทำให้จุดกระจายสินค้ามีหลายจุด อีกทั้งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ทั้งชนิดรถ และระยะทาง จึงมีความหลากหลายไปด้วย อย่างไรก็ตาม การขนส่งถุงมือแพทย์ไปยังจุดกระจาย และจำหน่ายสินค้า มีการใช้ทรัพยากรที่สำคัญ คือ น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้น จึงมีการปล่อยมลสารอาทิเช่น CO_2, CO, CH_4 และเขม่าควัน เป็นต้น ออกมาในปริมาณมาก/ น้อย ขึ้นอยู่กับระยะทาง และชนิดของเชื้อเพลิงเป็นสำคัญ กล่าวคือ ระยะทางยิ่งมาก อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงยิ่งมาก การปล่อยมลสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย และ (3) การใช้งานถุงมือแพทย์ เนื่องจากไม่มีการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร หรือพลังงานใดๆ ร่วมกับขั้นตอนนี้

การเก็บข้อมูลใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์กับผู้เพาะพันธุ์กล้ายางพารา (แปลงจำหน่ายกล้ายางพารา) เกษตรชาวสวน และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในส่วนของโรงงาน รวมไปถึงการศึกษาค้นคว้า และทบทวนการคำนวณปริมาณข้อมูลดิบต่างๆ ให้ได้มาซึ่งปริมาณระดับกิจกรรมต่อหน่วยหน้าที่ที่ศึกษา คือ การผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง จำนวน 100 ชิ้น (น้ำหนัก 520 กรัม) ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

3.1.1 ระบบการปลูกยางพารา

ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆในขั้นตอนการปลูกยางพารา ซึ่งประกอบด้วย 3 แหล่งข้อมูลดังนี้

3.1.1.1. การเพาะกล้ายาง พิจารณาถึงปริมาณการใช้ปุ๋ย N ปุ๋ย P และปุ๋ย K

3.1.1.2. การเตรียมพื้นที่ปลูกยางพารา พิจารณาในส่วนของระยะทาง และชนิดรถที่ใช้ รวมไปถึงน้ำหนักบรรทุก

3.1.1.3 การบำรุงรักษา พิจารณาถึงปริมาณการใส่ปุ๋ยบำรุงรักษา ในการเจริญเติบโตของยางพารา โดยใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่ และข้อมูลทุติยภูมิของกรมวิชาการเกษตร 2555 รวมไปถึงการใช้ไกลโฟเสตในการกำจัดวัชพืชในสวนยางพาราด้วย

ทั้งนี้ระดับกิจกรรมในส่วนของระบบการปลูกยางพาราจากการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงาน เฉลี่ยต่อ 1 ปี แล้ว (ซึ่งคำนวณจากฐานข้อมูลในรอบการปลูก 25 ปี)

3.1.2 ระบบการผลิตน้ำยางข้น

3.1.2.1.การขนส่งน้ำยางดิบ โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางเฉลี่ยในการขนส่ง น้ำหนักบรรทุกน้ำยางดิบ รวมไปถึงชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งน้ำยางดิบมายังโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่ และข้อมูลขาเข้าจากโรงงานน้ำยางข้น (โดยการจัดทำแบบฟอร์มจดบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางดิบมายังโรงงาน)

3.1.2.2.การผลิตน้ำยางข้น โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน โดยใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยตรง จำนวน 2 โรงงาน ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และสงขลา ประกอบกับข้อมูลทุติยภูมิของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

3.1.3 ระบบการผลิตถุงมือแพทย์

3.1.3.1.การขนส่งน้ำยางข้น โดยทำการศึกษา และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางเฉลี่ยในการขนส่ง ชนิดรถที่ใช้ในการขนส่งน้ำยางข้นไปยังโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ รวมไปถึงน้ำหนักบรรทุกน้ำยางข้น โดยใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่สำรวจ ในส่วนของการส่งออกจากโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 2 โรงงาน ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และสงขลา

3.1.3.2.การผลิตถุงมือแพทย์ โดยทำการศึกษา และการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร และพลังงานในการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง โดยใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานซึ่งเป็นปริมาณการใช้ทรัพยากร และพลังงาน ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดต่อปี มาเป็นฐานข้อมูลต่อหน่วย

หน้าที่ที่ศึกษา โดยเก็บข้อมูล 2 โรงงาน ในพื้นที่จังหวัดสงขลา และจังหวัดสมุทรปราการ ทั้งนี้ได้พิจารณาโดยเน้นโรงงานที่มีความพร้อม และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนเป็นความลับทางการค้าของโรงงานนั้นๆ

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาระบบการผลิตน้ำยางข้น และระบบการผลิตถุงมือแพทย์ พบว่ามีการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้ด้วย กล่าวคือ โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น มีการผลิตยางสกิม ส่วนโรงงานผลิตถุงมือแพทย์ มีการผลิตถุงมือยางสังเคราะห์ ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นฐานข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และสารเคมี ที่มีการแยกส่วนเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาเท่านั้น ซึ่งไม่คิดการปันส่วนของยางสกิม เนื่องจากโรงงานมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด และบันทึกข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร และพลังงาน แยกส่วนกับการผลิตน้ำยางข้น และไม่คิดการปันส่วนการผลิตถุงมือยางสังเคราะห์ เนื่องจากเป็นการขอข้อมูล และจดบันทึกเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถุงมือแพทย์จากน้ำยางธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

3.1.4 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ โดยทำการศึกษาประเภทของการกำจัด รวมไปถึงชนิด และปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการกำจัด จากสมมติฐานที่ว่าถุงมือแพทย์ใช้สวมใส่เพื่อป้องกันการปนเปื้อน หรือสัมผัสกับเลือด สารเคมี หรือสิ่งสกปรก ระหว่างผู้ป่วยกับผู้ตรวจรักษาวินิจฉัยโรค ซึ่งใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เพื่อป้องกันเชื้อโรคแพร่กระจาย ดังนั้น วิธีกำจัดโดยส่วนใหญ่คือ การเผาทำลายอย่างถูกสุขลักษณะ ซึ่งสมมติฐานงานวิจัยครั้งนี้ คือ การเผาทำลายเป็นขยะติดเชื้อ โดยประเมินการปลดปล่อยมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากการกำจัดยางธรรมชาติ ทั้งนี้ จากงานวิจัยของ Manyele, S. V. and Kagonji, I. S. (2012) พบว่า มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา และปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิง เท่ากับ 0.315 ลิตร/ กิโลกรัม (จากการคำนวณหน้า 144)

3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis)

การเก็บรวบรวมข้อมูลตามเป้าหมาย และขอบเขตที่กำหนดไว้เพื่อนำมาศึกษา วิเคราะห์ สามารถจัดแบ่งข้อมูลที่นำมาพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบในแต่ละระบบย่อยและ (2) ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง (100 ชิ้น, 520 กรัม) ดังต่อไปนี้

3.2.1 ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ (Input)

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ทราบถึงปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมในขอบเขตการศึกษา ซึ่งปริมาณกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละระบบย่อย (ที่ทำการเก็บข้อมูล) และในวัฏจักรการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ตามหน่วยหน้าที่ระบุในขอบเขตการศึกษา) ประกอบด้วย 4 ระบบย่อย ได้แก่ การปลูกยางพารา การผลิตน้ำยางข้น การผลิตถุงมือแพทย์ และการกำจัดถุงมือแพทย์ แสดงข้อมูลดังตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-1 ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ต่อระบบย่อยที่ศึกษา

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย
การปลูกยางพารา	การเพาะกล้ายาง	ปุ๋ย N	0.3351	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
		ปุ๋ย P	0.0938	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
		ปุ๋ย K	0.0938	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
	รถแทร็กเตอร์	การเตรียมพื้นที่ปลูก	5.5152	tkm/ ตันน้ำยางดิบ
	การบำรุงรักษา	ปุ๋ย N	64.7423	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
		ปุ๋ย P	28.5794	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
		ปุ๋ย K	72.8351	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
		ไกลโฟเสต	3	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางดิบ
การผลิตน้ำยางข้น	การขนส่งน้ำยางดิบ	รถกระบะ 4 ล้อ (100%)	51.7011	tkm/ ตันน้ำยางข้น
	การใช้วัตถุดิบและสารเคมี	น้ำยางดิบ	2203.8	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
		แอมโมเนีย	99.7	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
		TMTD	1.5	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
		ZnO	1.5	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
		DAP	12.8	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
		Lauric acid	2.2	กิโลกรัม/ ตันน้ำยางข้น
	เครื่องปั่นเหวี่ยง	การใช้ไฟฟ้าปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบ	135.53	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ตันน้ำยางข้น

ตารางที่ 3-1 ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ ต่อระบบย่อยที่ศึกษา (ต่อ)

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ปริมาณ*	หน่วย
การผลิตถุงมือแพทย์	การขนส่งน้ำยางข้น	ใช้รถ 18 ล้อ (100%)	0.0205	tkm/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังน้ำยางคอมพาวนด์	น้ำยางข้น	1.221	กิโลกรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		กำมะถัน	7.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		KOH	13.5	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ZnO	7.65	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		TiO_2	5.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ZDEC	0.725	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังแป้ง	แป้งข้าวโพด	38	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังกรด	กรดไนตริก	19	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังเคมี	$CaCO_3$	25	กรัม/กล่องถุงมือแพทย์
		$Ca(NO_2)_3$	17	กรัม/กล่องถุงมือแพทย์
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้ไฟฟ้า	9.7197	kWh/กล่องถุงมือแพทย์
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้แก๊ส LPG	498	กรัม/กล่องถุงมือแพทย์
การจัดการหลังหมดอายุการใช้งาน	การกำจัดถุงมือแพทย์	การกำจัดขยะติดเชื้อ (เผา)	520	กรัม/กล่องถุงมือแพทย์

จากตารางแสดงปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อม ต่อหน่วยของระบบย่อยที่ทำการศึกษา ได้แก่ 1) ระบบการปลูกยางพาราต่อ 1 ตันน้ำยางดิบ 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อ 1 ตันน้ำยางข้น 3) ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อ 1 กล่องถุงมือแพทย์ และ 4) ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ต่อ 1 กล่องถุงมือแพทย์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3-2 ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย
การปลูกยางพารา	การเพาะกล้ายาง	ปุ๋ย N	0.87	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ปุ๋ย P	0.24	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ปุ๋ย K	0.24	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	การเตรียมพื้นที่ปลูก	รถแทร็กเตอร์	0.000021	tkm/ กล่องถุงมือแพทย์
	การบำรุงรักษา	ปุ๋ย N	169	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ปุ๋ย P	74.62	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ปุ๋ย K	190.1	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ไกลโฟเสต	7.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
การผลิตน้ำยางข้น	การขนส่งน้ำยางดิบ	รถกระบะ 4 ล้อ (100%)	0.061	tkm/ กล่องถุงมือแพทย์
	การใช้วัตถุดิบ และสารเคมี	น้ำยางดิบ	2.6445	กิโลกรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		แอมโมเนีย	119.64	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		TMTD	1.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ZnO	1.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		DAP	15.36	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		Lauric acid	2.64	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	เครื่องปั่นเหวี่ยง	การใช้ไฟฟ้าปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบ	0.1626	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ กล่องถุงมือแพทย์

ตารางที่ 3.2 ปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย
การผลิตถุงมือแพทย์	การขนส่งน้ำยางข้น	รถพ่วง 18 ล้อ (100%)	0.0205	tkm/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังน้ำยางคอมพาวนด์	น้ำยางข้น	1.221	กิโลกรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		กำมะถัน	7.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		KOH	13.5	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ZnO	7.65	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		TiO_2	5.8	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		ZDEC	0.725	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังแป้ง	แป้งข้าวโพด	38	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังกรด	กรดไนตริก	19	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ถังเคมี	$CaCO_3$	25	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
		$Ca(NO_2)_3$	17	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้ไฟฟ้า	9.7197	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ กล่องถุงมือแพทย์
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้แก๊ส LPG	498	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์
การจัดการหมดอายุการใช้งาน	การกำจัดถุงมือแพทย์	การกำจัดขยะติดเชื้อ (เผา)	520	กรัม/ กล่องถุงมือแพทย์

จากตารางแสดงปริมาณระดับกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมของระบบย่อย ต่อระบบที่ทำการศึกษา คือ 1 กล่องถุงมือแพทย์ ประกอบไปด้วย 1) ระบบการปลูกยางพารา 2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น 3) ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และ 4) ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ ตามลำดับ

3.2.2 ค่าการปล่อยมลสาร (Emission inventory)

จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน ในกิจกรรมต่างๆ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำบัญชีรายการ และหาค่าการปล่อยมลสารต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งครอบคลุมระบบย่อยที่ศึกษาตั้งแต่ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ จนถึงระบบการกำจัดถุงมือแพทย์โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์การปล่อยมลสารจากกิจกรรม ดังตารางที่ 3-3 ถึงตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (box) พบว่า กิจกรรมหลักที่มีส่วนสำคัญที่ปลดปล่อยมลสารในทุกกลุ่มผลกระทบ คือ กิจกรรมการใช้ปุ๋ยเพื่อบำรุงรักษาต้นยางพารา ช่วยให้ยางพาราเจริญเติบโต ได้ผลผลิตน้ำยางที่ดี และมีปริมาณมากขึ้น โดยมลสารที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จากกระบวนการให้ได้มาซึ่งปุ๋ย (การผลิตปุ๋ย) ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ เมื่อมีการชะล้างปุ๋ยชนิดนี้ลงสู่แหล่งน้ำ จะส่งผลให้พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดี และแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว หากเกิดการปลอดปล่อยก๊าซ N_2O สู่บรรยากาศ จะส่งผลทำให้เกิดฝนกรดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสยังก่อให้เกิดการปล่อย PO_4^{3-} ซึ่งเป็นมลสารที่มีผลต่อการเกิดผลกระทบด้านหมอกพิษ และความเป็นพิษต่อมนุษย์อีกด้วย ดังนั้น จากการวิเคราะห์การปลอดปล่อยมลสารจะเห็นได้ว่ากิจกรรมการผลิตปุ๋ยเพื่อนำมาใช้ในการบำรุงรักษาต้นยางพารา ซึ่งมีส่วนประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง ทั้งด้านสภาวะโลกร้อน การแพร่กระจายของพืชน้ำ ฝนกรด ความเป็นพิษต่อมนุษย์ และหมอกพิษ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์

ตารางที่ 3-3 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม								รวม
		การใช้ปุ๋ย N		การใช้ปุ๋ย P		การใช้ปุ๋ย K		การใช้ไกลโฟเสต	การเตรียมพื้นที่ปลูก	
		เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา			
Global warming										
CO_2	g	0.127	24.70	0.138	43	0.0198	15.70	4.12	1	88.80
CH_4	mg	0.006	1.18	0.01	3.09	0.001	0.70	24.40	<0.001	29.39
N_2O	mg	0.006	1.07	0.008	2.35	<0.001	0.54	0.58	<0.001	4.56
Acidification										
SO_2	mg	0.07	14.10	0.04	11.10	0.01	6.99	1.94	0.001	34.25
NO_x	g	0.001	0.21	0.001	0.42	<0.001	0.16	0.038	<0.001	0.83
NH_3	mg	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	0.002	0.001	<0.001	0.014
Eutrophication										
NH_3	mg	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	0.002	0.001	<0.001	0.014
NO_3	g	<0.001	0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	0.01
N	mg	0.002	0.48	0.01	1.82	<0.001	0.22	0.83	<0.001	3.36
P	mg	<0.001	0.02	0.01	<0.001	<0.001	0.02	84.30	<0.001	84.34
PO_4^{3-}	mg	0.0023	0.45	1.06	330	<0.001	0.20	0.23	<0.001	331.94

ตารางที่ 3-3 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม								รวม
		การใช้ปุ๋ย N		การใช้ปุ๋ย P		การใช้ปุ๋ย K		การใช้ไกลโฟเสต	การเตรียมพื้นที่ปลูก	
		เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา			
Eutrophication										
COD	g	0.002	0.34	<0.001	0.28	<0.001	0.06	0.003	<0.001	0.68
Smog										
CO	g	0.001	0.22	<0.001	0.21	<0.001	0.10	0.06	<0.001	0.60
CH_4	mg	0.006	1.18	0.01	3.09	0.001	0.70	24.40	<0.001	29.39
NO_x	g	0.001	0.21	0.001	0.42	<0.001	0.16	0.04	<0.001	0.83
NMVOC	g	<0.001	0.02	<0.001	0.04	<0.001	0.017	0.004	<0.001	0.08
Human toxicity										
glyphosate	mg	<0.001	0.001	<0.001	0.03	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	0.04
PM	mg	0.03	5.54	0.02	5.26	0.003	2.61	0.86	<0.001	14.32
SO_2	g	<0.001	0.014	<0.001	0.01	<0.001	0.007	0.002	<0.001	0.03
NO_x	g	0.001	0.21	0.001	0.42	<0.001	0.16	0.04	<0.001	0.83

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (box) พบว่า กิจกรรมหลักที่มีส่วนสำคัญในการปล่อยมลสารของทุกกลุ่มผลกระทบ คือ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบให้เป็นน้ำยางข้น ทั้งนี้มลสารส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในกลุ่มมลสารที่ทำให้เกิดโลกร้อน พบว่า มีการปล่อย CO_2 และ CH_4 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นสำคัญ เช่นเดียวกับผลกระทบในกลุ่มอื่นๆ ได้แก่ ฝนกรด หมอกพิษ และความเป็นพิษต่อมนุษย์ที่มีการปล่อยมลสารในกลุ่มผลกระทบดังกล่าว ยกเว้นผลกระทบด้านการแพร่กระจายของพืชน้ำ ที่มีการปล่อย N จากการผลิตแอมโมเนีย เพื่อนำมาใช้รักษาสภาพน้ำยางดิบ รวมไปถึงการใช้ DAP ที่มีการปล่อยมลสารพวกฟอสเฟต และฟอสฟอรัส จากการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางดิบก่อนก่อนเข้าสู่การปั่นเหวี่ยง เป็นสำคัญ

ตารางที่ 3-4 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรม						รวม
		การขนส่งน้ำยางดิบ	การใช้แอมโมเนีย	การใช้ ZnO	การใช้ fatty acid	การใช้ไฟฟ้า	การใช้ DAP	
Global warming								
CO_2	g	11.51	3.75	0.02	1.10	91.10	2.32	109.80
CH_4	mg	0.71	0.15	0.005	0.34	671.00	0.14	672.35
N_2O	mg	0.85	0.31	0.01	3.91	2.28	0.12	7.48
Acidification								
SO_2	g	0.001	0.003	<0.001	0.004	0.07	0.001	0.08
NO_x	g	0.113	0.03	0.001	0.004	0.21	0.02	0.37
NH_3	mg	0.26	1.17	0.02	0.09	-	0.41	1.95
Eutrophication								
NH_3	mg	0.26	1.17	0.02	0.09	-	0.41	1.95
NO_3	mg	0.10	0.67	0.01	0.30	-	0.56	1.62

หมายเหตุ : (1) - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

(2) TMTD ไม่ได้นำมาคำนวณค่าการปลอดปล่อยมลสาร เนื่องจาก ไม่มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับ Emission factor หรือสารเคมีที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 3-4 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรม						รวม
		การขนส่งน้ำยางดิบ	การใช้แอมโมเนีย	การใช้ ZnO	การใช้ fatty acid	การใช้ไฟฟ้า	การใช้ DAP	
Eutrophication								
N	mg	-	12.50	0.003	3.02	-	0.26	15.78
P	mg	0.002	<0.001	<0.001	0.12	-	0.54	0.66
PO_4^{3-}	mg	0.009	0.08	0.001	0.20	-	0.84	1.13
COD	g	0.03	1.31	<0.001	0.01	0.06	0.03	1.44
Smog								
CO	g	0.04	0.05	0.001	0.001	0.02	0.02	0.13
CH_4	mg	0.71	0.15	0.005	0.34	671	0.14	672.35
NO_x	g	0.11	0.03	0.001	0.004	0.208	0.02	0.37
Human toxicity								
PM	mg	1.83	-	-	-	-	-	1.83
SO_2	g	0.001	0.003	<0.001	0.004	0.07	0.001	0.08
NO_x	g	0.11	0.03	0.001	0.004	0.21	0.02	0.37

หมายเหตุ : (1) - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

(2) TMTD ไม่ได้นำมาคำนวณค่าการปลอดปล่อยมลสาร เนื่องจาก ไม่มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับ Emission factor หรือสารเคมีที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (box) พบว่า กิจกรรมหลักที่มีส่วนสำคัญในการปล่อยมลสารของทุกกลุ่มผลกระทบ คือ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า และการใช้แก๊ส LPG เพื่อเดินสายชุดการผลิตของระบบการผลิตถุงมือแพทย์ โดยมลสารส่วนใหญ่เกิดจากขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า และแก๊ส LPG เพื่อนำมาใช้ในระบบ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในกลุ่มมลสารที่ทำให้เกิดผลกระทบแยกเป็นแต่ละด้านที่ศึกษา พบว่า ผลกระทบด้านโลกร้อน มีการปล่อยมลสารตัวสำคัญจากกิจกรรมที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการเดินระบบที่ต่อเนื่อง เช่นเดียวกับผลกระทบในกลุ่มอื่นๆ ได้แก่ ฝนกรด หมอกพิษ และความเป็นพิษต่อมนุษย์ ล้วนมีแนวโน้มของการปล่อยมลสารในกลุ่มผลกระทบดังกล่าว ยกเว้น มลสารที่มีผลต่อการเกิดผลกระทบด้านการแพร่กระจายของพืชน้ำ พบว่า มีทั้ง NO_3 ที่ถูกปล่อยจากกิจกรรมการใช้แคลเซียมไนเตรต ช่วยให้น้ำยางจับแบบพิมพ์ PO_4^{3-} จากการใช้แป้งข้าวโพดเพื่อกันการติดโมล และ N จากการใช้กรดไนตริกในถังกรดที่ใช้กำจัดแป้งจากแม่พิมพ์ ทั้งนี้มลสารที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีที่กล่าวมานั้น ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนผลิตสารเคมีนั้นๆ นั้นเอง

ตารางที่ 3-5 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม											รวม
		การขนส่งน้ำยางข้น	การใช้กำมะถัน	การใช้ KOH	การใช้ ZnO	การใช้ TiO_2	การใช้กรดไนตริก	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	การใช้แป้งข้าวโพด	การใช้ MgO	การใช้ไฟฟ้า	การใช้แก๊ส LPG	
Global warming													
CO_2	g	2.07	0.01	1.03	0.4	1.46	0.49	3.38	1.6	0.18	5440	17.3	5467.93
CH_4	mg	0.17	0.001	0.04	0.02	0.07	0.02	0.16	0.08	0.01	40100	0.80	40101.4
N_2O	mg	0.07	0.002	0.17	0.03	0.11	0.02	0.15	0.11	0.03	136	0.60	137.30
Acidification													
SO_2	mg	0.23	0.01	0.54	0.23	0.58	0.37	1.93	1.04	0.09	4180	8.78	4193.79
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65
NH_3	mg	0.03	0.003	0.34	0.09	0.21	0.18	0.05	0.44	0.85	-	0.81	2.99
Eutrophication													
NH_3	mg	0.03	0.003	0.34	0.09	0.21	0.18	0.05	0.44	0.85	-	0.81	2.99
NO_3	mg	0.01	0.02	0.31	0.02	0.55	0.04	146	25.90	0.03	-	0.29	173.18
N	mg	0.003	0.00	0.11	0.01	0.07	3.08	0.07	0.50	0.02	-	0.13	4.01
P	mg	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.003	1.41	<0.001	-	0.013	1.43

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางที่ 3-5 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม											รวม
		การขนส่งน้ำยางข้น	การใช้กำมะถัน	การใช้ KOH	การใช้ ZnO	การใช้ TiO_2	การใช้กรดไนตริก	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	การใช้แป้งข้าวโพด	การใช้ MgO	การใช้ไฟฟ้า	การใช้แก๊ส LPG	
Eutrophication													
PO_4^{3-}	mg	0.001	<0.001	0.024	0.005	0.04	0.01	0.06	7.24	<0.001	-	0.03	7.41
COD	g	0.006	0.009	0.015	0.002	0.03	0.02	0.05	<0.001	0.69	0.003	0.08	0.91
Smog													
CO	g	0.007	<0.001	0.01	0.004	0.008	0.005	0.03	0.02	0.002	1.37	0.18	1.64
CH_4	mg	0.17	0.001	0.04	0.02	0.07	0.02	0.16	0.08	0.01	40100	0.80	40101.4
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65
NMVOC	mg	-	0.01	1.17	0.38	1.06	0.42	3.14	1.20	1.12	-	15.70	24.21
Human toxicity													
PM	mg	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16
SO_2	mg	0.23	0.01	0.54	0.23	0.58	0.37	1.93	1.04	0.09	4180	8.78	4193.79
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในการกำจัดถุงมือแพทย์ จากกิจกรรมการเผาต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (box) พบว่า ก่อให้เกิดการปล่อยมลสารชนิดต่างในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดมลสารในกลุ่มผลกระทบนั้นๆ ดังนี้

ตารางที่ 3-6 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรมการเผาขยะติดเชื้อ
Global warming		
CO_2	g	6.60
CH_4	g	<0.001
N_2O	g	<0.001
Acidification		
SO_2	g	0.003
NO_x	g	0.03
NH_3	mg	0.47
Eutrophication		
NH_3	mg	0.47
NO_3	g	0.002
N	mg	0.16
P	mg	<0.001
PO_4^{3-}	mg	0.12
COD	g	<0.001
Smog		
CO	g	0.02
CH_4	mg	0.11
NO_x	g	0.03
Human toxicity		
glyphosate	mg	<0.001
PM	mg	0.38
SO_2	mg	2.94
NO_x	g	0.03

3.3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ในขอบเขตที่ศึกษา โดยนำข้อมูลด้านการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปล่อยมลสารจากกระบวนการผลิตของระบบย่อย ที่ครอบคลุมตั้งแต่ระบบการปลูกยางพารา ระบบการผลิตน้ำยางข้น ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis) สู่การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการแปลข้อมูลบัญชีรายการ จากขั้นตอนที่ 3.2 ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 5 ประเภท ได้แก่ สภาวะโลกร้อน (Global warming) ฝนกรด (Acidification) หมอกพิษ (Smog) การแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication) และความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) ซึ่งมีรายละเอียดผลจากการศึกษาดังนี้

3.3.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะโลกร้อน (Global warming)

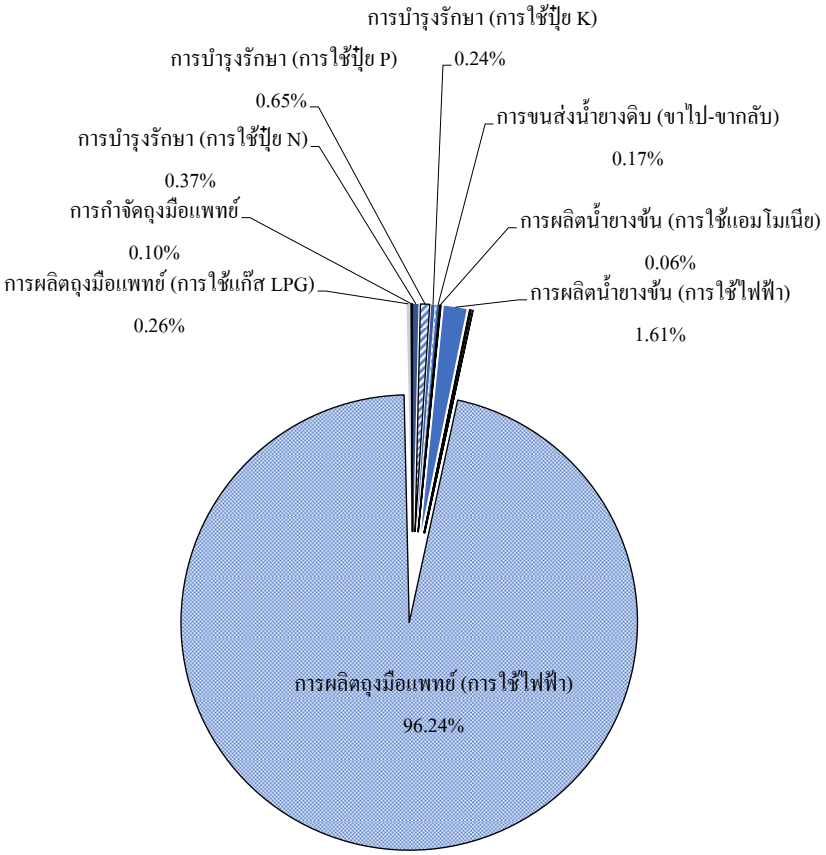
การศึกษาผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในระบบย่อยต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง พบว่า ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 6512 g CO_2-eq คิดเป็น 96.62% ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ โดยสัดส่วนของผลกระทบส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (96.24%) จากทุกขั้นตอน เนื่องจากเป็นการเดินสายของชุดการผลิตที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งส่งผลกระทบมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ ในระบบย่อยที่ศึกษา ส่วนระบบการผลิตน้ำยางข้นก็มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเช่นเดียวกันกับระบบการผลิตถุงมือแพทย์ แต่มีปริมาณการเกิดผลกระทบเพียง 117 g CO_2-eq ซึ่งคิดเป็น 1.74% (จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้น เพียง 1.61% เท่านั้น) ส่วนในระบบอื่นๆ พบว่า ส่งผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อนไม่มากนัก เช่น ระบบการปลูกยางพารา 89.66 g CO_2-eq จากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P บำรุงรักษาในสวนยางพารา รวมไปถึงระบบการขนส่ง ทั้งน้ำยางดิบ และน้ำยางข้น 11.77 g CO_2-eq และ 2.1 g CO_2-eq ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ตามลำดับ จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน ซึ่งมีการปล่อย CO_2 ออกมามากที่สุดเมื่อเทียบกับมลสารตัวอื่นๆ ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (แต่หากระยะทางในการขนส่งมีจุดหมายปลายทางที่ไกลขึ้น ก็จะส่งผลให้ค่าผลกระทบจากการขนส่งเพิ่มมากขึ้นด้วย) สำหรับกิจกรรมอื่นๆ พบการปล่อยค่อนข้างน้อย ซึ่งรายละเอียดข้างต้น ดังแสดงในตารางที่ 3-7 และภาพประกอบที่ 3-1

ตารางที่ 3-7 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g CO_2-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการปลูกยางพารา (แหล่ง)			
1. เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	0.13	0.002
	การใช้ปุ๋ย P	0.14	0.002
	การใช้ปุ๋ย K	0.02	<0.001
	รวม	0.29	0.004
2. เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	0.001	<0.001
3. บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	25.07	0.37
	การใช้ปุ๋ย P	43.79	0.65
	การใช้ปุ๋ย K	15.89	0.24
	การใช้ไกลโฟเสต	4.91	0.07
	รวม	89.66	1.33
ระบบการผลิตน้ำยางข้น (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	11.77	0.17
2. ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	3.84	0.06
	การใช้ ZnO	0.03	<0.001
	การใช้ fatty acid	2.27	0.03
	การใช้ไฟฟ้า	108.53	1.61
	การใช้ DAP	2.36	0.04
	รวม	117.04	1.74

ตารางที่ 3-7 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g CO_2-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุกขาไป-ขากลับ	2.10	0.03
2. ผลิตถุงมือแพทย์	การใช้กำมะถัน	0.02	<0.001
	การใช้ KOH	1.08	0.02
	การใช้ ZnO	0.41	0.006
	การใช้ TiO_2	1.50	0.02
	การใช้กรดไนตริก	0.50	0.007
	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	3.43	0.05
	การใช้แป้งข้าวโพด	1.63	0.02
	การใช้ MgO	0.19	0.003
	การใช้ไฟฟ้า	6486.17	96.24
	การใช้แก๊ส LPG	17.48	0.26
	รวม	6512.40	96.62
ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. กำจัด	การจัดการขยะติดเชื้อ (เผา)	6.66	0.10
รวมทั้งหมด		**6739.91**	**100.00**



ภาพประกอบที่ 3-1 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตถุงมือแพทย์

3.3.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะฝนกรด (Acidification)

การศึกษาผลกระทบด้านสภาวะฝนกรด ที่เกิดขึ้นในระบบย่อยต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง พบว่า ระบบการผลิตถุงมือแพทย์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะฝนกรดมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.07 g SO_2-eq คิดเป็น 92.75% ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ศึกษา โดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ารวม (91.49%) ในสายการผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าระบบย่อยอื่นๆ ที่ศึกษา ทำให้เกิดสภาวะฝนกรดในปริมาณไม่มากนัก กล่าวคือ ไม่ถึง 5% ของการเกิดผลกระทบทั้งหมด ได้แก่ ระบบการปลูกยางพารา ก่อให้เกิดผลกระทบ 0.64 g SO_2-eq โดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P (2.21%) และปุ๋ย N (1.24%) เพื่อบำรุงรักษาต้นยางพารา ส่วนในระบบการผลิตน้ำยางข้นก่อให้เกิดผลกระทบ 0.26 g SO_2-eq (เพียง 1.86%) จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเพื่อเดินระบบของสายการผลิตในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้น (1.53%) เป็นต้น สำหรับกิจกรรมอื่นๆ พบการปล่อย

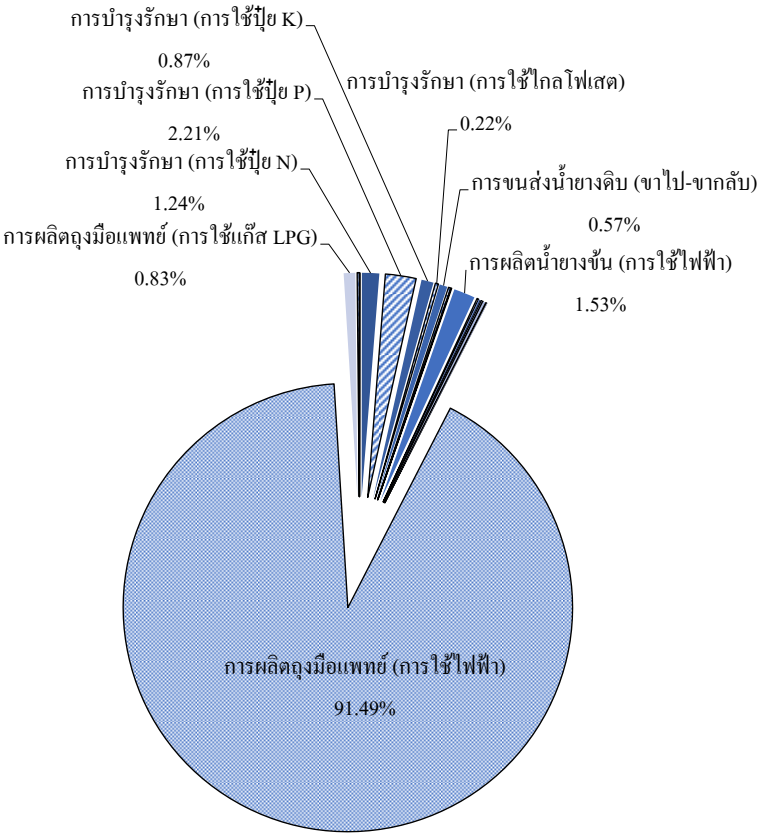
ค่อนข้างน้อยมาก (ไม่ถึง 1%) เช่น ระบบการขนส่งน้ำยางดิบ (0.57%) และระบบการขนส่งน้ำยางข้น (0.11%) ซึ่งรายละเอียดข้างต้นดังแสดงในตารางที่ 3-8 และภาพประกอบที่ 3-2

ตารางที่ 3-8 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะฝนกรดต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g SO_2-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการปลูกยางพารา (แหล่ง)			
1. เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	0.001	0.006
	การใช้ปุ๋ย P	0.001	0.007
	การใช้ปุ๋ย K	<0.001	0.001
	รวม	0.002	0.01
2. เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	<0.001	<0.001
3. บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	0.18	1.24
	การใช้ปุ๋ย P	0.31	2.21
	การใช้ปุ๋ย K	0.12	0.87
	การใช้ไกลโฟเสต	0.03	0.22
	รวม	0.64	4.54
ระบบการผลิตน้ำยางข้น (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.08	0.57
2. ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	0.02	0.16
	การใช้ ZnO	0.001	0.005
	การใช้ fatty acid	0.01	0.05
	การใช้ไฟฟ้า	0.22	1.53
	การใช้ DAP	0.02	0.12
	รวม	0.26	1.86

ตารางที่ 3-8 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะฝนกรดต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g SO_2-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.01	0.11
2. ผลิตถุงมือแพทย์	การใช้กำมะถัน	<0.001	0.001
	การใช้ KOH	0.008	0.06
	การใช้ ZnO	0.003	0.02
	การใช้ TiO_2	0.01	0.06
	การใช้กรดไนตริก	0.003	0.02
	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	0.02	0.16
	การใช้แป้งข้าวโพด	0.01	0.07
	การใช้ MgO	0.007	0.05
	การใช้ไฟฟ้า	12.89	91.49
	การใช้แก๊ส LPG	0.12	0.83
	รวม	13.07	92.75
ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. กำจัด	การจัดการขยะติดเชื้อ (เผา)	0.02	0.15
รวมทั้งหมด		**14.09**	**100.00**



ภาพประกอบที่ 3-2 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะฝนกรดต่อการผลิตถุงมือแพทย์

3.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication)

จากการศึกษาผลกระทบด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ ที่เกิดขึ้นในระบบย่อยต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง พบว่า ระบบการปลูกยางพาราเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.61 g PO_4^{3-}-eq คิดเป็น 78.49% ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ศึกษา โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P บำรุงรักษาต้นยางพารา (43.51%) รองลงมาเกิดจากกิจกรรมการใช้ไกลโฟเสต ในการกำจัดวัชพืช (33.31%) นอกจากนี้ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ในส่วนกิจกรรมใช้ไฟฟ้ารวมก็มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำตามมาอีกด้วย มีเท่ากับ 0.08 g PO_4^{3-}-eq (9.48%) รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้ $Ca(NO_3)_2$, MgO (ใช้แทน $CaCO_3$) และแป้งข้าวโพด ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน สำหรับระบบอื่นๆ ที่ทำการศึกษาพบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการแพร่กระจายของพืชน้ำไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมใน 2 ระบบแรก ได้แก่ ระบบการผลิตน้ำยางข้น ในส่วนของการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.04 g PO_4^{3-}-eq คิดเป็นร้อยละ 5.07 ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการใช้แอมโมเนียที่มีการปล่อย N และ PO_4^{3-} เป็นสำคัญ

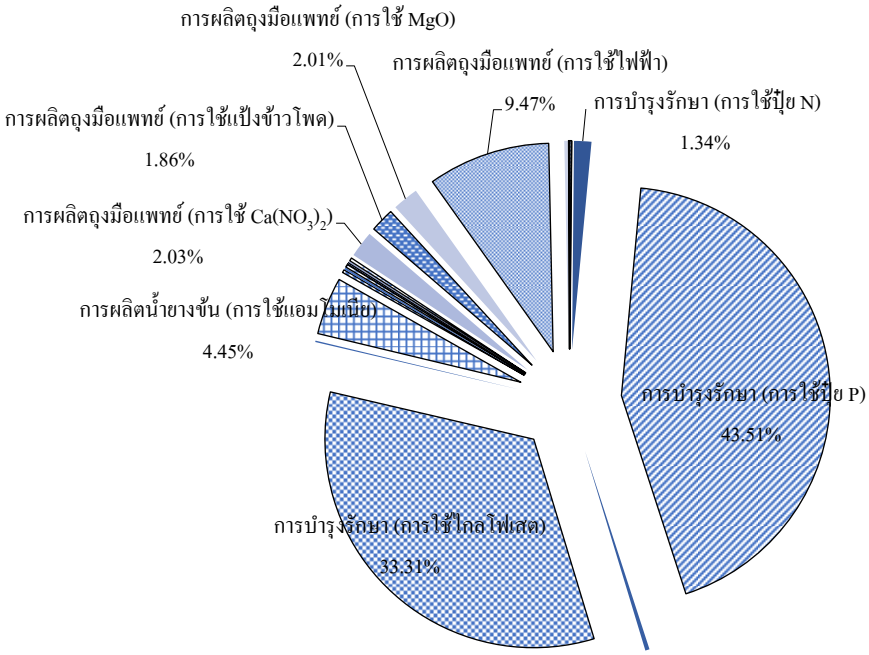
(4.45%) และระบบปลูกยางพารา ในส่วนของการเพาะกล้ายาง ก่อให้เกิดผลกระทบรวมจากทุกกิจกรรมในสัดส่วนเล็กน้อยเพียง 0.15% จากการเกิดผลกระทบรวมทั้งหมดในการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง นอกจากนี้กิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงพบว่ามีการปล่อยค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งรายละเอียดข้างต้นดังแสดงในตารางที่ 3-9 และภาพประกอบที่ 3-3

ตารางที่ 3-9 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	**กิจกรรม**	**ค่าการปล่อย (g PO_4^{3-}-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง**	**สัดส่วน (%)**
ระบบการปลูกยางพารา (แหล่ง)			
1. เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	<0.001	0.01
	การใช้ปุ๋ย P	0.001	0.14
	การใช้ปุ๋ย K	<0.001	<0.001
	รวม	0.001	0.15
2. เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	<0.001	<0.001
3. บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	0.01	1.34
	การใช้ปุ๋ย P	0.34	43.51
	การใช้ปุ๋ย K	0.003	0.33
	การใช้ไกลโฟเสต	0.26	33.31
	รวม	0.61	78.49
ระบบการผลิตน้ำยางข้น (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.001	0.11
2. ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	0.03	4.45
	การใช้ ZnO	<0.001	0.003
	การใช้ fatty acid	0.002	0.23
	การใช้ไฟฟ้า	0.001	0.16
	การใช้ DAP	0.002	0.22
	รวม	0.04	5.07

ตารางที่ 3-9 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g PO_4^{3-}-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุกขาไป-ขากลับ	<0.001	0.02
2. ผลิตถุงมือแพทย์	การใช้กำมะถัน	<0.001	0.03
	การใช้ KOH	0.001	0.07
	การใช้ ZnO	<0.001	0.01
	การใช้ TiO_2	0.001	0.10
	การใช้กรดไนตริก	0.002	0.24
	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	0.02	2.03
	การใช้แป้งข้าวโพด	0.01	1.86
	การใช้ MgO	0.02	2.01
	การใช้ไฟฟ้า	0.07	9.47
	การใช้แก๊ส LPG	0.002	0.27
	รวม	0.13	16.10
ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. กำจัด	การจัดการขยะติดเชื้อ (เผา)	0.001	0.07
รวมทั้งหมด		**0.78**	**100.00**



ภาพประกอบที่ 3-3 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำต่อการผลิตถุงมือแพทย์

3.3.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะหมอกพิษ (Smog)

การศึกษาผลกระทบด้านหมอกพิษ ที่เกิดขึ้นในระบบย่อยต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง พบว่า ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะหมอกพิษมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.65 g C_2H_4-eq คิดเป็น 87.37% ในส่วนของการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ศึกษา โดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ารวม (84.22%) จากทุกกิจกรรมในการเดินสายการผลิตอย่างต่อเนื่อง รองลงมาคือ กิจกรรมการใช้แก๊ส LPG ส่วนในระบบการปลูกยางพารา ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะหมอกพิษจากการใช้ปุ๋ยในการบำรุงรักษาต้นยางพารารวม 0.07 g C_2H_4-eq คิดเป็น 9.91% จากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P (4.46%) และปุ๋ย N (2.88%) เป็นส่วนใหญ่ สำหรับระบบการผลิตน้ำยางข้น ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะหมอกพิษ มีค่าเท่ากับ 0.01 g C_2H_4-eq คิดเป็น 1.83% จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า (1.41%) ในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้นมากที่สุด นอกจากนี้ พบว่า ระบบอื่นๆ อาทิ เช่น ระบบการขนส่งน้ำยางดิบ และการขนส่งน้ำยางข้น มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะหมอกพิษ แต่อยู่ในปริมาณที่ไม่มากนัก กล่าวคือ ไม่ถึง 1% จากการเกิดสภาวะหมอกพิษทั้งวัฏจักรชีวิต (ประมาณ 0.57% และ 0.10%

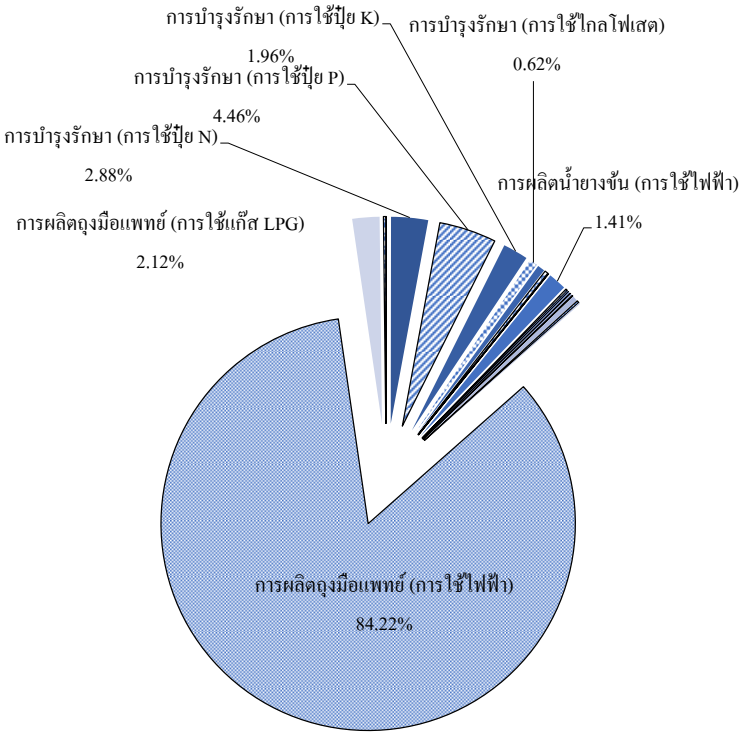
ตามลำดับ) ซึ่งมีสาเหตุมาจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต สำหรับกิจกรรมอื่นๆ พบการปล่อยค่อนข้างน้อย รายละเอียดข้างต้นดังแสดงในตารางที่ 3-10 และภาพประกอบที่ 3-4

ตารางที่ 3-10 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g C_2H_4-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการปลูกยางพารา (แหล่ง)			
1. เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	<0.001	0.01
	การใช้ปุ๋ย P	<0.001	0.01
	การใช้ปุ๋ย K	<0.001	0.002
	รวม	<0.001	0.03
2. เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	<0.001	<0.001
3. บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	0.02	2.88
	การใช้ปุ๋ย P	0.03	4.46
	การใช้ปุ๋ย K	0.01	1.96
	การใช้ไกลโฟเสต	0.005	0.62
	รวม	0.07	9.91
ระบบการผลิตน้ำยางข้น (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.004	0.57
2. ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	0.002	0.26
	การใช้ ZnO	<0.001	0.01
	การใช้ fatty acid	<0.001	0.02
	การใช้ไฟฟ้า	0.01	1.41
	การใช้ DAP	0.001	0.14
	รวม	0.01	1.83

ตารางที่ 3-10 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g C_2H_4-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุก ขาไป-ขากลับ	0.001	0.10
2. ผลิตถุงมือแพทย์	การใช้กำมะถัน	<0.001	0.002
	การใช้ KOH	0.001	0.13
	การใช้ ZnO	<0.001	0.05
	การใช้ TiO_2	0.001	0.13
	การใช้กรดไนตริก	<0.001	0.06
	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	0.003	0.39
	การใช้แป้งข้าวโพด	0.001	0.17
	การใช้ MgO	0.001	0.10
	การใช้ไฟฟ้า	0.63	84.22
	การใช้แก๊ส LPG	0.02	2.12
	รวม	0.65	87.37
ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. กำจัด	การจัดการขยะติดเชื้อ (เผา)	0.001	0.18
รวมทั้งหมด		**0.74**	**100.00**



ภาพประกอบที่ 3-4 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อการผลิตถุงมือแพทย์

3.3.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)

การศึกษาผลกระทบด้านสภาวะฝนกรด ที่เกิดขึ้นในระบบย่อยต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง พบว่า ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 15.60 g $C_6H_4C_{12}$-eq คิดเป็น 91.11% ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ศึกษา โดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ารวมในการเดินสายการผลิต (89.51%) นอกจากนี้ระบบการปลูกยางพารา ยังส่งผลให้เกิดผลกระทบตามมา 5.88% (1.01 g $C_6H_4C_{12}$-eq) จากกิจกรรมใช้ปุ๋ย P (2.95%) และปุ๋ย N (1.53%) บำรุงรักษาต้นยางพาราในสวนยางพาราเป็นอันดับต้นๆ สำหรับระบบการผลิตน้ำยางข้น ก่อให้เกิดผลกระทบ 0.32 g $C_6H_4C_{12}$-eq คิดเป็น 1.87% จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า (1.50%) ในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้นมากที่สุด ทั้งนี้ ในส่วนของระบบอื่นๆ เช่น ระบบการขนส่งน้ำยางดิบ และระบบการขนส่งน้ำยางข้น พบว่า มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ไม่มากนักซึ่งน้อยกว่า 1% (0.14 g $C_6H_4C_{12}$-eq และ 0.03 g $C_6H_4C_{12}$-eq) ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน นอกจากนี้กิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่

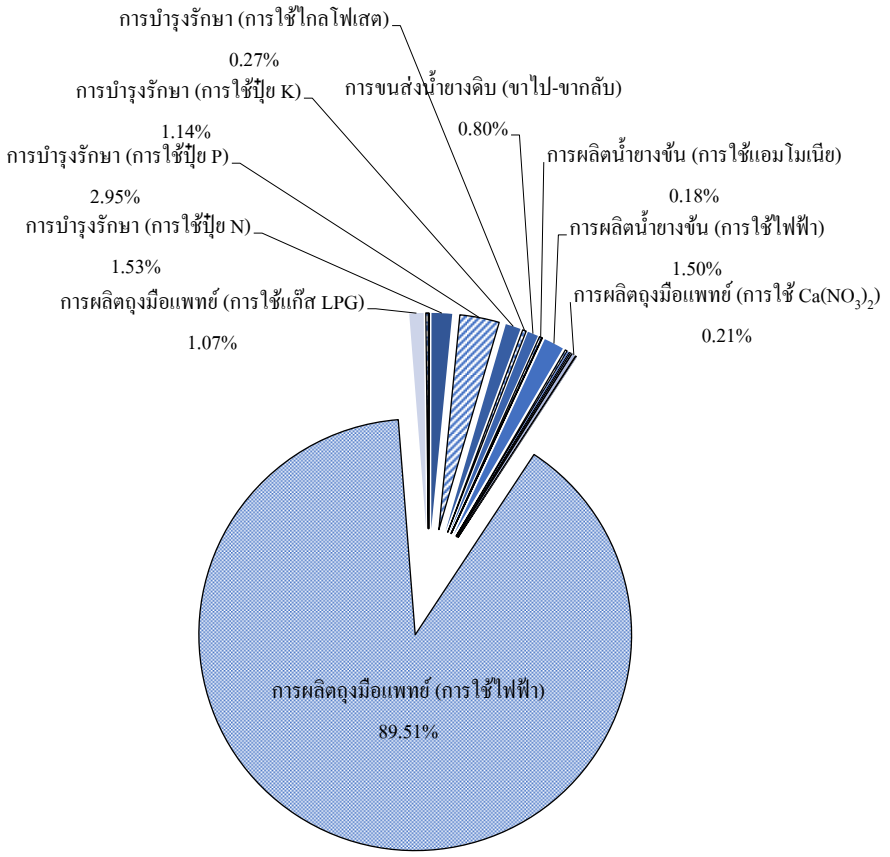
กล่าวถึงนั้นพบการปล่อยค่อนข้างน้อย ซึ่งรายละเอียดที่กล่าวไว้ข้างต้นดังแสดงในตารางที่ 3-11 และ ภาพประกอบที่ 3-5

ตารางที่ 3-11 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g $C_6H_4C_{l2}$-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการปลูกยางพารา (แหล่ง)			
1. เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	0.001	0.008
	การใช้ปุ๋ย P	0.002	0.009
	การใช้ปุ๋ย K	<0.001	0.001
	รวม	0.003	0.02
2. เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	<0.001	<0.001
3. บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	0.26	1.53
	การใช้ปุ๋ย P	0.50	2.95
	การใช้ปุ๋ย K	0.19	1.14
	การใช้ไกลโฟเสต	0.05	0.27
	รวม	1.01	5.88
ระบบการผลิตน้ำยางข้น (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.14	0.80
2. ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	0.03	0.18
	การใช้ ZnO	0.001	0.006
	การใช้ fatty acid	0.005	0.03
	การใช้ไฟฟ้า	0.26	1.50
	การใช้ DAP	0.03	0.16
	รวม	0.32	1.87

ตารางที่ 3-11 แสดงค่าปริมาณการปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	กิจกรรม	ค่าการปล่อย (g $C_6H_4C_{l2}$-eq) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง	สัดส่วน (%)
ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.03	0.15
2. ผลิตถุงมือแพทย์	การใช้กำมะถัน	<0.001	0.001
	การใช้ KOH	0.01	0.07
	การใช้ ZnO	0.004	0.02
	การใช้ TiO_2	0.01	0.07
	การใช้กรดไนตริก	0.004	0.02
	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	0.04	0.21
	การใช้แป้งข้าวโพด	0.01	0.08
	การใช้ MgO	0.01	0.05
	การใช้ไฟฟ้า	15.33	89.51
	การใช้แก๊ส LPG	0.18	1.07
	รวม	15.60	91.11
ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (แหล่ง)			
1. กำจัด	การจัดการขยะติดเชื้อ (เผา)	0.03	0.18
รวมทั้งหมด		**17.13**	**100.00**



ภาพประกอบที่ 3-5 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อการผลิตถุงมือแพทย์

3.4 การแปลผล (Interpretation)

จากงานวิจัยครั้งนี้ ภาพรวมของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (100 ชิ้น น้ำหนัก 520 กรัม) โดยการพิจารณาครอบคลุมตั้งแต่ (1) ระบบการปลูกยางพารา (ประกอบด้วย การเพาะกล้ายาง การเตรียมพื้นที่ปลูก และการบำรุงรักษา) (2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น (ประกอบด้วย การขนส่งน้ำยางดิบ และการผลิตน้ำยางข้น) (3) ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (ประกอบด้วย การขนส่งน้ำยางข้น และการผลิตถุงมือแพทย์) และ (4) ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

3.4.1 ระบบการปลูกยางพารา จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท พบว่าด้านสภาวะโลกร้อน สภาวะฝนกรด สภาวะหมอกพิษ และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ ล้วนมีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P มากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการปุ๋ย N ปุ๋ย K รวมถึง

การใช้ไกลโฟเสต จากการบำรุงรักษาต้นยางพารา ส่วนสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ มีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P มากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้ไกลโฟเสต ปุ๋ย N รวมถึงปุ๋ย K ซึ่งมาจากการบำรุงรักษาต้นยางพาราทั้งสิ้น และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 3 กิจกรรมในระบบ คือ การเพาะกล้ายาง การเตรียมแปลงปลูก และการบำรุงรักษา พบว่า กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูกมีแนวโน้มการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ในเกือบทุกๆ ด้าน ยกเว้นด้านสภาวะโลกร้อนที่มีค่าการเกิดผลกระทบจากการเตรียมแปลงปลูก (ใช้รถแทรกเตอร์ไถพรวนพื้นที่ปลูก) น้อยที่สุด

3.4.2 ระบบการผลิตน้ำยางข้น จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท พบว่า ด้านสภาวะโลกร้อน สภาวะฝนกรด สภาวะหมอกพิษ และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ ล้วนมีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า ในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ต้นทาง เพื่อนำมาใช้ในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบให้เป็นน้ำยางข้นมากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการขนส่งน้ำยางดิบสู่ขั้นตอนการผลิต รวมไปถึงการใช้แอมโมเนีย การใช้ DAP และการใช้ fatty acid ในการผลิตถุงมือแพทย์อีกด้วย ขณะเดียวกันสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ มีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้แอมโมเนียมากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้ fatty acid การใช้ DAP รวมไปถึงการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการผลิตถุงมือแพทย์ และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 กิจกรรมในระบบ คือ การขนส่งน้ำยางดิบ และการผลิตน้ำยางข้น พบว่า การขนส่งน้ำยางดิบ มีค่าการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่าในทุกๆ ด้าน ทั้งนี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการขนส่งน้ำยางดิบนั้น มีความแปรผันตามระยะทาง กล่าวคือ หากระยะทางที่ใช้ขนส่งเพิ่มขึ้นจะทำให้การเกิดผลกระทบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

3.4.3 ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท พบว่า ด้านสภาวะโลกร้อน สภาวะฝนกรด สภาวะหมอกพิษ และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ ล้วนมีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ต้นทาง เพื่อนำมาใช้ในชุดเดินสายการผลิตถุงมือแพทย์มากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้แก๊ส LPG การใช้ $Ca(NO_3)_2$ ในส่วนของการผลิตถุงมือแพทย์ทั้งสิ้น ส่วนสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ มีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้ $Ca(NO_3)_2$, MgO, แป้งข้าวโพด และการใช้แก๊ส LPG ในส่วนของการผลิตถุงมือแพทย์ ทั้งนี้ในส่วนของกิจกรรมอื่นๆ มีการเกิดผลกระทบในทุกๆ ประเภทที่กล่าวถึงค่อนข้างน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2

กิจกรรมในระบบ คือ การขนส่งน้ำยางข้น และการผลิตถุงมือแพทย์ พบว่า การขนส่งน้ำยางข้น มีค่าการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่าในทุกๆ ด้าน

3.4.4 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ ถูกกำจัดด้วยวิธีการเผารวมกับขยะติดเชื้อ ซึ่งจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะโลกร้อน 6.66 g CO_2-eq ด้านสภาวะฝนกรด 0.02 g SO_2-eq ด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ 0.001 g PO_4^{3-}-eq ด้านสภาวะหมอกพิษ 0.001 g C_2H_4-eq และด้านสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ 0.03 g $C_6H_4Cl_2$-eq ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาภาพรวมสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ทั้งวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ที่กำลังการผลิต 1 กล่อง (100 ชิ้น, 520 g) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-12 และเมื่อพิจารณาค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมเพิ่มเติม กรณีมีการปันส่วนข้อมูลในระบบการปลูกยางพารา (ปันส่วนเฉพาะน้ำยางดิบ) ต่อวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-12 ภาพรวมสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากแหล่งที่อยู่ในขอบเขตของระบบย่อยต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม									
			สภาวะโลกร้อน		สภาวะฝนกรด		สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ		สภาวะหมอกพิษ		สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์	
			สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด
การปลูกยางพารา	เพาะกล้ายาง	การใช้ปุ๋ย N	0.002	22	0.01	22	0.01	22	0.01	21	0.01	22
		การใช้ปุ๋ย P	0.002	21	0.01	21	0.14	15	0.01	1	0.01	21
		การใช้ปุ๋ย K	<0.001	24	0.001	24	<0.001	25	0.002	24	0.001	24
	เตรียมแปลงปลูก	การใช้รถแทร็กเตอร์	<0.001	26	<0.001	26	<0.001	26	<0.001	26	<0.001	26
	บำรุงรักษา	การใช้ปุ๋ย N	0.37	4	1.2	4	1.34	8	2.88	3	1.53	3
		การใช้ปุ๋ย P	0.65	3	2.21	2	43.51	1	4.47	2	2.95	2
		การใช้ปุ๋ย K	0.24	6	0.88	5	0.33	9	1.96	5	1.14	5
		การใช้ไกลโฟเสต	0.07	9	0.2	8	33.33	2	0.62	7	0.27	8
การผลิตน้ำยางข้น	ขนส่งน้ำยางดิบ	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.17	7	0.57	7	0.11	16	0.57	8	0.8	7

หมายเหตุ : ลำดับการเกิด หมายถึง สัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ จากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด โดยที่ หมายเลข 1 คือค่ามากที่สุด ส่วนหมายเลข 26 คือ ค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-12 ภาพรวมสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากแหล่งที่อยู่ในขอบเขตของระบบย่อยต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม									
			สภาวะโลกร้อน		สภาวะฝนกรด		สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ		สภาวะหมอกพิษ		สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์	
			สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด
การผลิตน้ำยางข้น	ผลิตน้ำยางข้น	การใช้แอมโมเนีย	0.06	10	0.16	9	4.45	4	0.26	10	0.18	10
		การใช้ ZnO	<0.001	23	0.005	23	0.003	24	0.01	21	0.01	23
		การใช้ fatty acid	0.03	13	0.05	17	0.23	12	0.02	20	0.03	18
		การใช้ไฟฟ้า	1.61	2	1.53	3	0.16	14	1.41	6	1.5	4
		การใช้ DAP	0.04	12	0.12	12	0.22	13	0.14	13	0.16	12
การผลิตถุงมือแพทย์	ขนส่งน้ำยางข้น	บรรทุกขาไป-ขากลับ	0.03	14	0.11	13	0.02	21	0.10	16	0.15	13
	ถังน้ำยางคอมพาวนด์	การใช้กำมะถัน	<0.001	25	0.001	24	0.03	20	0.002	24	0.001	24
		การใช้ KOH	0.02	17	0.06	15	0.07	18	0.13	14	0.07	15
		การใช้ ZnO	0.01	19	0.02	19	0.01	22	0.05	19	0.02	19
		การใช้ TiO_2	0.02	16	0.06	15	0.1	17	0.13	14	0.07	15

หมายเหตุ : ลำดับการเกิด หมายถึง สัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ จากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด โดยที่ หมายเลข 1 คือค่ามากที่สุด ส่วนหมายเลข 26 คือ ค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-12 ภาพรวมสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากแหล่งที่อยู่ในขอบเขตของระบบย่อยต่อการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ระบบย่อย	แหล่ง	กิจกรรม	ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม									
			สภาวะโลกร้อน		สภาวะฝนกรด		สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ		สภาวะหมอกพิษ		สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์	
			สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด	สัดส่วน (%)	ลำดับการเกิด
การผลิตถุงมือแพทย์	ถังแป้ง	การใช้แป้งข้าวโพด	0.02	15	0.07	14	1.86	7	0.17	11	0.08	14
	ถังกรด	การใช้กรดไนตริก	0.01	18	0.02	19	0.24	11	0.06	18	0.02	19
	ถังเคมี	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	0.05	11	0.16	9	2.03	5	0.39	9	0.21	9
		การใช้ MgO	0.003	20	0.05	17	2.01	6	0.1	16	0.05	17
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้ไฟฟ้า	96.24	1	91.62	1	9.48	3	84.37	1	89.66	1
	ชุดเดินสายการผลิต	การใช้แก๊ส LPG	0.26	5	0.83	6	0.27	10	2.12	4	1.07	6
การกำจัดถุงมือแพทย์	กำจัด	การเผาขยะติดเชื้อ	0.099	8	0.01	11	0.01	18	0.02	12	0.02	10

หมายเหตุ : ลำดับการเกิด หมายถึง สัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ จากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด โดยที่ หมายเลข 1 คือค่ามากที่สุด และหมายเลข 26 คือ ค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-13 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวม กรณีปันส่วนข้อมูลในระบบการปลูกยางพารา (เฉพาะน้ำยางดิบ) ต่อวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	กรณีไม่มีการปันส่วน*		กรณีปันส่วนโดยมูลค่า (ราคา)			กรณีปันส่วนโดยน้ำหนัก (มวล)		
	ค่าการปล่อยรวม	สัดส่วน (%)	ค่าการปล่อยรวม	สัดส่วน(%)		ค่าการปล่อยรวม	สัดส่วน(%)	
				ค่าปกติ	ค่าที่เปลี่ยนแปลง		ค่าปกติ	ค่าที่เปลี่ยนแปลง
สภาวะโลกร้อน (g CO_2-eq)	6739.91	100	5779.32	85.99	14.01	1887.17	27.99	72.01
สภาวะฝนกรด (g SO_2-eq)	14.09	100	12.12	86.02	13.98	3.94	28	72
สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ (g PO_4^{3-}-eq)	0.78	100	0.67	85.90	14.10	0.22	28.20	71.80
สภาวะหมอกพิษ (g C_2H_4-eq)	0.74	100	0.64	86.47	13.53	0.21	28.38	71.62
สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (g $C_6H_4C_{12}$-eq)	17.13	100	14.73	85.98	14.02	4.80	27.99	72.01

หมายเหตุ: 1) * คือ ค่าการปล่อยผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมทั้งหมดต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง ซึ่งเป็นผลรวมจากตารางที่ 3-7 ถึง ตารางที่ 3-11

2) ค่าปกติ คือ ค่าสัดส่วน (ทั้งโดยมูลค่า และโดยน้ำหนัก) เมื่อเทียบจากค่าสัดส่วนเดิมที่ไม่มีการปันส่วน

3) ค่าที่เปลี่ยนแปลง คือ ส่วนต่าง (ทั้งโดยมูลค่า และโดยน้ำหนัก) เมื่อเทียบจากค่าสัดส่วนเดิมที่ไม่มีการปันส่วน

จากตารางที่ 3-13 เป็นการเปรียบเทียบค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมจากการปันส่วนข้อมูลในระบบการปลูกยางพารา (ปันส่วนเฉพาะน้ำยางดิบ) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง แบ่งออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ (1) ค่าที่ไม่มีการปันส่วน (2) ค่าที่มีการปันส่วนโดยมูลค่า (ราคา) และ (3) ค่าที่มีการปันส่วนโดยน้ำหนัก (มวล) ซึ่งการปันส่วนข้อมูลระหว่างไม้ยางพารา และน้ำยางพารา (น้ำยางดิบ) มีสัดส่วนโดยมูลค่าอยู่ที่ 0.14 กับ 0.86 และมีสัดส่วนโดยน้ำหนักอยู่ที่ 0.72 กับ 0.28 ตามลำดับ (นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์ และคณะ, 2552)

ผลการวิเคราะห์ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อมีการปันส่วนในระบบการปลูกยางพารา (ปันส่วนเฉพาะน้ำยางดิบ) พบว่า ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้าน มีแนวโน้มลดลง สำหรับการปันส่วนโดยมูลค่า มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ลดลงจากเดิมไม่มากนัก ประมาณ 13-14% เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปันส่วน ในขณะที่การปันส่วนโดยน้ำหนัก มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้าน ลดลงเกินกว่าครึ่ง ประมาณ 71-72% เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปันส่วน ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างสัดส่วนที่ลดลง ในกรณีที่มีการปันส่วนโดยมูลค่า และกรณีที่มีการปันส่วนโดยราคา เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การปันส่วนมีค่าแตกต่างกันมาก กล่าวคือ (1) การปันส่วนโดยมูลค่า พบว่า สัดส่วนของน้ำยางดิบมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับสัดส่วนของไม้ยางพารา ทำให้ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลังจากมีการปันส่วน ไม่แตกต่างกับค่าผลกระทบก่อนการปันส่วนมากนัก และ (2) การปันส่วนโดยน้ำหนัก พบว่า สัดส่วนของน้ำยางดิบมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนของไม้ยางพารา ทำให้ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลังจากมีการปันส่วน มีค่าน้อยกว่ามาก ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลง (ค่าผลกระทบที่ลดลง) มากตามไปด้วย

จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ครั้งนี้ พบว่า การผลิตถุงมือแพทย์ การผลิตน้ำยางข้น รวมถึงการบำรุงรักษาต้นยางพารา ล้วนเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในลำดับต้นๆ เมื่อนำมาพิจารณาอย่างละเอียด ทำให้ทราบว่ามีสาเหตุสำคัญมาจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการผลิตถุงมือแพทย์ กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบในการผลิตน้ำยางข้น และกิจกรรมการใช้ปุ๋ยในการบำรุงรักษาต้นยางพารา รวมไปถึงกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG ในสายการผลิตถุงมือแพทย์ ตามลำดับ ดังนั้น จึงควรเน้นการศึกษาหาทางเลือกหรือมาตรการในการลดใช้พลังงาน และลดการใช้ปุ๋ย เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ในลำดับต่อไป

3.5 การใช้แนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ ในหัวข้อ 3.3 และ 3.4 ทำให้ทราบว่ากระบวนการผลิต และกิจกรรมใดเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ ดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3-14 สรุปสัดส่วนของกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละระบบในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ระบบย่อย	กิจกรรมที่สำคัญ	สัดส่วนผลกระทบในระบบย่อย (%)					สัดส่วนผลกระทบทั้งวัฏจักร (%)				
		โลกร้อน	ฝนกรด	การแพร่กระจายของพืชน้ำ	หมอกพิษ	ความเป็นพิษต่อมนุษย์	โลกร้อน	ฝนกรด	การแพร่กระจายของพืชน้ำ	หมอกพิษ	ความเป็นพิษต่อมนุษย์
การปลูกยางพารา	การใช้ปุ๋ย P ในการบำรุงรักษาต้นยางพารา	48.66	0.71	41.67	47.47	52.19	0.65	2.21	43.51	4.46	2.95
การผลิตน้ำยางข้น	การใช้พลังงานไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงน้ำยางดิบ	76.99	50.55	<0.001	98.16	42.89	1.61	1.53	0.16	1.41	1.50
การผลิตถุงมือแพทย์	การใช้พลังงานไฟฟ้าในชุดเดินสายการผลิต	98.92	59.11	58.72	96.10	97.94	96.24	91.49	9.48	84.22	89.51
	การใช้แก๊ส LPG ในชุดเดินสายการผลิต	0.27	0.53	1.69	2.42	1.17	0.26	0.83	0.27	2.12	1.07

ซึ่งผลการวิเคราะห์กิจกรรมที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ พบว่า กิจกรรมสำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาเพื่อหาแนวทางเลือกในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นลำดับแรก ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินสายการผลิต เนื่องจากมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบทั้งสภาวะโลกร้อน ฝนกรด หมอกพิษ รวมไปถึงความเป็นพิษต่อมนุษย์ ในสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ (ยกเว้นด้านการแพร่กระจายของพืชน้ำ) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ย P ในการบำรุงรักษาต้นยางพารา เนื่องจากมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบด้านสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำสูงเช่นเดียวกันเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงาน ทั้งการใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำยางข้น และการใช้แก๊ส LPG ในชุดเดินสายการผลิต ยังเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการนำเสนอแนวทางจัดการการใช้พลังงาน เพื่อช่วยลดผลกระทบโดยภาพรวมได้อีกทางหนึ่งด้วย ทั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางเลือกให้กับชาวสวนยางพารา และผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องหรือใช้น้ำยางดิบ/ น้ำยางข้น เป็นวัตถุดิบ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิต และจัดการพลังงานให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

ดังนั้น การใช้แนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.5.1 แนวทางการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง (พรรณะ เตียงพานิช และคณะ, 2545) ซึ่งมีการใช้น้ำร้อน หรือไอน้ำจาก boiler แทนการต้มน้ำโดยตรง ในของกระบวนการ Washing และ Leaching โดยสามารถประหยัดพลังงานได้ไม่น้อยกว่า 50% จากเดิม และยังมีการติดตั้งระบบการนำพลังงานความร้อนของ flue gas กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบแห้ง รวมไปถึงการใช้เซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์ผลของการใช้แก๊ส LPG ร่วมกับการใช้ boiler โดยตั้งสมมติให้ปริมาณการใช้แก๊ส LPG ลดลงจากเดิมเหลือ 50% จากปริมาณการใช้ทั้งหมด ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่าการปล่อยมลสาร และค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้ง 2 กรณี แสดงดังตารางที่ 3-15 และตารางที่ 3-16 ทั้งนี้แผนภูมิเปรียบเทียบแนวโน้มการลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งก่อนและหลังการพิจารณาทางเลือกที่กล่าวมานั้น ดังภาพประกอบที่ 3-6

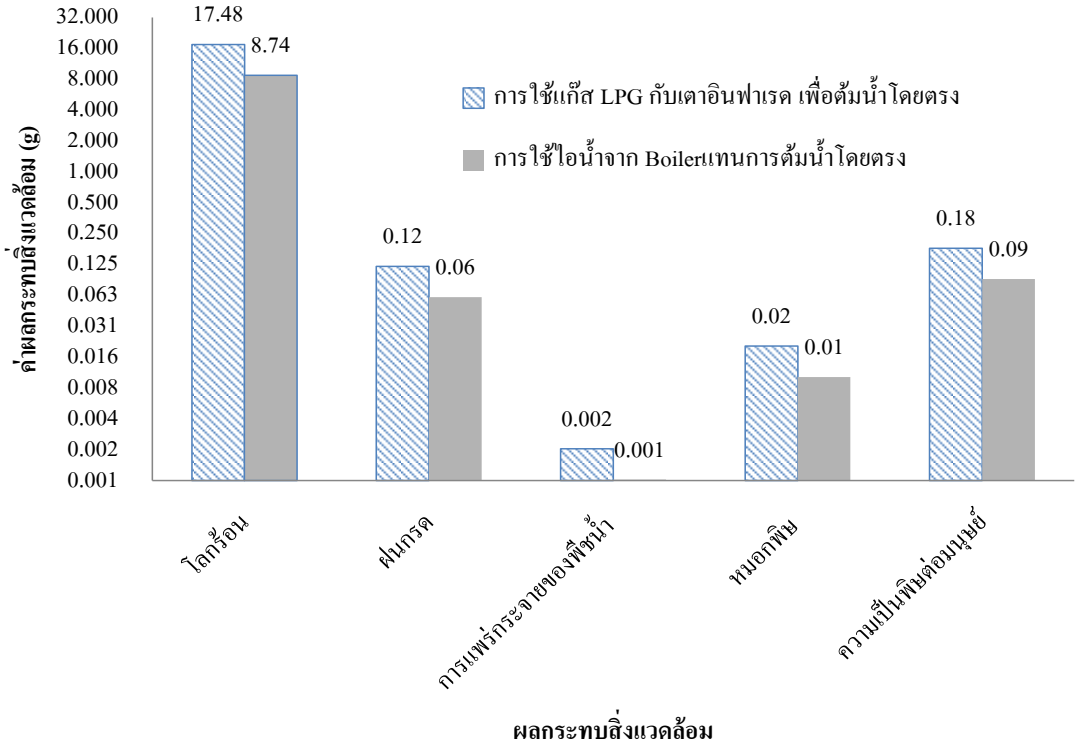
ตารางที่ 3-15 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรด (เดิม) เปรียบเทียบกับการใช้ไอน้ำจาก Boiler (ปรับปรุงแล้ว) ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม	
		การใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรดเพื่อต้มน้ำโดยตรง	การใช้ไอน้ำจาก Boiler แทนการต้มน้ำโดยตรง
Global warming			
CO_2	g	17.3	8.65
CH_4	mg	0.80	0.40
N_2O	mg	0.60	0.30
Acidification			
SO_2	mg	8.78	4.39
NO_x	g	0.15	0.08
NH_3	mg	0.81	0.41
Eutrophication			
NH_3	mg	0.81	0.41
NO_3	mg	0.29	0.15
N	mg	0.13	0.07
P	mg	0.013	0.01
PO_4^{3-}	mg	0.03	0.02
COD	g	0.08	0.04
Smog			
CO	g	0.18	0.09
CH_4	mg	0.80	0.04
NO_x	g	0.15	0.08
NMVOC	mg	15.70	7.85
Human toxicity			
PM	mg	-	-
SO_2	mg	8.78	4.39
NO_x	g	0.15	0.08

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางที่ 3-16 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรด (เดิม) เปรียบเทียบกับการใช้ไอน้ำจาก Boiler (ปรับปรุงแล้ว) ในวัฏจักรชีวิตการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย	การใช้แก๊ส LPG กับเตาอินฟาเรด เพื่อต้มน้ำโดยตรง	การใช้ไอน้ำจาก Boiler แทนการต้มน้ำโดยตรง
โลกร้อน (Global warming)	g CO_2-eq	17.48	8.74
ฝนกรด (Acidification)	g SO_2-eq	0.12	0.06
การแพร่กระจายของพืชน้ำ (Eutrophication)	g PO_4^{3-}-eq	0.002	0.001
หมอกพิษ (Smog)	g C_2H_4-eq	0.02	0.01
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)	g $C_6H_4C_{12}$-eq	0.18	0.09



ภาพประกอบที่ 3-6 เปรียบเทียบแนวโน้มการลดลงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้แก๊ส LPG โดยตรง และการใช้ Boiler ผลิตไอน้ำแทน

จากภาพประกอบที่ 3-6 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกประเภทในขอบเขตของการศึกษา มีสัดส่วนที่ลดลงจากเดิม 50% ดังนั้น จึงก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสภาวะโลกร้อน ฝนกรด การแพร่กระจายของพืชน้ำ หมอกพิษ และความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 8.74 g CO_2-eq, 0.06 g SO_2-eq, 0.001 g PO_4^{3-}-eq, 0.01 g C_2H_4-eq และ 0.09 g $C_6H_4Cl_2$-eq ตามลำดับ

3.5.2 การพัฒนากระบวนการผลิตถุงมือยาง (ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ, 2552) มีการออกแบบให้แม่พิมพ์แห้งเร็วขึ้นโดยใช้ความร้อนน้อย และปรับอุณหภูมิแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพื่อช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการอบ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมของตู้อบ คือ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมในตู้ 2 เมตรต่อวินาที และใช้ระยะเวลาในการอบ 30 วินาที ดังนั้น การปรับใช้เทคนิคนี้ในระดับอุตสาหกรรม ควรคำนึงถึงความเหมาะสม โดยใส่ระบบให้ความร้อนแบบตู้อบลมร้อนนี้ หลังการจุ่มสารจับแม่พิมพ์ และต้องมีการควบคุมระยะทางการไหล ความเร็วของสายการผลิต และระยะเวลาที่ใช้ให้มีความสัมพันธ์กันด้วย

3.5.3 การใช้เทคโนโลยีสะอาดในการจัดการคุณภาพน้ำยางข้น (จักรี เลื่อนราม และคณะ, 2552) โดยการปรับระดับความสูงของลูกลอยเพื่อลดการสูญเสียทรัพยากร (เนื้อยาง) ในการผลิตน้ำยางข้น ทั้งนี้การปั่นเหวี่ยงปกติระยะลูกลอยจะสูง 4 นิ้ว ดังนั้น ในการปรับปริมาณเนื้อยางแห้งที่ผลิตได้ต่ำกว่ามาตรฐาน และสูงกว่ามาตรฐาน ต้องปรับระดับลูกลอยให้สูง 2 นิ้ว และ 6 นิ้ว ตามลำดับ นอกจากนี้การลดความเข้มข้นของเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียที่โรงงานจ่ายให้กับลูกค้า เพื่อใช้รักษาสภาพน้ำยางดิบ จากสารละลายแอมโมเนีย 20% น้ำหนัก/ น้ำหนัก ในปริมาณ 30 กิโลกรัม/ คัน ให้เหลือ 16.5% น้ำหนัก/ น้ำหนัก ในปริมาณเท่าเดิม พบว่า นอกจากจะยังคงรักษาสภาพน้ำยางดิบได้ตามขีดกำจัดโดยไม่เสียสภาพแล้ว ยังเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการที่เกิดการสูญเปล่าของแอมโมเนียส่วนเกิน ทั้งยังลดมลภาวะที่เกิดจากการระเหยแอมโมเนียส่วนเกินในขั้นตอนการปั่นเหวี่ยงได้อีกทางหนึ่งด้วย

สำหรับแนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากช่วยในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ลดค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากร และพลังงานในการผลิตแล้ว อาจต้องคำนึงถึงเทคโนโลยี มาตรการต่างๆ รวมไปถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกภาคส่วนด้วย

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตถุงมือแพทย์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลการด้านการใช้ทรัพยากร และพลังงาน จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตโดยใช้ LCA เป็นเครื่องมือในการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม การปล่อยมลสาร และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการนำเสนอแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ โดยมีหน่วยหน้าที่ (FU) คือ ถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (100 ชิ้น, 520 กรัม) ครอบคลุม 4 ระบบย่อย ในวัฏจักรชีวิตของถุงมือแพทย์ ได้แก่ (1) ระบบการปลูกยางพารา (2) ระบบการผลิตน้ำยางข้น (3) ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ และ (4) ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ ซึ่งพิจารณาในส่วนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ประเภท คือ สภาวะโลกร้อน สภาวะฝนกรด สภาวะหมอกพิษ สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ และสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์

จากการศึกษา เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ พบว่า (1) สภาวะโลกร้อนมีสาเหตุสำคัญจากระบบการผลิตถุงมือแพทย์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.62 จากผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง ซึ่งกิจกรรมที่มีการปล่อยมากในลำดับต้นๆ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในการเดินสายการผลิต (ชุดการผลิตถุงมือแพทย์) อย่างต่อเนื่อง และกิจกรรมการใช้แก๊ส LPG ร่วมด้วย นอกจากนี้ผลกระทบโลกร้อนจากระบบการผลิตน้ำยางข้น (กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการปั่นเหวี่ยงเครื่องแยกน้ำยาง) และระบบการปลูกยางพารา (กิจกรรมการใช้ปุ๋ย P ในการบำรุงรักษาต้นยางพารา) ก็มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบรองลงมาอีกด้วย ในกิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่กล่าวถึงพบการปล่อยค่อยข้างน้อย (2) สภาวะฝนกรด เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในการเดินสายการผลิตของระบบการผลิตน้ำยางข้นที่เป็นสาเหตุหลักที่สำคัญที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.75 จากผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง รวมไปถึงการใช้แก๊ส LPG ก็มีส่วนทำให้เกิดสภาวะฝนกรดอีกด้วย นอกจากนี้ระบบการปลูกยางพารา (กิจกรรมการใช้ปุ๋ย P) และระบบการผลิตน้ำยางข้น (กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า) ก็มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบฝนกรดในลำดับถัดมาอีกด้วย (3) สภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำ มีสาเหตุสำคัญมาจากระบบปลูกยางพารา คิดเป็นร้อยละ 78.49 จากผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง เกิดในขั้นตอนการใช้ปุ๋ย P ในกิจกรรมการบำรุงรักษาต้นยางพารามากที่สุด รองลงมาคือการใช้ไกลโฟเสต

กำจัดวัชพืช ทั้งนี้ระบบการผลิตถุงมือแพทย์ (กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า) และระบบการผลิตน้ำยางข้น (กิจกรรมการใช้แอมโมเนีย) มีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบตามมาอีกด้วย ตามลำดับ (4) สภาวะหมอกพิษ มีสาเหตุที่สำคัญมาจากระบบการผลิตถุงมือแพทย์ ร้อยละ 87.37 จากผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก และการใช้แก๊ส LPG รองลงมา) นอกจากนี้ระบบการปลูกยางพาราก็มีส่วนให้เกิดผลกระทบจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ยบำรุงรักษาร้อยละ 9.91 ด้วย (เกิดจากการใช้ปุ๋ย P มากที่สุด) (5) สภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ มีสาเหตุสำคัญมาจากระบบการผลิตถุงมือแพทย์ถึงร้อยละ 91.11 จากผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ กิจกรรมการใช้แก๊ส LPG ร่วม) นอกจากนี้ระบบการปลูกยางพาราจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ย P ในการบำรุงรักษาต้นยางพารา และกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในระบบการผลิตน้ำยางข้น ยังมีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบรองลงมาตามลำดับอีกด้วย ทั้งนี้กิจกรรมอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ที่ไม่ได้กล่าวถึง เพราะก่อให้เกิดผลกระทบในทุกประเภทที่ทำการศึกษาค่อนข้างน้อย

เมื่อทราบถึงกิจกรรมที่สำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ จึงนำมาสู่การหาแนวทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้ามีทางเลือกที่นำมาพิจารณา ดังต่อไปนี้ (1) แนวทางในการลดใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง จากเดิมมีการใช้แก๊ส LPG ในการต้มน้ำโดยตรง ในส่วนของกระบวนการ Washing และ Leaching ปรับปรุงมาเป็นการใช้แก๊ส LPG ร่วมกับการใช้ Boiler พบว่าเมื่อปริมาณการใช้แก๊ส LPG ลดลงเหลือ 50% จากเดิม ทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ 1 กล่อง มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ ผลกระทบด้วย นอกจากนี้การพัฒนากระบวนการผลิตโดยออกแบบให้แม่พิมพ์แห้งเร็ว (ใช้ความร้อนน้อย และอุณหภูมิพอเหมาะ) ก็มีส่วนช่วยในการลดใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่ง โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ ตู้อบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมในตู้ 2 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาที่ใช้ในการอบ 30 วินาที ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมควรพิจารณาใส่ระบบให้ความร้อนแบบตู้อบลมร้อนนี้หลังกระบวนการจุ่มสารจับแม่พิมพ์ จึงจะได้ผลดีที่สุด ทั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ เพื่อปรับปรุงสายการผลิต ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

กล่าวคือ การนำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถุงมือแพทย์ครั้งนี้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมได้หลายแง่มุม ได้แก่ (1) ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากสามารถนำไปเป็นแนวทางช่วยบริหารจัดการด้านการใช้ทรัพยากร พลังงาน ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (2) ช่วยลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากเมื่อทราบว่าขั้นตอนใด หรือกิจกรรมใด มีการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร หรือพลังงานเท่าไหร่

สามารถนำไปพิจารณาถึงแนวทางการใช้อย่างคุ้มค่า ลดการใช้ทรัพยากร และลดปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตให้น้อยลง ส่งผลต่อการลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่งด้วย (3) ช่วยให้โรงงานอุตสาหกรรม หรือภาคส่วนต่างๆ เข้าใจถึงความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ และอาจมีการวางแผนเพื่อป้องกัน รับมือ หรือจัดการความเสี่ยงล้วงหน้าได้อย่างทันท่วงที และ (4) ช่วยเพิ่มโอกาสทางการค้า/ ธุรกิจ เนื่องจากประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเลือกซื้อ และเลือกใช้สินค้า/ บริการ ในยุคปัจจุบันอีกด้วย

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับโรงงาน

1. โรงงานน้ำยางข้น ควรมีการควบคุมคุณภาพน้ำยางดิบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำยางข้น อาทิ เช่น การกำหนดความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางก่อนส่งเข้าโรงงานว่าไม่ควรเกินกี่เปอร์เซ็นต์ ต่อเที่ยวการขนส่งนั้นๆ หรือมีการคำนวณหาปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมในการแจกจ่ายให้ลูกค้าของโรงงานเอง เพื่อลดการสูญเสียแอมโมเนียในขั้นตอนการปั่นเหวี่ยง หรือการใช้แอมโมเนียในปริมาณที่เกินความจำเป็นก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตยางสกิมได้อีกทางหนึ่งด้วย

2. ทั้งโรงงานน้ำยางข้น และถุงมือแพทย์ ควรหลีกเลี่ยงช่วงเวลาที่มีอัตราค่าไฟสูง รวมไปถึงการแบ่งช่วงเวลาในการทำงานให้เหมาะสม แก่บุคลากร และพนักงานภายในโรงงาน เพื่อช่วยลดการใช้งานอย่างสิ้นเปลือง และช่วยควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลงด้วย

3. การศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่เอื้ออำนวยให้โรงงานสามารถวางแผน ออกนโยบาย และจัดทำเบนช์มาร์คกิ้ง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตภายในโรงงานให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม

1. การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือแพทย์ครั้งนี้ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเน้นข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน ในส่วนของกระบวนการผลิตจากโรงงานที่มีความพร้อม และให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล เพราะมีขีดจำกัดที่ข้อมูลบางอย่างเป็นความลับทางการค้า ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจะมาจากต่างพื้นที่ หรือต่างภาคกัน ทำให้ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้ ดังนั้น ในการศึกษาเพิ่มเติม อาจต้องมีการแบ่งการเก็บข้อมูลตามขนาดของกลุ่มโรงงาน หรือพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เพื่อให้ครอบคลุมโรงงานที่มีทั้งหมดในพื้นที่นั้นๆ เพื่อสามารถนำ

ผลที่ได้จากการประเมินไปใช้ประโยชน์ในการพิจารณาแนวทางเลือก/ แก้ปัญหาต่างๆ ได้จำเพาะขึ้น ในลำดับต่อไป

2. ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงการจำแนกข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและขาออกในกลุ่มผลกระทบเดียวกันเป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเภทที่ศึกษาเท่านั้น ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการเปรียบเทียบค่าความสามารถที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) จากผลกระทบแต่ละประเภทที่มีหน่วยต่างกันให้เป็นหน่วยเดียวกัน เพื่อประโยชน์แก่การตัดสินใจดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบในภาพรวมของถุงมือแพทย์ได้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) ยังช่วยกำหนดลำดับความสำคัญ ให้สามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น นโยบายบริษัท ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ ผู้มีส่วนได้เสีย รวมไปถึงเชิงปริมาณ เพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ. 2545. ใน **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 119 ตอนที่ 86 ก ข้อ 3: 1-15.

กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์ และ มารียา พันหวัง. 2551. การบำบัดน้ำเสียที่มีสีจากกระบวนการพิมพ์กล่องกระดาษด้วยกระบวนการเฟนตัน และเมมเบรนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกัน และลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีสะอาด) อุตสาหกรรมน้ำยางข้น และ ยางแท่ง STR 20. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทผลิตภัณฑ์ยาง. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556. LCI-LCA แนวปฏิบัติในการจัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์: ผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลือง. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

จักรี เลื่อนราม, ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล, และสมจิตต์ ศิขรินทรมาศ. 2553. การจัดการคุณภาพน้ำยางข้นของโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2552). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง. 388 น.

จักรี เลื่อนราม, ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล, และ สมจิตต์ ศิขรินทรมาศ. 2553. การใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2552). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง. 388 น.

ฐลิตา เทพกูล, อามีน๊ะ บิลตะสอน, ชัยศรี สุขสาโรจน์, และ วิรัช ทวีปรีดา. 2552. การเพิ่มมูลค่าของเสียฟิล์มยางที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตถุงนิ้วและถุงมือยาง. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, วิชัย โอภานุกูล, และ นุชนาฏ ณ ระนอง. 2553. การพัฒนากระบวนการผลิตถุงมือยาง (รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2552). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง. 388 น.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (เอกสารการสัมมนา).กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ.

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1 การตัดโค่น และการแปรรูประยะแรก. ชุดโครงการเสริมศักยภาพสิ่งแวดล้อมไทย: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 311 น.

เบญจวรรณ แก้วคง และ ปาจรีย์ เอียดแก้ว. 2551. การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมยางขั้นต้น. วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม และเพชราวลัย ถิระวณัฐพงศ์. 2556. การประเมินวัฏจักรชีวิตเครื่องมือสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 23(1): 232-240.

พงศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ. 2557. ผลกระทบของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่อการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำ และการกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส. วารสารวิศวกรรมสารมก: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 27(88): 57-67.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, สุดกล้า บุญญนันท์, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา, อธิวัตร จิรจริยาเวช, นฤเทพ เล็กศิริวิไล, มานิต สถาปนิกกุล, และ พวงพันธ์ ศรีทอง. 2551. การเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางไทยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

พรรณะ เตียงพานิช, ฉัตรแก้ว สมเจริญวัฒนา, เก็จวลี พฤกษาทร, และ ชูชาติ บารมี. 2545. การลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง. สำนักงานสนับสนุนการวิจัย.

พิทยา สีสด, ทะยานรุ่ง เหลือสินทรัพย์, และกุลยา โอตากะ. 2559. เคมีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่4 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พินิจ เฟื่องกมลเวช. 2557. การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเครื่องจักรกลสำหรับอุตสาหกรรมเหล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต , สาขาการจัดการวิศวกรรม, คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 151 น.

เลิศชัย ศรเฉลิม. 2553. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดแก้วโดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล, พลชิต บัวแก้ว, และ ภัทรา กานตศิลป์. 2533. น้ำยางข้นและการผลิตถุงมือยาง. เอกสารประกอบวิชาการผลิตภัณฑ์ยาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. ฉบับที่ 3.

วลัยพร ผ่อนผัน. 2547. การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาริท เจาะจิตต์. 2557. การประเมินวัฏจักรชีวิตแบบผสมผสานของถุงยางอนามัย. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ สนับสนุนโดย สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

วิธิดา พัฒนอิสรานุกูล. 2559. เครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน. วารสารสาธารณสุข, มหาวิทยาลัยบูรพา. 11(2): 96-108.

วันดี ลือสายวงศ์. 2551. วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment, LCA). เข้าถึงจาก: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/cp_7_2550_LCA.pdf. เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2553.

ศิริจิต ทุ่งหว้า, บัญชา สมบูรณ์สุข, และ พิษณุ ดำรัตนา. 2553. เศรษฐกิจ-สังคม และวัฒนธรรมการปฏิบัติงานในสวนยางพาราที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาวะ และคุณภาพชีวิตของเกษตรกร อ.สะเดา จ.สงขลา. สาขาวิชาพัฒนาการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2555. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เข้าถึงจาก:https://www.researchgate.net/publication/303793131_Life_Cycle_Assessment_of_Products_karprameinwadcakrchiwitkhxngphlitphanth. เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2560.

สรรเพชุดา เถื่อนทองคำ. การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน สำหรับอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น. 2553. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 139 น.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2549. การใช้ปุ๋ยในสวนยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. ข้อมูลสถิติยางไทย. กรมวิชาการเกษตร. เข้าถึงจาก: http://www.rubberthai.com/rubberthai. เข้าถึงเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2553.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2555. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. เข้าถึงจาก: http://www.rubberthai.com/information/Wichakan50/13.pdf. เข้าถึงเมื่อ 14 มกราคม 2558.

สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย. 2559. ข้อมูลสถิติยางโลก. เข้าถึงจาก: http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. เข้าถึงเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2560.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2546. การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์และ เหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม (คู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์). กรุงเทพฯ: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

สมาคมธุรกิจไม้ยางพารา. 2540. ผลดี-ผลเสียของการปลูกสวนยางพารา และการปลูกป่าไม้ยางพาราในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม. เข้าถึงจาก: www.tpa-rubberwood.org/pdf_file/chapter-4.pdf. เข้าถึงเมื่อ 15 มิถุนายน 2554.

สะเราะ นิยมเดชา. 2552. การเตรียมสารปรับปรุงดินจากกากขี้แป้งน้ำยางข้นโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ,สาขาวิชาเคมีประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุภาพร บัวแก้ว, อเนก กุณาละสิริ, จันทวรรณ คงเจริญ, จุมพฏ สุขเกื้อ, และ พัชรินทร์ ศรีวารินทร์. 2545. การผลิตและการตลาดอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบ. เข้าถึงจาก: http://www.rubberthai.com/. เข้าถึงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2554.

สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย. 2549. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม: ผลิตภัณฑ์ยาง. กรุงเทพฯ:กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา. 2552. แนวทางปฏิบัติที่ดี โครงการบริหารจัดการด้านมลพิษและสิ่งแวดล้อมของโรงงานผลิตภัณฑ์ยางพารา. กรุงเทพฯ. 47 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. เข้าถึงจาก: http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/yearbook59.pdf. เข้าถึงเมื่อ 3 เมษายน 2560.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2559. เข้าถึงจาก: http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/commodity59.pdf. เข้าถึงเมื่อ 31 มีนาคม 2560.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิสถาบันพลาสติก, และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย. 2559. รายงานการศึกษาเชิงลึกเรื่องอนาคตถุงมือยางไทยในตลาดโลก. เข้าถึงจาก: http://rubber.oie.go.th/box/Article/42174/เชิงลึกถุงมือยาง20RIU%20website.pdf. เข้าถึงเมื่อ 7 กันยายน 2559.

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. มปป. เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology-CT) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่. 2554. โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่สู่โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM): รายงานฉบับสมบูรณ์ 2. เข้าถึงจาก: http://www.dpim.go.th/articles/article?catid=122&articleid=3374. เข้าถึงเมื่อ 4 กรกฎาคม 2560.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญ และแนวโน้มปี 2560. เข้าถึงจาก: http://www.oae.go.th/download/document_tendency/agri_situation2560.pdf. เข้าถึงเมื่อ 4 เมษายน 2560.

CML (Center of environmental science) . 1995. Beginning LCA: A guide into life cycle assessment. Leiden university. Netherlands. Available from: www.iedenuniv.nl/interfac/cml/index.html.

CML. 2001. Implementation of life cycle impact assessment methods. Final report ecoinvent data v2.1. Swiss centre for LCI. Available from: https://db.ecoinvent.org/searchprocresults.php?browse=2&tex_DS_ECOCAT=%3DCML+2001&tex_DS_ECOSUBCAT=%3Dacidification+potential&profisearch=doit&sortorder=ds.NAME&spf_CC_COMPCODE=all

CML. 2012. Characterisation factors for life cycle impact assessment (LCIA). Institute of Environmental Sciences. Leiden University. Leiden. The Netherlands.

Dayaratne, S.P. and Gunawardana, K.D. 2015. Carbon footprint reduction: a critical study of rubber production in small and medium scale enterprises in Sri Lanka. **Journal of Cleaner Production** 103: 87-103.

Eco-invent center. The Eco-invent database. Available from: http://www.ecoinvent.org/database/older-versions/older-versions-of-the-database.html. Accessed June 10, 2015.

EGAT. 2011. Pollution control and management. Available from: https://www.egat.co.th/en/index.php?option=com_content&view=article&id=119&Itemid=127. Accessed January 23, 2016.

ISO 14040. 1997. Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. International Standard Organization.

IPCC. 1997. Greenhouse gas inventory reference Manual. IPCC guidelines for nation greenhouse gas inventories Volume 3. Intergovernmental Panel on Climate Change. Bracknell.

International organization for standardization. 2006. ISO 14040 Environmental management- life cycle assessment - principles and framework. available from: http://www.iso.org.

Jawjit, W., Pavasant, P. and Kroeze C. 2015. Evaluating environmental performance of concentrated latex production in Thailand. **Journal of Cleaner Production** 98: 84-91.

Jawjit, W., Rattanapan, S. and Kroeze C. 2010. Greenhouse gases emissions of rubber industry in Thailand. **Journal of Cleaner Production** 18: 403-411.

Manyele, S.V. and Kagonji, S.I. 2012. Assessment of Incineration process performance in a district hospital using statistical analysis. **Engineering** 4: 421-434.

Maulinaa, S., Sulaimanb, N.M.N. and Mahmooda, N.Z. 2015. Enhancement of eco-efficiency through life cycle assessment in crumb rubber Processing. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 195: 2475-2484.

Rattanapana, C., Suksaroj, T. and Ounsanehab, W. Development of Eco-efficiency Indicators for Rubber Glove Product by Material Flow Analysis. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 40: 99-106.

SETAC. 2003. Life cycle assessment and conceptually related programs.

Soratana, K., Rasutis, D., Azarabadi H., Eranki, P.L. and Landis, A.E.2017. Guayule as an alternative source of natural rubber: A comparative life cycle assessment with hevea and synthetic rubber. **Journal of Cleaner Production** 159: 271-280.

Wenzel, H., Hauschild, M. and Alting, L. 1997. Methodology tool and case studies in product development. **Environmental Assessment of Products**. Chapman&Hall, London.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ภาคผนวก ก-1 แบบสอบถามการใช้ทรัพยากรในการเพาะชำพันธุ์กล้ายางเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

วันที่……

สถานที่เก็บข้อมูล…….

พันธุ์ยางที่ท่านทำการเพาะ ได้แก่ 1) .....2) ……..

พันธุ์ที่มีผู้นิยมซื้อไปปลูกมากที่สุด ได้แก่.....

เวลาที่ใช้ในการเพาะชำพันธุ์กล้ายางจนพร้อมจำหน่าย/ปลูก..... เดือน

พันธุ์กล้ายางทั้งหมดที่ท่านเพาะมีประมาณ ..... ถุง

<u>ข้อมูลการใช้ทรัพยากรต่อการเพาะกล้ายาง 1 ถุงชำ</u>

(หากท่านไม่สามารถประมาณการใช้ทรัพยากรต่อ 1 ถุงได้/ ท่านสามารถประมาณการต่อหน่วยอื่นๆ ที่ท่านทราบ เช่น ต่อกล้ายางทั้งหมดในแปลง, ต่อวัน, ต่อเดือน)

ทรัพยากรที่ใช้	**ปริมาณ ต่อ 1 ถุงชำ**	**ปริมาณต่อหน่วยอื่นๆ**	**หมายเหตุ**
ดิน (ประเภทดิน .....)			
ขุยมะพร้าว			
ปุ๋ยอินทรีย์ (จำนวน .....ครั้งๆละ .....กรัม)			
ปุ๋ยเคมี ชนิดที่ 1) ..... (จำนวน ..... ครั้งๆละ ..... กรัม) หรือมีอัตราส่วนผสม ปุ๋ย ..... กรัมต่อน้ำ .....ลิตร			

ทรัพยากรที่ใช้	ปริมาณ ต่อ 1 ถุงชำ	ปริมาณต่อหน่วยอื่นๆ	หมายเหตุ
ปุ๋ยเคมี ชนิดที่ 2) ..... (จำนวน ..... ครั้งๆละ .....กรัม) หรือมีอัตราส่วนผสม ปุ๋ย ..... กรัมต่อน้ำ .....ลิตร			
ยาป้องกันกำจัดเชื้อรา ชนิด ..... (จำนวน ..... ครั้งๆละ .....กรัม) หรือมีอัตราส่วนผสม ยา ..... กรัมต่อน้ำ .....ลิตร			
ยาปราบศัตรูพืช ชนิดที่ 1) ..... (จำนวน ..... ครั้งๆละ ..... กรัม) หรือมีอัตราส่วนผสม ยา..... กรัมต่อน้ำ .....ลิตร			
ยาปราบศัตรูพืช ชนิดที่ 2) ..... (จำนวน ..... ครั้งๆละ ..... กรัม) หรือมีอัตราส่วนผสม ยา..... กรัมต่อน้ำ ..... ลิตร			

ทรัพยากรที่ใช้	ปริมาณ ต่อ 1 ถุงชำ	ปริมาณต่อหน่วยอื่นๆ	หมายเหตุ
สารเคมีอื่นๆ **1 .....** **2 .....**			

การรดน้ำ: รด ..... ครั้ง/ วัน

ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณต่อทั้งแปลงเพาะพันธุ์กล้ายาง .....

ปัญหา อุปสรรคที่พบบ่อยในการเพาะชำพันธุ์กล้ายาง

.....

.....

.....

…….ขอขอบคุณสำหรับการให้ความอนุเคราะห์ในข้อมูล.....

ภาคผนวก ก-2 แบบสอบถามการใช้ทรัพยากรในการปลูกยางพาราเพื่อใช้ในงานวิจัย

วันที่ .....

สถานที่เก็บข้อมูล .....

คำชี้แจง - แบบสอบถามนี้ใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในจุดมุ่งหมายทางธุรกิจ หรือจุดมุ่งหมายอื่นใด

<u>ข้อมูลทั่วไป</u>

พื้นที่ในการปลูกยาง .....ไร่

ลักษณะของพื้นที่ที่ปลูกยาง ☐ เป็นที่ราบ ☐ เป็นเนินเขา ☐ เป็นที่ราบ และเนินเขา ☐ เป็นที่ภูเขา ☐ อื่นๆ

พันธุ์ยางที่ปลูกคือพันธุ์ 1) ..... 2)..... 3).....

รอบในการปลูกยาง ☐ 15 ปี ☐ 20 ปี ☐ 25 ปี ☐ 30 ปี

<u>การเตรียมพื้นที่ปลูก</u>

พื้นที่ก่อนหน้าที่จะปลูกยาง (ในรอบนี้) เป็นพื้นที่ ☐ ปลูกยางเดิม ☐ ป่าไม้ธรรมชาติ ☐ พื้นที่เสื่อมโทรม รกร้าง ☐ พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ได้แก่.....

ท่านเตรียมพื้นที่ปลูกยางใหม่ด้วยการ ☐ เผา ☐ ไถพรวนด้วยรถไถ ☐ อื่นๆ.....

ท่านจัดการกับตอไม้ยางพารา/ รากยางพาราอย่างไร .....

กรณีที่ใช้การไถพรวนด้วยรถไถ ท่านใช้น้ำมันโดยเฉลี่ยประมาณ .....ลิตร/ ไร่ (หากไม่สามารถประมาณการต่อ 1 ไร่ ได้ อาจระบุปริมาณน้ำมันที่ใช้ต่อพื้นที่ทั้งหมดก็ได้)

ในพื้นที่ 1 ไร่ ปลูกต้นยางพาราประมาณ ..... ต้น

<u>การดูแลต้นยางช่วงก่อนให้น้ำยาง (1-7 ปี)</u>

เมื่อนำพันธุ์กล้ายางลงปลูกท่านใส่ปุ๋ย

☐ หินฟอสเฟต ..... กรัม/ หลุม (หรือ ..... กิโลกรัม/ไร่)

☐ ปุ๋ยอินทรีย์ ..... กรัม/ หลุม (หรือ ..... กิโลกรัม/ไร่)

☐ ปุ๋ยอื่นๆ คือ ..... ในอัตรา ..... กรัม/หลุม

☐ ไม่ใส่ปุ๋ย

ในช่วงก่อนต้นยางให้น้ำยาง (ก่อนเปิดกรีด) (1-7 ปี) ท่านใส่ปุ๋ย ..... ครั้ง/ปี โดยในแต่ละครั้ง ปุ๋ยที่ใส่ คือ

ปุ๋ยเคมีสูตร .....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

ปุ๋ยเคมีสูตร .....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายระเอียดเพิ่มเติม).....

.....

ในช่วงก่อนต้นยางให้น้ำยาง (ก่อนเปิดกรีด) (1-7 ปี) ท่านใส่ยาฆ่าแมลง.....ครั้ง/ปี โดยในแต่ละครั้งยาฆ่าแมลงที่ใช้ คือ

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายละเอียดเพิ่มเติม).....

.....

ท่านจัดการวัชพืชในช่วงก่อนต้นยางให้น้ำยาง (ก่อนเปิดกรีด) (1-7 ปี) โดย

☐ ใช้แรงงานคน ☐ ใช้การเผา ☐ ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช

ในกรณีที่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ท่านใช้สารเคมี ..... ครั้ง/ปี โดยในแต่ละสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้ คือ

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายละเอียดเพิ่มเติม).....

.....

<u>การดูแลต้นยางช่วงหลังเปิดกรีด (8-20 ปี)</u>

ในช่วงต้นยางให้น้ำยาง (หลังเปิดกรีด) (8-20 ปี) ท่านใส่ปุ๋ย ..... ครั้ง/ปี โดยในแต่ละครั้งปุ๋ยที่ใส่ คือ

ปุ๋ยเคมีสูตร .....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

ปุ๋ยเคมีสูตร .....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายละเอียดเพิ่มเติม).....

.....

ในช่วงต้นยางให้น้ำยาง (หลังเปิดกรีด) (8-20 ปี) ท่านใส่ยาฆ่าแมลง..... ครั้ง/ ปี โดยในแต่ละครั้งยาฆ่าแมลงที่ใช้ คือ

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายละเอียดเพิ่มเติม).....

.....

ท่านจัดการวัชพืชในช่วงต้นยางให้น้ำยาง (หลังเปิดกรีด) (8-20 ปี) โดย

☐ ใช้แรงงานคน ☐ ใช้การเผา ☐ ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช

ในกรณีที่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ท่านใช้สารเคมี ..... ครั้ง/ปี

โดยในแต่ละสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้ คือ

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

.....ในอัตรา .....กิโลกรัม/ไร่

(รายละเอียดเพิ่มเติม).....

.....

ปัญหา และอุปสรรคที่พบในการปลูกยางพารา

.....

.....

.....

.....

---------- ขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ----------

ภาคผนวก ก-3 แบบบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางดิบมายังโรงงาน (ผู้รับซื้อน้ำยางดิบ-โรงงาน)

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางดิบ วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับที่	ชนิดรถที่ใช้ (6 ล้อ, 4 ล้อ อื่นๆ.....)	ระยะทางถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	น้ำหนักรวมถังบรรทุก (กิโลกรัม)	ปริมาณการบรรทุก (กิโลกรัม)			สัดส่วนน้ำยางดิบที่บรรทุกต่อเที่ยว (%)	เชื้อเพลิงในการขนส่งต่อเที่ยว (ลิตร)		ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (เบนซิน, ดีเซล อื่นๆ.....)
				น้ำหนักรถเข้า	น้ำหนักรถออก	น้ำหนักน้ำยางดิบ		ไป	กลับ	
1										
2										
3										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

หมายเหตุ: สัดส่วนน้ำยางดิบที่บรรทุกต่อเที่ยว (%) คือ 50% ครึ่งถัง, 75% 3ส่วน4ของถัง และ 100% เต็มถัง

ภาคผนวก ก-4 แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น
ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา
คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัตถุประสงค์: เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน/ โรงงาน

1.1 ชื่อผู้ให้ข้อมูล…….

ตำแหน่ง…….

โทรศัพท์..... E-mail : ……

1.2 ชื่อหน่วยงาน/โรงงาน……

1.3 สถานที่ตั้งของโรงงาน

เลขที่……หมู่ที่……ถนน……

ตำบล……อำเภอ……จังหวัด……..

โทรศัพท์…….โทรสาร……

1.4 ลักษณะที่ตั้งของโรงงาน มีดังนี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ มีชุมชนล้อมรอบโรงงานในรัศมี 500 เมตร

☐ มีพื้นที่เกษตรกรรมล้อมรอบ ระบุ…… (เช่น สวนยางพารา พืชไร่ เป็นต้น)

☐ อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ระบุ…….(เช่น แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น)

☐ อื่นๆ ระบุ…….....

(เช่น โรงงานตั้งอยู่บนพื้นที่ราบ หรือพื้นที่ดอนเป็นต้น)

1.5 ประเภทผลิตภัณฑ์ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ น้ำยางข้น ☐ ยางสกิมบล็อก ☐ ยางสกิมเครพ

1.6 กำลังการผลิตทั้งหมด…….…… (ตัน/ ปี)

1.7 เวลาประกอบกิจการ: วันละ…….กะ กะละ.....ช.ม.

ตั้งแต่เวลา……..……ถึง……..… และเวลา……..……ถึง……

ประกอบการสัปดาห์ละ……..วัน วันหยุดเฉลี่ยปีละ……วัน

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลในส่วนกระบวนการผลิต

2.1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน แยกย่อยตามหน่วยการผลิต คิดเป็นรายเดือน ดังนี้

2.1.1 หน่วยการผลิตน้ำยางข้น

บ่อพักน้ำยางสด

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำยางสด (latex)		กิโลกรัม/ เดือน
แอมโมเนีย (NH_3)		กิโลกรัม/ เดือน
เตตระเมทิล ไทยูแรม ไดซัลไฟด์ (TMTD)		กิโลกรัม/ เดือน
ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)		กิโลกรัม/ เดือน
ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอตเฟต (DAP)		กิโลกรัม/ เดือน
น้ำ (water)		ลูกบาศก์เมตร/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน

บ่อเก็บน้ำยางสด

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
น้ำ (water)		ลูกบาศก์เมตร/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน

เครื่องปั่นแยก

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
น้ำ (water)		ลูกบาศก์เมตร/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน
พลังงาน		
ไฟฟ้า (electricity)		kWh/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน

ถังเก็บน้ำยางข้น

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
แอมโมเนีย (NH_3)		กิโลกรัม/ เดือน
เตตระเมทิล ไทยูแรม ไดซัลไฟด์ (TMTD)		กิโลกรัม/ เดือน
ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)		กิโลกรัม/ เดือน
น้ำ (water)		ลูกบาศก์เมตร/ เดือน
อื่นๆ.....		...../ เดือน

2.1.2 หน่วยการผลิตยางสกิม

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)		กิโลกรัม/ เดือน
น้ำ (water)		ลูกบาศก์เมตร/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน
พลังงาน		
ไฟฟ้า (electricity)		kWh/ เดือน
น้ำมันเชื้อเพลิง (fuel)		ลิตร/ เดือน
แก๊สธรรมชาติ (LPG)		กิโลกรัม/ เดือน
ไม้ฟืน (fire wood)		กิโลกรัม/ เดือน
อื่นๆ…….		...../ เดือน

หมายเหตุ : (1) แหล่งที่มาของน้ำสะอาด

1) น้ำบาดาล ปริมาณเฉลี่ย…….……ลบ.ม./ เดือน

2) น้ำประปา ปริมาณเฉลี่ย……..……ลบ.ม./ เดือน

3) น้ำจากแม่น้ำ/ ลำคลอง ปริมาณเฉลี่ย…..……ลบ.ม./ เดือน

4) น้ำจากแหล่งอื่น ระบุ……....

(2) ประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้……(เบนซิน ดีเซล น้ำมันเตา หรือ อื่นๆ)

2.2 ปริมาณการผลิตของโรงงาน และมูลค่าผลิตภัณฑ์

☐ น้ำยางข้น ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/ เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

☐ ยางสกิมบล็อก ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/ เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

☐ ยางสกิมเครพ ปริมาณเฉลี่ย…….....ตัน/ เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

2.3 ชนิด ปริมาณ และมูลค่าผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by products)

☐ กากขี้แป้ง ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

☐ เศษยาง ปริมาณเฉลี่ย……...ตัน/เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

☐ อื่นๆ ระบุ..... ปริมาณเฉลี่ย……..…….....ตัน/เดือน

ยอดขาย.....บาท/ เดือน

ส่วนที่ 3 : ระบบการจัดการน้ำเสีย

3.1 ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบทั้งหมด ……..……..ลูกบาศก์เมตร/ เดือน

3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้

☐ ระบบบ่อผึ่ง จำนวน……บ่อ

☐ ระบบบ่อไร้อากาศร่วมกับระบบบ่อผึ่ง จำนวน…….บ่อ

☐ ระบบตะกอนเร่ง จำนวน…….บ่อ

☐ ระบบตะกอนเร่งร่วมกับระบบบ่อผึ่ง จำนวน…….บ่อ

☐ ระบบเติมอากาศแบบฉีดอากาศเข้าไปในน้ำ และแบบใช้เครื่องกล จำนวน……บ่อ

☐ ใช้ร่วมกันหลายระบบ ได้แก่…….....จำนวน……บ่อ

และ…….....จำนวน……บ่อ

และ……...จำนวน……บ่อ

☐ ระบบอื่นๆ ระบุ……..…….....จำนวน……บ่อ

3.3 คุณภาพน้ำเสียก่อน และหลังการบำบัด

องค์ประกอบของน้ำ	**ก่อนบำบัด (mg/L)**	**หลังบำบัด (mg/L)**
BOD		
COD		
SS		
pH		
SO_4^{2-}		
TKN		
TP		
VFA		
อื่นๆ.....		
.....		
.....		

ส่วนที่ 4 : แนวทางในการจัดการ/ ป้องกันมลพิษ ลดของเสีย และประหยัดพลังงาน ที่ดำเนินงานอยู่

☐ มีการติดตั้งมาตรวัดน้ำ เพื่อให้ทราบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละจุด

☐ มีการปรับเปลี่ยนความลึกของบ่อจับตัว และบ่อล้างยาง ในหน่วยการผลิตยางสกิม ให้มีขนาดความลึกประมาณ 2-3 เท่า เพื่อการใช้น้ำในปริมาณที่น้อยลง

☐ นำน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจากกระบวนล้างผลิตภัณฑ์ กลับมาหมุนเวียนใช้ในการล้างทำความสะอาด

☐ ควบควบคุมความชื้นของยางสกิม ก่อนเข้าสู่เตาอบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบให้น้อยลง

☐ มีการตรวจสอบความสามารถในการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบยางสกิม ให้มีการเผาไหม้ที่สม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพ

☐ นำน้ำที่ผ่านการบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต โดยไม่มีการปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือ แหล่งชุมชน

☐ มีการตรวจเช็ค และซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

☐ มีการออกแบบการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม สำหรับเครื่องจักรแต่ละตัว เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น

☐ มีการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการผลิต เช่น ผลิตในช่วงกลางคืน เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูง ช่วยทำให้อัตราค่าไฟฟ้าลดลง

☐ มีการเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระงานในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต

☐ อื่นๆ.....

☐ ไม่มี

ส่วนที่ 5 : มาตรฐาน และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมของโรงงาน

โรงงานกำลังดำเนินการด้านนโยบายและได้รับมาตรฐาน หรือความสำเร็จของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

☐ ระบบ ISO 9001 ระยะเวลาในการขอการรับรอง.....ปี

☐ ระบบ ISO 14001 ระยะเวลาในการขอการรับรอง.....ปี

☐ ระบบ ISO 17025 ระยะเวลาในการขอการรับรอง.....ปี

☐ ระบบ ISO 18000 ระยะเวลาในการขอการรับรอง.....ปี

☐ อื่นๆระบุ..... ระยะเวลาในการขอการรับรอง.....ปี

โรงงาน มีนโยบายเข้าร่วมระบบคุณภาพทางสิ่งแวดล้อม และอยู่ในระหว่างการดำเนินการจัดทำ ดังนี้

☐ ระบบ ISO 9001 ☐ ระบบ ISO 18000

☐ ระบบ ISO 14001 ☐ ระบบ Clean Technology

☐ ระบบ ISO 17025 ☐ ระบบ Life Cycle Assessment (LCA)

☐ อื่นๆ ระบุ..... ☐ ไม่มี

ผลประโยชน์ที่โรงงานจะได้รับหลังจากการดำเนินงานตามมาตรฐานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ค่าใช้จ่ายทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานลดลง.....บาท/ปี

☐ ลดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน

☐ ลดปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรในกระบวนการผลิตให้น้อยลง

☐ ลดปริมาณน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานสู่แหล่งน้ำธรรมชาติให้น้อยลง

☐ การบริหารการจัดการด้านต่างๆ ภายในโรงงานดีขึ้น

☐ ช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

☐ แนวโน้มด้านความสามารถในการส่งออกสินค้าทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพิ่มขึ้น

☐ มีแนวโน้มด้านความสามารถในการแข่งขันทางการค้ากับต่างประเทศได้มากขึ้น

☐ อื่นๆ.....

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้จากการกรอกแบบสอบถามนี้จะใช้เฉพาะในงานวิจัยของโครงการนี้เท่านั้น จะไม่มีการนำข้อมูล และชื่อของหน่วยงาน/ โรงงานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงาน/ โรงงานก่อน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ก-5 แบบบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางข้นมายังโรงงานผลิตถุงมือแพทย์

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกข้อมูลการขนส่งน้ำยางข้น วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับที่	ชนิดรถที่ใช้ (6 ล้อ, 4 ล้อ อื่นๆ.....)	ระยะทางถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	น้ำหนักรวมถังบรรทุก (กิโลกรัม)	ปริมาณการบรรทุก (กิโลกรัม)			สัดส่วนน้ำยางข้นที่บรรทุกต่อเที่ยว (%)	เชื้อเพลิงในการขนส่งต่อเที่ยว (ลิตร)		ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (เบนซิน, ดีเซล อื่นๆ.....)
				น้ำหนักรถเข้า	น้ำหนักรถออก	น้ำหนักน้ำยางข้น		ไป	กลับ	
1										
2										
3										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

หมายเหตุ: สัดส่วนน้ำยางดิบที่บรรทุกต่อเที่ยว (%) คือ 50% ครึ่งถัง, 75% 3ส่วน4ของถัง และ 100% เต็มถัง

ภาคผนวก ก-6 แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือแพทย์

แบบสอบถามข้อมูลการใช้ทรัพยากร และพลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือแพทย์
ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา
คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัตถุประสงค์: เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน/โรงงาน

1.1 ชื่อผู้ให้ข้อมูล…….

ตำแหน่ง…….

1.2 ชื่อหน่วยงาน/โรงงาน……

1.3 ประเภทผลิตภัณฑ์ที่ให้ข้อมูล (เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดไร้แป้ง ใช้เทคนิคคลอริเนชั่น Size medium

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดไร้แป้ง ใช้เทคนิคเคลือบพอลิเมอร์Size medium

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดมีแป้ง ผิวเรียบ Size medium

☐ อื่นๆ ระบุ……...…….

1.4 กำลังการผลิต……..…… (กิโลกรัม/วัน)

หรือ …… (ตัน/วัน)

หรือ …… (ตัน/ปี)

1.5 สถานที่ตั้งของโรงงาน

เลขที่……หมู่ที่……..ถนน……...……

ตำบล……...อำเภอ……จังหวัด……

โทรศัพท์……..โทรสาร……

1.6 เวลาประกอบกิจการ:วันละ……ช.ม. ตั้งแต่เวลา……ถึง……..

ประกอบการสัปดาห์ละ……..วัน

1.7 วันหยุดเฉลี่ยปีละ……วัน สาเหตุที่หยุด คือ……

1.8 ลักษณะที่ตั้งของโรงงาน มีดังนี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ มีชุมชนล้อมรอบโรงงานในรัศมี 500 เมตร

☐ มีพื้นที่เกษตรกรรมล้อมรอบ ระบุ…… (เช่น สวนยางพารา พืชไร่ เป็นต้น)

☐ อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ระบุ……..(เช่น แม่น้ำ ลำคลองเป็นต้น)

☐ อื่นๆ ระบุ……

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลในส่วนกระบวนการผลิต

ปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน แยกตามกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน

ถังน้ำยางคอมเปานด์ (Compound latex Dipping tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำยางข้น		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
Sulpher		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
KOH		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ZDEC		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ZnO		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
TiO_2		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
พลังงาน		
ไฟฟ้า		kWh/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

เตาอบ 1 (Gelling Oven)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กะลาปาล์ม		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ม้วนขอบ (Beading)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
ไฟฟ้า		kWh/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

เตาอบ 2 (Vulcanized curing oven)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กะลาปาล์ม		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังล้าง (leaching tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังน้ำเย็น (Cooling Tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังน้ำคลอรีน (Chlorine tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
คลอรีน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังน้ำล้างคลอรีน (Chlorine rinsing tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังด่าง (Alkaline tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
KOH		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังพอลิเมอร์ (Polymer tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
พอลิเมอร์		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

เตาอบ 3 (Vulcanized curing oven)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถอดแบบถุงมือ

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
ไฟฟ้า		kWh/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังแปรงล้างแป้ง

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
พลังงาน		
ไฟฟ้า		kWh/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังกรด (Acid tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กรดไนตริก (HNO_3)		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังด่าง (Alkaline tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (NaOCl)		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังน้ำล้างด่าง (Alkaline rinsing tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

เตาอบ 4 (Vulcanized curing oven)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กะลาปาล์ม		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ถังเคมี (Coagulant tank)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบ และสารเคมี		
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
คลอรีน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
$Ca(NO_3)_2$		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
$CaCO_3$		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

เตาอบ 5 (Coagulant Dry oven)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน		
แก๊ส LPG		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ไม้ฟืน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กะลาปาล์ม		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

ปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน โดยภาพรวมต่อกระบวนการผลิตถุงมือแพทย์ (กาเครื่องหมาย /ในช่อง ☐)

☐1 วัน ☐1 เดือน ☐ 1 ลัง ☐1 ตัน ☐ อื่นๆ.....

ชนิด	ปริมาณ	หน่วย
<u>วัตถุดิบ และสารเคมี</u>		
น้ำยางข้น		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
Sulpher		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
KOH		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ZDEC		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
ZnO		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
TiO_2		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
คลอรีน		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
พอลิเมอร์		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
กรดไนตริก (HNO_3)		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
น้ำสะอาด		ลูกบาศก์เมตร/ (วัน,เดือน,ตัน
$CaCO_3$		ผลิตภัณฑ์)กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตัน
Ca $(NO_3)_2$		ผลิตภัณฑ์)กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตัน
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)		ผลิตภัณฑ์)
โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (NaOCl)		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
อื่นๆ.....		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)
		กิโลกรัม/ (วัน,เดือน,ตันผลิตภัณฑ์)

พลังงานที่ใช้ ได้แก่

1. การใช้ไฟฟ้า.....kWh/ (ตันผลิตภัณฑ์/ เดือน)
   หรือ ค่าไฟฟ้า.....บาท/ เดือน
2. การใช้แก๊ส LPG.....กิโลกรัม/ (ตันผลิตภัณฑ์/ วัน)
   หรือ.....ตัน/ เดือน
3. การใช้กะลาปาล์ม.....กิโลกรัม/ (ตันผลิตภัณฑ์/ วัน)
   หรือ.....ตัน/ เดือน
4. อื่นๆ.....

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ ได้แก่

น้ำบาดาล ปริมาณเฉลี่ย……...ลบ.ม./ วัน

น้ำจากแหล่งชลประทาน (น้ำประปา) ปริมาณเฉลี่ย……ลบ.ม./ วัน

น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (แม่น้ำ/ลำคลอง) ปริมาณเฉลี่ย…..……..ลบ.ม./ วัน

น้ำจากแหล่งอื่น ระบุ……...ปริมาณเฉลี่ย…..……..ลบ.ม./ วัน

หรือ ค่าน้ำประปา.....บาท/ เดือน

ปริมาณผลิตภัณฑ์ของโรงงาน มีดังนี้

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดไร้แป้ง ใช้เทคนิคคลอริเนชั่น

Size Extra Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size medium ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Large ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดไร้แป้ง ใช้เทคนิคเคลือบพอลิเมอร์

Size Extra Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size medium ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Large ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

☐ ถุงมือแพทย์ ชนิดมีแป้ง ผิวเรียบ

Size Extra Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size medium ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Large ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

☐ อื่นๆ ระบุ……...……

Size Extra Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Small ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size medium ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

Size Large ปริมาณ……(กิโลกรัม/ วัน, ตันผลิตภัณฑ์/ วัน, ลัง/ วัน)

ชนิดและปริมาณผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product) ได้แก่

 ชิ้นงานเสีย ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/เดือน

หรือ ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/ครั้ง (.....ครั้ง/เดือน)

 เศษขี้ยาง ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/เดือน

หรือ ปริมาณเฉลี่ย……ตัน/ครั้ง (.....ครั้ง/เดือน)

อื่นๆ ระบุ.....ปริมาณเฉลี่ย……..……ตัน/เดือน

ส่วนที่ 3 : ระบบการจัดการน้ำเสีย

3.1 การจัดการน้ำเสียที่ดำเนินการอยู่ มีรายละเอียด ดังนี้

1) ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้

☐ ระบบบ่อผึ่ง จำนวน……บ่อ บนพื้นที่……ไร่

☐ ระบบบ่อไร้อากาศร่วมกับระบบบ่อผึ่ง จำนวน…….บ่อ บนพื้นที่……ไร่

☐ ระบบตะกอนเร่ง จำนวน…….บ่อ บนพื้นที่……ไร่

☐ ระบบตะกอนเร่งร่วมกับระบบบ่อผึ่ง จำนวน…….บ่อ บนพื้นที่……..ไร่

☐ ระบบเติมอากาศแบบฉีดอากาศเข้าไปในน้ำและแบบใช้เครื่องกล บนพื้นที่…ไร่

☐ ใช้ร่วมกันหลายระบบ ได้แก่ ……...……จำนวน……บ่อ บนพื้นที่….ไร่

และ ……...……จำนวน……บ่อ บนพื้นที่….ไร่

☐ระบบอื่นๆ ระบุ……...……....จำนวน……บ่อ บนพื้นที่….ไร่

2) ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

2.1 ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด……..ลูกบาศก์เมตร/วัน

หรือ……..ลูกบาศก์เมตร/เดือน

3) บุคลากรที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

☐ผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย จำนวน……คน ☐ช่างเทคนิค จำนวน……คน

☐ เจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จำนวน…….คน

3.2 การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์

☐มี ได้แก่ ใช้ซ้ำในกระบวนการผลิต ปริมาณ…….ลบ.ม./วัน

ใช้ทำความสะอาดโรงงานปริมาณ…….ลบ.ม./วัน

ใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ระบุ……

☐ไม่มี

3.3 ค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

☐ สารเคมี ได้แก่……...เป็นจำนวน……..……บาท/เดือน

☐ ค่าวิเคราะห์น้ำเสีย……บาท/เดือน

☐ ค่าบำบัดน้ำเสีย……..….บาท/เดือน/ลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย

☐ ค่าอื่นๆ ระบุ……..บาท/เดือน

3.4 โรงงานมีวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย ได้แก่ (เลือกได้มากว่า 1 ข้อ)

☐ตรวจวิเคราะห์เบื้องต้นโดยใช้ห้องปฏิบัติการของโรงงานเอง

☐ส่งตรวจวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการของสถาบันการศึกษาที่มีความน่าเชื่อถือ

☐ส่งตรวจวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการของหน่วยงานเอกชน

☐อื่นๆ ระบุ……..

3.5 ข้อมูลคุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

องค์ประกอบของน้ำ	**ก่อนบำบัด(mg/l)**	**หลังบำบัด(mg/l)**
BOD		
COD		
SS (Suspended solids)		
pH		

ส่วนที่ 4 : มาตรการในการควบคุมมลพิษ และประหยัดพลังงาน รวมถึงระบบการจัดการของเสียที่มีการดำเนินงานอยู่ (ถ้ามี)

1) …….

ผลที่ได้รับ……..……

……

2) ……..

ผลที่ได้รับ……..

……

3) ……..

ผลที่ได้รับ…….

……

ส่วนที่ 5 : มาตรฐาน และกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องอุตสาหกรรม ของโรงงาน

กำลังดำเนินการด้านนโยบายและได้รับมาตรฐาน หรือความสำเร็จของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

☐ ระบบ ISO 9000 ใช้เวลา.....ปี

☐ ระบบ ISO 14000 ใช้เวลา.....ปี

☐ ระบบ ISO 17025 ใช้เวลา.....ปี

☐ ระบบ ISO 18000 ใช้เวลา.....ปี

☐ อื่นๆระบุ..... ใช้เวลา.....ปี

มีนโยบายเข้าร่วมระบบคุณภาพทางสิ่งแวดล้อม และอยู่ในระหว่างการดำเนินการจัดทำดังนี้

☐ ระบบ ISO 9000 ☐ ระบบ ISO 18000

☐ ระบบ ISO 14000 ☐ ระบบ Clean Technology

☐ ระบบ ISO 17025 ☐ ระบบ Life Cycle Assessment (LCA)

☐ อื่นๆ ระบุ..... ☐ ไม่มี

ผลประโยชน์ที่โรงงานจะได้รับหลังจากการดำเนินงานตามมาตรฐานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ค่าใช้จ่ายทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานลดลง.....บาท/ปี

☐ ลดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน

☐ ลดปริมาณการใช้พลังงาน และทรัพยากรในกระบวนการผลิตให้น้อยลง

☐ ลดปริมาณน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานสู่แหล่งน้ำธรรมชาติให้น้อยลง

☐ การบริหารการจัดการด้านต่างๆ ภายในโรงงานดี

☐ ช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

☐ แนวโน้มด้านความสามารถในการส่งออกสินค้าทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพิ่มขึ้น

☐ มีแนวโน้มด้านความสามารถในการแข่งขันทางการค้ากับต่างประเทศได้มากขึ้น

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้จากการกรอกแบบสอบถามนี้จะใช้เฉพาะในงานวิจัยของโครงการนี้เท่านั้น จะไม่มีการนำข้อมูล และชื่อของหน่วยงาน/ โรงงานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงาน/ โรงงานก่อน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลขาเข้า

ภาคผนวก ข-1 ระบบการขนส่งน้ำยางข้น

จากการศึกษา พบว่า การปลูกยางพารา 0.01 ไร่ ได้ผลผลิตน้ำยางดิบ 2.64 กิโลกรัม (0.0026 ตัน) ซึ่งนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น 1.22 กิโลกรัม (0.0012 ตัน) เพื่อนำมาใช้ผลิตถุงมือแพทย์ จำนวน 1 กล่อง 100 ชิ้น น้ำหนัก 520 กรัม (หน่วยหน้าที่ที่ศึกษาครั้งนี้)

ทั้งนี้พิจารณา ปริมาณการปล่อยมลสารระหว่างการขนส่ง ทั้งขาไป และขากลับ

1. ปริมาณมลสารที่ปลดปล่อยระหว่างการขนส่งขาไป (บรรทุกน้ำยางข้น)
   = น้ำหนักวัตถุดิบที่ขนส่งตามระยะทาง (ton-km) x emission factor (kg/ ton-km)
2. ปริมาณมลสารที่ปลดปล่อยระหว่างการขนส่งขากลับ (รถเปล่า)
   = น้ำหนักวัตถุดิบ (kg) x ระยะทาง (km) x emission factor (kg/ km)
   / น้ำหนักสินค้าทั้งหมดที่ขนส่ง (kg)

โดยที่ การขนส่งน้ำยางข้นมายังโรงงานมีระยะทางเฉลี่ย 16.83 km
น้ำหนักน้ำยางข้นที่ขนส่ง 0.0012 ton
น้ำหนักน้ำยางข้นที่ขนส่งทั้งหมด 30 ton (30,000 kg)

ดังนั้น

1. ปริมาณมลสารที่ปลดปล่อยระหว่างการขนส่งขาไป
   = 0.0012 ton x 16.83 km
   = 0.0201 ton-km
2. ปริมาณการปล่อยระหว่างการขนส่งขากลับ
   = 1.22 kg x 16.83 km / 30,000 kg
   = 0.0007 km

จากนั้นนำค่าที่ได้จาก 1. และ 2. ไปคูณกับค่า emission factor (kg/ km) ของชนิดรถที่ใช้ในการขนส่ง เพื่อหาค่าการปล่อยมลสารในลำดับต่อไป

ภาคผนวก ข-2 ระบบการกำจัดถุงมือแพทย์

จากงานวิจัยของ Manyele, S. V. and Kagonji, I. S. (2012) ทำการประเมินประสิทธิภาพของเตาเผาขยะทางการแพทย์ในโรงพยาบาลประจำตำบล โดยระบุให้มีปริมาณขยะทั้งหมดประมาณ 70-120 กิโลกรัม/วัน และใช้เชื้อเพลิงในการเผา 20-40 ลิตร/วัน เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า ขยะติดเชื้อที่ทำการเผา ประกอบไปด้วยเครื่องมือทางการแพทย์คิดเป็น 25% และ ขยะอื่นคิดเป็น 75% จากขยะที่มีการเผาทั้งหมด โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 30 ลิตร/วัน ต่อการเผา ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทั้งนี้ทำให้ทราบว่าเตาเผานั้นมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้น แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาขยะ คือ มีการแนะนำให้แยกส่วนของขยะทางการแพทย์ และต้องมีการจัดเก็บที่ถูกต้อง อีกทั้งเสนอแนะเพิ่มเติมให้โรงพยาบาลมีการติดตั้งเตาเผาใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ให้สั้นลง และสิ้นเปลืองพลังงานน้องลงด้วย ดังนั้น ปริมาณขยะติดเชื้อเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 95 กิโลกรัม/ วัน

กล่าวคือ ปริมาณขยะติดเชื้อเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 95 กิโลกรัม/ วัน ซึ่งใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ในการเผาไหม้ 30 ลิตร

ดังนั้น ปริมาณขยะติดเชื้อ 1 กิโลกรัม/ วัน จะใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ในการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ (30*1)/ 95 หรือเท่ากับ 0.315 ลิตร/ กิโลกรัม

ภาคผนวก ค

การคำนวณในระบบย่อยของการผลิตถุงมือแพทย์

ภาคผนวกที่ ค-1 ค่าการปล่อยมลสาร(Emission inventory)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรม								รวม
		การใช้ปุ๋ย N		การใช้ปุ๋ย P		การใช้ปุ๋ย K		การใช้ไกลโฟเสต	การเตรียมพื้นที่ปลูก	
		เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา			
Global warming										
CO_2	kg	0.05	9.47	0.05	16.47	0.01	6.02	0.004	0.27	32.35
CH_4	g	0.002	0.45	0.004	1.18	54.07	0.27	<0.001	0.01	55.99
N_2O	g	0.002	0.41	0.003	0.90	<0.001	0.21	0.001	0.005	1.53
Acidification										
SO_2	g	0.03	0.01	0.01	4.25	16474.02	2.68	0.00	0.40	16481.40
NO_x	g	0.42	81.70	0.52	159.00	0.08	61.20	0.04	0.74	303.70
NH_3	g	0.01	2.42	0.01	1.69	0.001	0.91	0.001	0.03	5.06

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน (ต่อ)

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรม								รวม
		การใช้ปุ๋ย N		การใช้ปุ๋ย P		การใช้ปุ๋ย K		การใช้ไกลโฟเสต	การเตรียมพื้นที่ปลูก	
		เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา			
Eutrophication										
NH_3	g	0.01	2.42	0.01	1.69	0.001	0.91	0.001	0.03	5.06
NO_3	g	0.002	0.43	0.004	1.29	<0.001	0.21	0.004	0.01	1.94
N	g	0.001	0.18	0.002	0.70	<0.001	0.02	0.001	-	0.90
P	g	<0.001	0.01	0.003	0.00	<0.001	0.01	0.084	-	0.10
PO_4^{3-}	g	0.001	0.17	0.42	126.00	<0.001	0.07	<0.001	0.001	126.67
COD	g	0.67	129.00	0.35	106.00	0.03	23.20	0.003	2.77	262.02
Smog										
CO	g	0.43	83.10	0.27	81.80	0.05	39.80	0.06	6.06	211.57
CH_4	g	0.002	0.45	0.004	1.18	<0.001	0.27	0.02	0.01	1.94
NO_x	g	0.42	81.70	0.52	159.00	0.08	61.20	0.04	0.74	303.70
NMVOC	g	0.05	8.80	0.05	14.50	0.01	6.68	0.004	-	30.09

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน (ต่อ)

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรม								รวม
		การใช้ปุ๋ย N		การใช้ปุ๋ย P		การใช้ปุ๋ย K		การใช้ไกลโฟเสต	การเตรียมพื้นที่ปลูก	
		เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา	เพาะกล้ายาง	บำรุงรักษา			
Human toxicity										
glyphosate	mg	0.001	0.26	0.04	12.10	<0.001	0.15	0.01	-	12.56
PM	mg	0.01	2.12	0.01	2.01	0.001	998.50	0.001	-	5.15
SO_2	g	0.03	5.39	0.01	4.25	0.003	2.68	0.002	0.40	12.76
NO_x	g	0.42	81.70	0.52	159.00	0.08	61.20	0.04	0.74	303.70

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม						รวม
		การขนส่งน้ำยางดิบ	การใช้แอมโมเนีย	การใช้ ZnO	การใช้ fatty acid	การใช้ไฟฟ้า	การใช้ DAP	
Global warming								
CO_2	kg	9.75	3.12	0.02	0.92	75.90	1.93	91.63
CH_4	g	0.60	0.12	0.004	0.29	559	0.12	560.13
N_2O	g	0.72	0.26	0.01	3.26	1.90	0.10	6.25
Acidification								
SO_2	g	1.05	2.43	0.05	2.94	58.30	0.73	65.50
NO_x	kg	0.10	0.02	0.001	0.003	0.17	0.02	0.31
NH_3	g	0.22	0.97	0.02	0.08	-	0.34	1.62
Eutrophication								
NH_3	g	0.22	0.97	0.02	0.08	-	0.34	1.62
NO_3	g	0.08	0.56	0.004	0.25	-	0.46	1.35

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อการผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน (ต่อ)

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม						รวม
		การขนส่งน้ำยางดิบ	การใช้แอมโมเนีย	การใช้ ZnO	การใช้ fatty acid	การใช้ไฟฟ้า	การใช้ DAP	
Eutrophication								
N	g	-	10.40	0.003	2.52	-	0.22	13.14
P	g	0.001	<0.001	<0.001	0.10	-	0.45	0.55
PO_4^{3-}	g	0.01	0.06	0.001	0.17	-	0.70	0.94
COD	g	27.42	1090.00	0.38	11.10	-	22.70	1151.60
Smog								
CO	kg	0.03	0.04	0.001	0.001	19.10	0.01	19.19
CH_4	g	0.60	0.12	0.004	0.29	559.00	0.12	560.13
NO_x	g	95.56	20.90	0.67	3.14	173.00	18.60	311.87
Human toxicity								
PM	g	1.55	-	-	-	-	-	1.55
SO_2	g	1.05	2.43	0.05	2.94	58.30	0.73	65.50
NO_x	g	95.56	20.90	0.67	3.14	173.00	18.60	311.87

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม											รวม
		การขนส่งน้ำยางข้น	การใช้กำมะถัน	การใช้ KOH	การใช้ ZnO	การใช้ TiO_2	การใช้กรดไนตริก	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	การใช้แป้งข้าวโพด	การใช้ MgO	การใช้ไฟฟ้า	การใช้แก๊ส LPG	
Global warming													
CO_2	g	2.07	0.01	1.03	0.4	1.46	0.49	3.38	1.6	0.18	5440	17.3	5467.93
CH_4	mg	0.17	0.001	0.04	0.02	0.07	0.02	0.16	0.08	0.01	40100	0.80	40101.4
N_2O	mg	0.07	0.002	0.17	0.03	0.11	0.02	0.15	0.11	0.03	136	0.60	137.30
Acidification													
SO_2	mg	0.23	0.01	0.54	0.23	0.58	0.37	1.93	1.04	0.09	4180	8.78	4193.79
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65
NH_3	mg	0.03	0.003	0.34	0.09	0.21	0.18	0.05	0.44	0.85	-	0.81	2.99
Eutrophication													
NH_3	mg	0.03	0.003	0.34	0.09	0.21	0.18	0.05	0.44	0.85	-	0.81	2.99
NO_3	mg	0.01	0.02	0.31	0.02	0.55	0.04	146	25.90	0.03	-	0.29	173.18
N	mg	0.003	0.00	0.11	0.01	0.07	3.08	0.07	0.50	0.02	-	0.13	4.01
P	mg	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.003	1.41	<0.001	-	0.013	1.43

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (ต่อ)

ผลกระทบ/มลสาร	หน่วย	กิจกรรม											รวม
		การขนส่งน้ำยางข้น	การใช้กำมะถัน	การใช้ KOH	การใช้ ZnO	การใช้ TiO_2	การใช้กรดไนตริก	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	การใช้แป้งข้าวโพด	การใช้ MgO	การใช้ไฟฟ้า	การใช้แก๊ส LPG	
Eutrophication													
PO_4^{3-}	mg	0.001	<0.001	0.024	0.005	0.04	0.01	0.06	7.24	<0.001	-	0.03	7.41
COD	g	0.006	0.009	0.015	0.002	0.03	0.02	0.05	<0.001	0.69	0.003	0.08	0.91
Smog													
CO	g	0.007	<0.001	0.01	0.004	0.008	0.005	0.03	0.02	0.002	1.37	0.18	1.64
CH_4	mg	0.17	0.001	0.04	0.02	0.07	0.02	0.16	0.08	0.01	40100	0.80	40101.4
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65
NMVOC	mg	-	0.01	1.17	0.38	1.06	0.42	3.14	1.20	1.12	-	15.70	24.21
Human toxicity													
PM	mg	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16
SO_2	mg	0.23	0.01	0.54	0.23	0.58	0.37	1.93	1.04	0.09	4180	8.78	4193.79
NO_x	g	0.02	<0.001	0.01	0.003	0.01	0.003	0.03	0.01	0.007	12.4	0.15	12.65

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีค่า เนื่องจากไม่มี Emission factor ที่นำมาคำนวณ

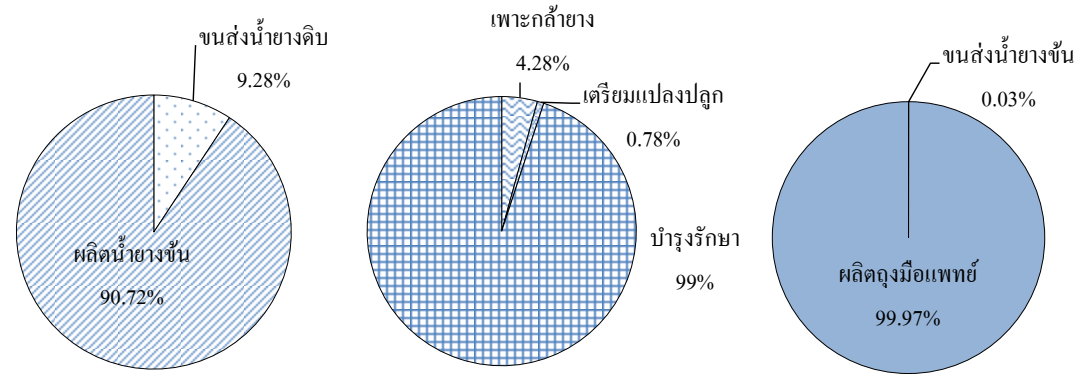
ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าการปล่อยมลสารจากกิจกรรมในระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/ มลสาร	หน่วย	กิจกรรมการเผาขยะติดเชื้อ
Global warming		
CO_2	g	6.60
CH_4	g	<0.001
N_2O	g	<0.001
Acidification		
SO_2	g	0.003
NO_x	g	0.03
NH_3	mg	0.47
Eutrophication		
NH_3	mg	0.47
NO_3	g	0.002
N	mg	0.16
P	mg	<0.001
PO_4^{3-}	mg	0.12
COD	g	<0.001
Smog		
CO	g	0.02
CH_4	mg	0.11
NO_x	g	0.03
Human toxicity		
glyphosate	mg	<0.001
PM	mg	0.38
SO_2	mg	2.94
NO_x	g	0.03

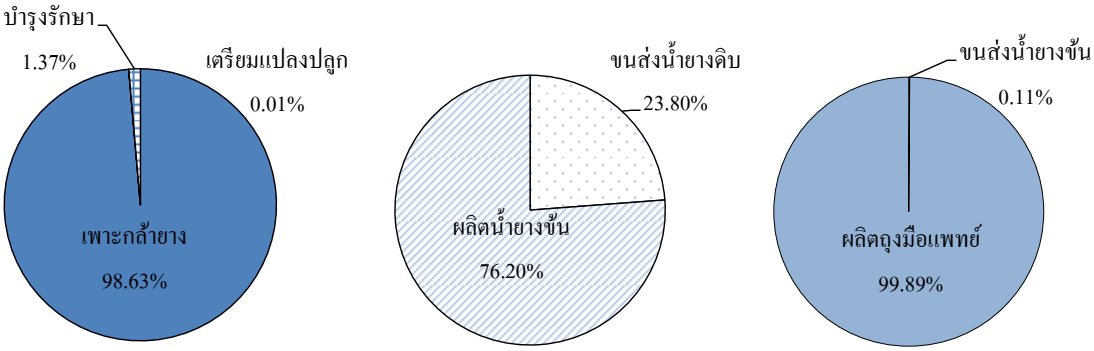
ภาคผนวกที่ ค-2 ค่า**การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)**

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมในแต่ละระบบย่อยที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาของการผลิตถุงมือแพทย์

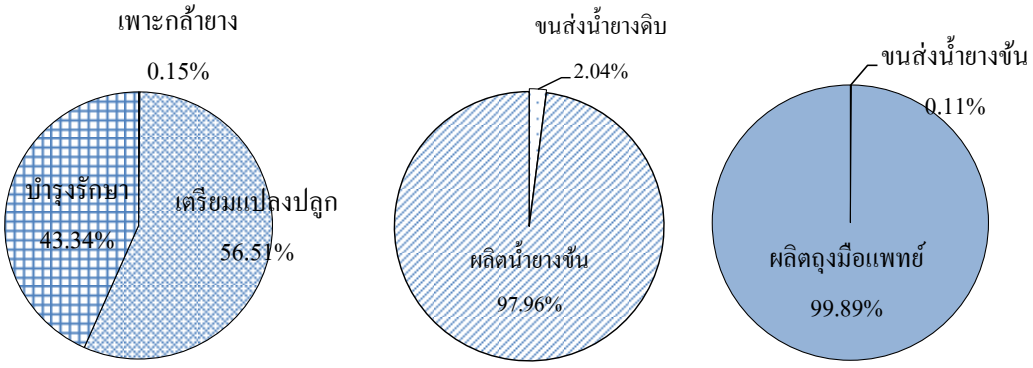
ผลกระทบ/ ระบบ	ระบบการปลูกยางพารา (ต้นน้ำยางดิบ)			ระบบผลิตน้ำยางข้น (ต้นน้ำยางข้น)		ระบบผลิตถุงมือแพทย์ (กล่องถุงมือแพทย์)		ระบบกำจัด (กล่องถุงมือแพทย์)
	เพาะกล้ายาง	เตรียมแปลงปลูก	บำรุงรักษา	ขนส่งน้ำยางดิบ	ผลิตน้ำยางข้น	ขนส่งน้ำยางข้น	ผลิตถุงมือแพทย์	
โลกร้อน (kg CO_2-eq)	1.46	0.27	32.47	9.97	97.53	0.002	6.51	0.01
ฝนกรด (kg SO_2-eq)	16.47	0.001	0.23	0.07	0.22	<0.001	0.01	<0.001
การแพร่กระจายของพืชน้ำ (kg PO_4^{3-}-eq)	<0.001	<0.001	0.13	0.001	0.03	<0.001	<0.001	<0.001
หมอกพิษ (kg C_2H_4-eq)	<0.001	<0.001	0.03	0.004	0.53	<0.001	0.001	<0.001
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (kg $C_6H_4C_{l2}$-eq)	0.001	0.001	0.37	0.12	0.27	<0.001	0.02	<0.001



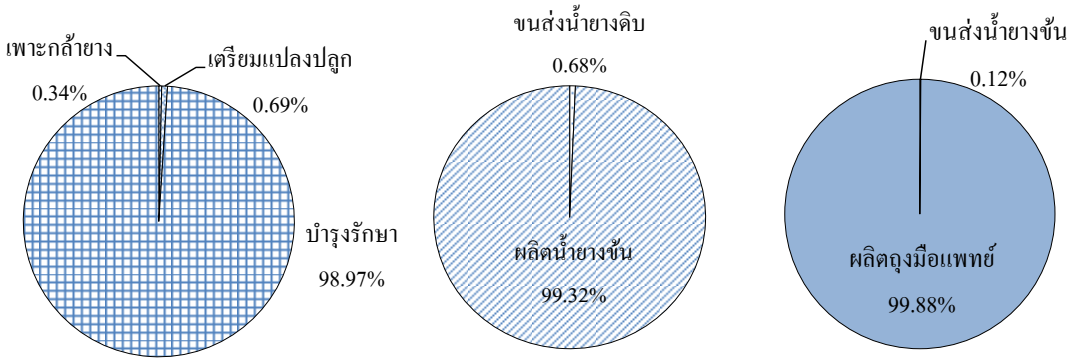
ภาพประกอบภาคผนวกที่ 1 เปรียบเทียบการเกิดสภาวะโลกร้อนต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา



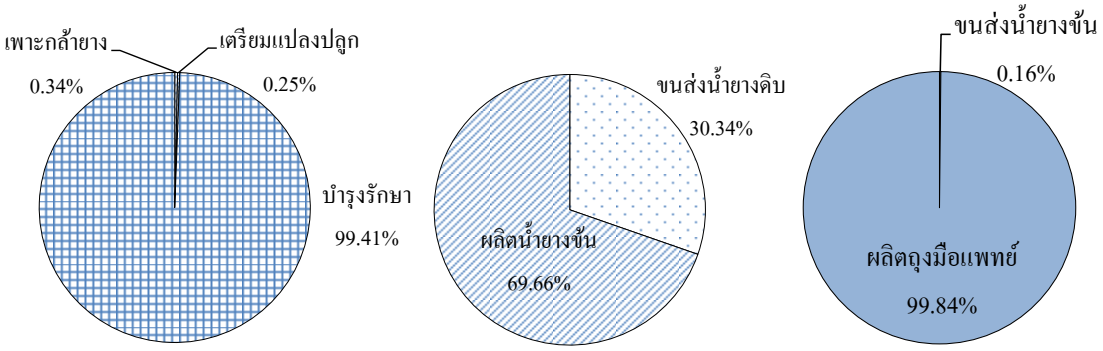
ภาพประกอบภาคผนวกที่ 2 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะฝนกรดต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา



ภาพประกอบภาคผนวกที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะการแพร่กระจายของพืชน้ำต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา



ภาพประกอบภาคผนวกที่ 4 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะหมอกพิษต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา



ภาพประกอบภาคผนวกที่ 5 เปรียบเทียบสัดส่วนการเกิดสภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่อหน่วยของระบบย่อยที่ศึกษา

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการปลูกยางพาราต่อน้ำยางดิบ 1 ตัน

ผลกระทบ/ กิจกรรม		เพาะกล้ายาง			เตรียมแปลงปลูก	บำรุงรักษา				รวม
		การใช้ ปุ๋ย N	การใช้ ปุ๋ย P	การใช้ ปุ๋ย K	การใช้ รถแทร็กเตอร์	การใช้ ปุ๋ย N	การใช้ ปุ๋ย P	การใช้ ปุ๋ย K	การใช้ ไกลโฟเสต	
โลกร้อน	ค่าการปล่อย (kg)	0.05	0.06	1.36	0.27	9.60	16.77	6.09	0.004	34.20
	สัดส่วน (%)	0.15	0.16	3.98	0.78	28.08	49.04	17.81	0.01	100.00
ฝนกรด	ค่าการปล่อย (g)	0.35	0.39	16474.08	0.96	61.78	118.99	47.21	0.03	16703.79
	สัดส่วน (%)	0.002	0.002	98.62	0.01	0.37	0.71	0.28	<0.001	100.00
การแพร่กระจาย ของพืชน้ำ	ค่าการปล่อย (g)	0.02	0.44	0.001	0.07	4.01	129.77	0.95	0.26	135.52
	สัดส่วน (%)	0.02	0.32	0.001	0.05	2.96	95.76	0.70	0.19	100.00
หมอกพิษ	ค่าการปล่อย (g)	0.04	0.04	0.01	0.18	8.20	12.69	5.57	0.005	26.74
	สัดส่วน (%)	0.16	0.16	0.03	0.69	30.66	47.47	20.82	0.02	100.00
ความเป็นพิษ ต่อมนุษย์	ค่าการปล่อย (g)	0.52	0.63	0.10	0.94	100.33	193.30	74.50	0.05	370.37
	สัดส่วน (%)	0.14	0.17	0.03	0.25	27.09	52.19	20.12	0.01	100.00

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตน้ำยางข้นต่อน้ำยางข้น 1 ตัน

ผลกระทบ/กิจกรรม		ขนส่งน้ำยางดิบ	ผลิตน้ำยางข้น					รวม
			การใช้แอมโมเนีย	การใช้ ZnO	การใช้ fatty acid	การใช้ไฟฟ้า	การใช้.DAP	
โลกร้อน	ค่าการปล่อย (kg)	9.97	3.20	0.02	1.89	90.44	1.97	107.50
	สัดส่วน (%)	9.28	2.98	0.02	1.76	84.13	1.83	100.00
ฝนกรด	ค่าการปล่อย (kg)	0.07	0.02	0.001	0.01	0.18	0.01	0.29
	สัดส่วน (%)	23.80	6.58	0.19	1.84	62.58	5.01	100.00
การแพร่กระจายของพืชน้ำ	ค่าการปล่อย (kg)	0.001	0.03	<0.001	0.002	<0.001	0.003	0.03
	สัดส่วน (%)	2.04	84.32	0.05	5.34	0.00	8.25	100.00
หมอกพิษ	ค่าการปล่อย (kg)	0.004	0.002	<0.001	<0.001	0.52	0.001	0.53
	สัดส่วน (%)	0.68	0.31	0.01	0.02	98.83	0.16	100.00
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	ค่าการปล่อย (kg)	0.12	0.03	0.001	0.004	0.21	0.02	0.38
	สัดส่วน (%)	30.34	6.63	0.21	1.06	55.91	5.85	100.00

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตถุงมือแพทย์ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ/กิจกรรม		การขนส่งน้ำยางข้น	การผลิตถุงมือแพทย์										รวม
			การใช้กำมะถัน	การใช้ KOH	การใช้ ZnO	การใช้ TiO_2	การใช้กรดไนตริก	การใช้ $Ca(NO_3)_2$	การใช้แป้งข้าวโพด	การใช้ MgO	การใช้ไฟฟ้า	การใช้แก๊ส LPG	
โลกร้อน	ค่าการปล่อย (g)	2.10	0.02	1.08	0.41	1.50	0.50	3.43	1.63	40.73	6486.17	17.48	6555
	สัดส่วน (%)	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.02	0.62	98.95	0.27	100
ฝนกรด	ค่าการปล่อย (g)	0.01	<0.001	0.01	0.003	8.72	0.003	0.02	0.01	0.01	12.89	0.12	21.79
	สัดส่วน (%)	0.07	0.00	0.04	0.01	40.01	0.01	0.10	0.04	0.03	59.15	0.53	100
การแพร่กระจายของพืชน้ำ	ค่าการปล่อย (g)	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	0.002	0.02	0.01	0.02	0.07	0.002	0.13
	สัดส่วน (%)	0.11	0.16	0.44	0.07	0.64	1.49	12.60	11.56	12.45	58.79	1.69	100
หมอกพิษ	ค่าการปล่อย (g)	0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.003	0.001	0.001	0.63	0.02	0.65
	สัดส่วน (%)	0.12	0.00	0.23	0.05	0.15	0.06	0.45	0.20	0.11	96.21	2.42	100
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	ค่าการปล่อย (g)	0.03	<0.001	0.01	0.004	0.01	0.004	0.04	0.01	0.01	15.33	0.18	15.63
	สัดส่วน (%)	0.16	0.00	0.08	0.03	0.08	0.03	0.22	0.09	0.05	98.09	1.17	100

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบการกำจัดถุงมือแพทย์ (การจัดการขยะติดเชื้อ โดยวิธีการเผา) ต่อถุงมือแพทย์ 1 กล่อง

ผลกระทบ	หน่วย	ค่าการปล่อย
โลกร้อน	g CO_2-eq	6.65
ฝนกรด	g SO_2-eq	0.02
การแพร่กระจายของพืชน้ำ	mg PO_4^{3-}-eq	0.56
หมอกพิษ	mg C_2H_4-eq	1.37
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	mg $C_6H_4C_{l2}$-eq	0.03

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวปาจรีย์ เอียดแก้ว

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810920022

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการยาง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช	2551

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

การเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ

ปาจรีย์ เอียดแก้ว, ธันวดี สุขสาโรจน์, และ วาริท เจาะจิตต์. 2558. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต. การประชุมวิชาการ และนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ อุตสาหกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3 (ITTECON 2015) มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. วันที่ 10 พฤษภาคม 2558. โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้, จอมเทียน, ชลบุรี. หน้าที่ 88-92.