รายงานการวิจัย
เรื่อง

การเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอร์รี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Environmental Impact Assessment by using Life Cycle Assessment of Toffee Cake in Home Bakery Suan Dusit University

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ จันทร์เจริญ
นางสาวพรธิดา เทพประสิทธิ์

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอร์รี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Environmental Impact Assessment by using Life Cycle Assessment of Toffee Cake in Home Bakery Suan Dusit University

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ จันทร์เจริญ
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
นางสาวพรธิดา เทพประสิทธิ์
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2559)

หัวข้อวิจัย	การเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ดำเนินการวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ จันทร์เจริญ นางสาวพรธิดา เทพประสิทธิ์
ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ นิยดา สวัสดิพงษ์ และนางจันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2560

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการขนส่งหน้าสถานที่ผลิต วิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น น้ำหนัก 125 กรัม ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งครอบคลุมกระบวนการ แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัย พบว่า ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ตลอดวัฏจักรชีวิตมีการใช้ทรัพยากร ในกระบวนการผลิต ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด เม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพลังงานไฟฟ้า สำหรับกระบวนการใช้งาน พบข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า น้ำ และน้ำยาล้างจาน โดยกระบวนการทั้งหมด ทำให้เกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ และแหล่งน้ำ ได้แก่ Carbon dioxide (CO_2) 0.5532 มิลลิกรัม Sulfur dioxide (SO_2) 0.0154 มิลลิกรัม ความร้อนที่มาจากการใช้เชื้อเพลิง LPG 123.090 จูล Biochemical Oxygen Demand (BOD) 0.139 มิลลิกรัม Chemical Oxygen Demand (COD) 0.348 มิลลิกรัม Suspended Solide (SS) 0.042 มิลลิกรัม Oil & Grease 0.045 มิลลิกรัม Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) 0.00952 มิลลิกรัม และ Sulfide as Hydrogen Sulfide (H_2S) 4.8 มิลลิกรัม เมื่อพิจารณาพบว่า กระบวนการผลิตจะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ สำหรับกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ จากการพิจารณาสัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละประเภท พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) มากที่สุดคือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่า 77.49% ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบรองลงมาคือ ขั้นตอนของการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ มีค่า 21.61% กระบวนการผลิตมีค่า 0.62% และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก 0.28% ตามลำดับ สำหรับในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูง ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรมีการคัดเลือกผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่อยู่ไม่ไกลจากสถานที่ผลิตมากนัก เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง อันนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง

คำสำคัญ : การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมการผลิต ขนมอบ

Research Title Environmental Impact Assessment by using Life Cycle Assessment of Toffee Cake in Home Bakery
Suan Dusit University
Researcher Assistant Professor Dr. Pitak Chancharoen
Miss Pornthida Thepprasit
Research Consultants Associate Professor Niyada Sawatdipong
Mrs. Chanchana Siriphanwattana
Organization Suan Dusit University
Year 2017

This research has the purpose to gather account data item throughout the life cycle of toffee cake product since the raw material acquiring and the logistics at the production site. The product environmental effect analysis and evaluation are performed by using Life Cycle Assessment technique. The 20 of 125 grams toffee cakes of Suan Dusit University Home bakery are studied with Life Cycle Assessment including the Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) process that evaluates the greenhouse gases emission throughout the product life cycle since the acquiring of raw material, production, logistics and distribution, application, and product waste disposal. From the research result, it is found that the analysis result of environmental account data item of toffee cake product throughout the life cycle had used resources in production process as follows; wheat flour, salted fresh butter, white sugar, egg, cocoa powder, baking powder, coffee powder, condensed milk, cashew nuts, and electricity. For the application process, there were environmental account data item from product application activity as follows; electricity, water, and dishwashing liquid that the whole process causes air and water pollution emission as follows; 0.5532 milligram of Carbon dioxide (CO_2), 0.0154 milligram of Sulfur dioxide (SO_2), heat from LPG combustion for 123.090 Joule, 0.139 milligram of Biochemical Oxygen Demand (BOD), 0.348 milligram of Chemical Oxygen Demand (COD), 0.042 milligram of Suspended Solide (SS), 0.045 milligram of Oil & Grease, 0.00952 milligram of Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), and 4.8 milligram of Sulfide as Hydrogen Sulfide (H_2S). From the consideration, it is found that the production process affects towards the air pollution emission and the application activity affects towards the water pollution emission. From considering the ratio of raw material and energy that causes effects in each type, it is found that the most affected process that causes the Global Warming is the raw material acquiring for 77.49% follow by the product waste disposal process for 21.61%, production process for 0.62%, and toffee cake product application for 0.28% respectively. For the process of raw material acquiring in toffee cake product, it is found that there are greenhouse gases emission in quite high level then, in order to decrease the greenhouse gases emission, there should be the product distributors selection which are located nearby the production site in order to shorten the logistics distance that leads to the decrease of greenhouse gases emission.

Keyword: Product Life Cycle Assessment, Manufacturing Industry, Bakery Product

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้รับความร่วมมือจากผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในการให้ข้อมูลต่างๆ เพื่อมาประกอบการใช้ในงานวิจัยเล่มนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณความกรุณาอย่างสูงที่กรุณาเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามของการวิจัยนี้

และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ได้จัดสรรงบประมาณอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2559 ทำให้งานวิจัยเล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยคณะผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นไปอย่างยั่งยืนในอนาคต

คณะผู้วิจัย

2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต	6
อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ	28
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ HOME BAKERY	34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
กรอบแนวคิดในการวิจัย	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	41
การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)	41
การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
การวิเคราะห์ข้อมูล	47
การแปลผล (Interpretation)	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	48
การทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)	48
การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)	57
แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	68
สรุปผลการวิจัย	68
อภิปรายผล	71
ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	74
บรรณานุกรมภาษาไทย	74
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	76
ภาคผนวก	78
แบบฟอร์มการเก็บข้อมูล	79
ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราการรีไซเคิลของเสียในภาคอุตสาหกรรม	13
2.2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น	13
2.3	เครื่องการจัดการและประเมินด้านสิ่งแวดล้อม	19
3.1	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	44
3.2	ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบพื้นฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	47
4.1	ขั้นตอนในการจัดหาและที่มาของการผลิตวัตถุดิบ	48
4.2	ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	49
4.3	ขั้นตอนการจัดหาประเภทของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต	50
4.4	วิธีการคำนวณการปันส่วน (Allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก	50
4.5	ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	53
4.6	ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต	54
4.7	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์	55
4.8	ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	56
4.9	สัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)	58
4.10	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification)	59
4.11	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air)	61
4.12	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water)	62
4.13	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า (Slags-Ashes)	63
4.14	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	64
4.15	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ขอบเขตการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)	3
2.1	ขั้นตอนการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)	22
2.2	ขอบเขตของระบบในการทำงานการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)	23
2.3	เส้นทางบัญชีรายการข้อมูล	24
2.4	แหล่งที่มาของข้อมูล	25
2.5	ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ	26
2.3	กรอบแนวคิดของการวิจัย	40
3.1	ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	42
3.2	วิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	43
3.3	ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	45
4.1	ตัวเค้กที่รอการเติมหน้า	51
4.2	พนักงานดำเนินการเติมหน้าเค้กและเกลี่ยหน้าเค้กให้เรียบ	51
4.3	ท๊อฟฟี่เค้กที่ผ่านการเติมหน้าแล้ว	52
4.4	ท๊อฟฟี่เค้กที่ผ่านการเติมหน้าแล้วเข้าเตาอบแล้ว	52
4.5	ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต	54
4.6	ถาดที่รอการล้างในห้องล้างถาด	55
4.7	การใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	56
4.8	สัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน	59
4.9	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด	60
4.10	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์	61
4.11	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์	62
4.12	สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า	63
4.13	ห้องบ่อดักไขมันของโฮมเบเกอรี่	66
4.14	การแบ่งแยกห้องในกระบวนการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก	67
4.15	ระบบการควบคุมสต๊อกวัตถุดิบ	67

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ตลาดโลกมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางของตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น (Green Market) จากการดำเนินงานของประเทศญี่ปุ่นและกลุ่ม EU หรือประเทศสหภาพยุโรป ที่ได้มีการนำประเด็นทางสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นประเด็นหนึ่งในการออกมาตรการทางการค้า เช่น มาตรการที่จำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดที่ใช้ในการผลิตสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเข้าไปวางจำหน่ายในตลาด EU ที่เรียกว่า ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restrictions on Harzardous Substances : RoHS) และมาตรการเกี่ยวกับการหาผู้รับผิดชอบในการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะไฮเทคที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งานลงในประเทศที่เป็นสมาชิก EU โดยมีขอบเขตที่กว้างขวางและครอบคลุมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกประเภท ทั้งที่เป็นแบบใช้ภายในบ้านและใช้ในอุตสาหกรรมที่วางจำหน่ายในตลาด EU ที่เรียกว่าระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE) โดยระเบียบทั้งสองเป็นระเบียบข้อบังคับที่มีพื้นฐานอยู่บนการลดปริมาณหรืองดการใช้สารอันตรายในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากมาตรการดังกล่าวมีผลทำให้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ซึ่งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นวิธีการหนึ่งในการประเมินปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันมุ่งผลเชิงปริมาณซึ่งเกี่ยวเนื่องตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ สำหรับนำผลไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงกระบวนการผลิตตลอดจนเพิ่มทางเลือกในการผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กฤษกร เจียมจำรัสศิลป์, 2557)

สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งการใช้งานผลิตภัณฑ์ตลอดจนการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์ โดยจะพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมระบบนิเวศสุขอนามัยของชุมชนรวมถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก เช่น การทำลายโอโซน (Ozone Depletion) การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ทั้งนี้เพื่อนำผลไปใช้ในการเพิ่มทางเลือกในการผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (ชลิตา สุวรรณ, 2554)

หากพิจารณาถึง สถาบันการศึกษาแล้ว พบว่า สถาบันการศึกษาหลายแห่งได้มีการดำเนินธุรกิจ เพื่อเป็นการหารายได้และเป็นศูนย์ฝึกการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียน และหนึ่งในสถาบันการศึกษาที่มีชื่อเสียงด้านผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ได้มีการจัดตั้งโฮมเบเกอรี่ เพื่อผลิตและจัดจำหน่ายเบเกอรี่ สำหรับโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตปัจจุบันได้มีการดำเนินงานมาอย่างยาวนานถึง 30 ปีแล้ว โดยทางสถาบันราชภัฏเปิดหลักสูตรอนุปริญญาตรี

สาขาอาหารขึ้น เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2528 มีวัตถุประสงค์ในการก่อตั้งขึ้นมา เพื่อเป็นสถานฝึกงานให้กับนักศึกษาสาขาคหกรรมศาสตร์ ที่กำหนดให้นักศึกษาเรียนสาขาอาชีพนอกจากเรียนทฤษฎีแล้วยังต้องฝึกปฏิบัติด้วย และหนึ่งในหลักสูตรนั้นคือการทำขนมเค้ก แต่เนื่องจากทางสถาบันมีงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย ดังนั้น นักศึกษาช่วยกันลงขันกันเป็นเงิน 1,692.25 บาท เพื่อซื้อวัตถุดิบมาทำขนมเค้กส่งอาจารย์ในหลักสูตรการเรียน ต่อมามีการปรับปรุงการผลิตให้เป็นแบบอุตสาหกรรมและเพื่อรองรับนโยบายของมหาวิทยาลัยในการสร้างรายได้ เพื่อช่วยสนับสนุนด้านการเรียนการสอนและมีการพัฒนาต่อเป็นรากฐานของธุรกิจวิชาการ โครงการ โฮมเบเกอรี่ เป็นโครงการพิเศษ มีระบบบัญชีเป็นเกณฑ์เงินสดและจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม เป็นรูปแบบการบริหารธุรกิจที่ถูกต้อง มีผลการดำเนินงาน ถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์ด้านการผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับของลูกค้าปัจจุบันโฮมเบเกอรี่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีขนมกว่า 300 ชนิด เนื่องจากผู้ผลิตมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาสินค้าอยู่เสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท๊อฟฟี่เค้ก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมและมีชื่อเสียงมากที่สุดของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งจากการพัฒนาตนเองของ โครงการโฮมเบเกอรี่นั้น จนปัจจุบันได้กลายเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้มีการควบคุมคุณภาพให้มีมาตรฐาน โดยมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเน้นที่ความถูกหลักโภชนาการ

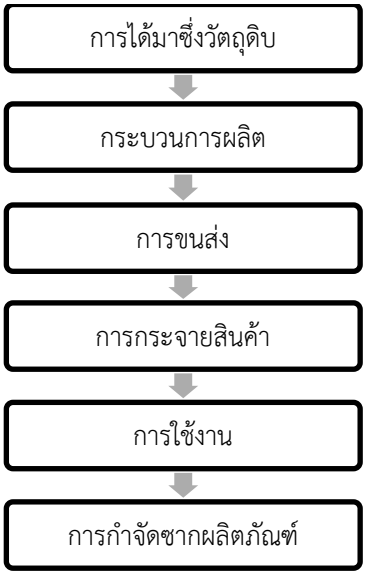
จากปรากฏการณ์ดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคและกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น รวมถึงช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดด้วย และผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมพัฒนาการการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตและบริษัทที่สนใจ ให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นไปอย่างยั่งยืนในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการขนส่งหน้าสถานที่ผลิต
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต

ขอบเขตการวิจัย

ในส่วนนี้เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) ของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กเป็นการประเมินในส่วนของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กที่มีขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งครอบคลุมกระบวนการแบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแสดงได้ ดังนี้



ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ศักยภาพ หมายถึง ความสามารถที่ยังไม่พัฒนา หรือยังไม่พัฒนาเต็มที่ ศักยภาพเป็นพลังภายใน พลังที่ซ่อนไว้หรือพลังแฝงที่ยังไม่ได้แสดงออกมาให้ปรากฏ หรือออกมาบ้างแต่ยังไม่หมด ในที่นี้หมายถึง ศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

อุตสาหกรรมการผลิต หมายถึง การใช้วัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ การดำเนินการ เครื่องจักร และคนงาน ในการผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย ในที่นี้หมายถึง อุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ขนมอบ หมายถึง อาหารที่มีส่วนผสมของแป้งสาลีที่ทำให้สุกด้วยความร้อนจากไอน้ำหรือไฟ ในที่นี้หมายถึง ผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คาร์บอนต่ำ หมายถึง การใช้ตัวเลขประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปี ซึ่งความเข้มของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศอยู่ในระดับที่ยอมรับกันว่าไม่เป็นการแทรกแซงของมนุษย์ที่เป็นอันตรายกับระบบภูมิอากาศ ในที่นี้หมายถึง คาร์บอนต่ำโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ / แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ในที่นี้หมายถึง การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ข้อมูลบัญชีรายการ หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลหรือคำนวณเพื่อหาปริมาณ Inputs/ Outputs ต่าง ๆ ที่เข้าและออกจากกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ผลิตภัณฑ์ ในที่นี้หมายถึง ข้อมูลบัญชีรายการที่ใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

วัตถุดิบ หมายถึง สิ่งที่เตรียมไว้เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต หรือประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป อาจได้มาจากธรรมชาติ หรือผลิตจากสิ่งอื่นในที่นี้หมายถึง วัตถุดิบในการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การปันส่วน หมายถึง การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออกของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของ

ผลิตภัณฑ์ ในที่นี้หมายถึง การปันส่วนในการผลิตขนมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หมายถึง มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง ในที่นี้หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการผลิตขนมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หมายถึง ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ในที่นี้หมายถึง ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในการผลิตขนมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หมายถึง ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศโดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในที่นี้หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการผลิตขนมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลการดำเนินงานศึกษาของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรณีศึกษา: ผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ทำให้โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จะทำให้เห็นภาพรวมของประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก พร้อมทั้งสามารถระบุขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด รวมทั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการวางแผนในส่วนของการบริหารจัดการด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมได้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต คณะผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

2.1 ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment)
2.2 อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ
2.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโฮมเบเกอรี่
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment)

2.1.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) คือกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการหรือกิจกรรมโดยการบ่งชี้ปริมาณพลังงาน วัตถุดิบที่ใช้ และของเสียที่ปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม และประเมินผลกระทบของสิ่งเหล่านั้น เพื่อหาความเป็นไปได้ที่สิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินนี้ได้รวมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตหรือกิจกรรม และกระบวนการนำวัตถุดิบมาใช้ ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง และการจัดจำหน่าย การใช้ หรือการใช้ซ้ำ การซ่อมบำรุง การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงาน และวัตถุดิบที่ใช้ร่วมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ได้มีผู้ให้คำนิยามการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ตามความหมายต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การประเมินวัฏชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือการได้ซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิตการขนส่งการใช้งานผลิตภัณฑ์การนำกลับมาใช้ใหม่และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งานซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546, น.1)

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นการเก็บข้อมูลของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งจากการใช้พลังงานการแพร่กระจายมลพิษโดยรวบรวมจากทั้งกระบวนการของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้น ๆ โดยจะรวมในทุกกระบวนการทุกกิจกรรมจะแยกย่อยลงลึกไปถึงอะไหล่หรือวัตถุย่อยที่นำมาใช้ในการผลิตด้วยซึ่งจะดูทั้ง 4 ส่วนคือการผลิตการขนส่งการใช้งานและการจัดการกับซากที่ใช้งานแล้ว

เรียกได้ว่าทั้งกระบวนการของชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนไปถึงจุดสิ้นสุดโดยข้อมูลของแต่ละขั้นตอนจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลผู้ผลิตอะไหล่ชิ้นส่วนวัตถุดิบรวมถึงผู้ที่อยู่ในวงจรโซ่อุปทาน (Supply Chain) ทั้งหมดจะต้องนำเสนอข้อมูล LCA ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นี้เพื่อนำมาเข้าสูตรคำนวณโดยทั่วไปจะมีซอฟแวร์ที่ช่วยในการคำนวณเพื่อหาค่าต่าง ๆ ออกมาอย่างเป็นระบบ (เจิด สุวรรณรัตน์, 2551)

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์กระบวนการหรือกิจกรรมโดยระบุจำแนกปริมาณพลังงานและวัสดุที่ใช้รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้เหล่านี้ต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสที่จะปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นการประเมินนี้รวมถึงวัฏจักรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กระบวนการหรือกิจกรรมตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบการขนส่งและการจัดจำหน่ายการใช้งานการใช้ซ้ำ การบำรุงรักษา การรีไซเคิล และการจัดการของเสีย (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2551)

สำหรับรูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรื่องกระจก (องค์การมหาชน), 2558)

1) แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

2) แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป ตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ในขณะที่ข้อมูลสนับสนุน หรือข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยชื่อผลิตภัณฑ์ ขอบเขตกระบวนการผลิต วัตถุดิบ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลอื่น ๆ ตามที่ระบุไว้ในคู่มือฉบับนี้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดต้องได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี หรือตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ที่แสดงฉลากนั้นอยู่ในตลาด

หากพิจารณาถึงแหล่งกำเนิด ก๊าซเรือนกระจก และหน่วยวัด ประกอบด้วย ดังนี้

1) ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน(PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

2) ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อนประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม

ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น

3) ระยะเวลาที่ใช้ทำการประเมิน

ในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยกเว้นช่วงกำจัดซาก (Final disposal) ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี สำหรับช่วงการกำจัดซาก ใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาทุกปี ตลอดช่วงเวลา 100 ปี โดยคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของช่วงเวลาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วง 100 ปี ซึ่งเท่ากับ 0.76 (อ้างอิงตามมาตรฐาน PAS 2050 ข้อ 6.4.9.1 และ Annex B)

4) แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พิจารณาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทุกประเภท การผลิตพลังงานที่ใช้ทุกประเภท กระบวนการเผาไหม้ ปฏิกิริยาเคมี การสูญเสียน้ำยาทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ การปฏิบัติงาน การขนส่งทุกประเภทที่เกี่ยวข้อง การปศุสัตว์และกระบวนการผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ และของเสียและการจัดการของเสีย

5) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอนต้องนำการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฟอสซิลมาคำนวณด้วย แต่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากไบโอจินิคคาร์บอน

6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอนต้องนำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งที่มาจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอนมาคำนวณด้วย

7) การเก็บกักคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ (Carbon storage in product) สามารถคำนวณได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ 10 ปี เท่านั้น โดยให้แยกการรายงานผลไม่รวมอยู่ในค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

8) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land use change) ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรง (direct land use change: dLUC) โดยพิจารณาถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนและหลัง อ้างอิงข้อมูล 20 ปีย้อนหลัง คำนวณโดยใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังรายละเอียดในภาคผนวก ก. และให้แยกการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรง ไม่รวมอยู่ในคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

9) การชดเชย (Offsetting) ไม่นำการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งภาคทางการ และภาคสมัครใจ มาคำนวณเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

10) การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน (Soil Carbon Change) สามารถคำนวณปริมาณการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง โดยให้แยกการรายงานผล ไม่รวมอยู่ในค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1) การกำหนดเป้าเหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

กำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้ เช่น การศึกษาผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวเพื่อเปรียบเทียบการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นต้น การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภค หรือเพื่อประโยชน์อื่น ๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิตซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

1.1) การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด การตั้งเป้าหมายจะต้องชัดเจนโดยรวมถึงเหตุผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้และผู้ใช้ผลการศึกษา

1.2) การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope)

เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมิน และรายละเอียดภายในระบบซึ่งรวมถึงวิธีในการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องคลอบคลุมถึงหน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ ระบบที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการลงบัญชี วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของ การศึกษา คุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น การกำหนดขอบเขตของการศึกษาควรจะอธิบายหรือมีการกำหนดอย่างเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจได้ว่ารายละเอียดในการศึกษามีความเกี่ยวข้องและเพียงพอต่อเป้าหมายที่ตั้งไว้

1.3) ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)

ต้องประกอบด้วยทุกขั้นตอนที่มีอยู่ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้าการใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ในกรณีที่ไม่สามารถศึกษาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการดำเนินงานในลักษณะ Cradle-to-Gate ต้องมีการระบุขอบเขตไว้อย่างชัดเจนเพื่อเอื้อประโยชน์ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ต่อ

1.4) การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional unit)

หน่วยหน้าที่ถูกใช้ตัวอ้างอิงหรือพื้นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลเข้าและข้อมูลออกของระบบหน่วยหน้าที่ของระบบควรจะมีการระบุอย่างชัดเจนและสามารถวัดค่าได้ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ การเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของหลายผลิตภัณฑ์เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ความคงทนของผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติพื้นฐาน

ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ต้องระบุหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาโดยการกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 และต้องมีการระบุเอกสารอ้างอิงด้วย ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ต้องอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงานอย่างไรก็ตาม หากต้องการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายก็สามารถคำนวณได้ แต่ต้องมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่คำนวณต่อหน่วยการทำงานกำกับไว้ทุกครั้ง และต้องแสดงเหตุผลการเลือกใช้หน่วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พร้อมกับอธิบายถึงความสัมพันธ์ของหน่วยผลิตภัณฑ์กับหน่วยการทำงานด้วย

1.5) ขอบเขตของระบบ (System boundaries)

เป็นการกำหนดกระบวนการ ข้อมูลเข้าข้อมูลออกที่รวมอยู่ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ดังนั้น ขอบเขตของระบบ คือ ขอบเขตระหว่าง ผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม โดยระบบผลิตภัณฑ์คือ หน่วยที่รวบรวมวัสดุ และพลังงาน ที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงานต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบหรือพลังงาน จากสิ่งแวดล้อม ที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ โดยต้องแสดงขอบเขตการศึกษา ระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (Unit process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียด เนื่องจากมีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญและกระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประมาณการได้ เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้เป็นไปตามองค์ประกอบและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.5.1) ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

1.5.1.1) วัตถุดิบ

ให้รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากทุกกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมทั้งแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

หมายเหตุ: 1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบจะรวมไปถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำเหมือง หรือการสกัดวัตถุดิบต่าง ๆ (ในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เช่น เหล็ก น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ) ของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการสกัดและกระบวนการขั้นต้นที่เกี่ยวกับวัตถุดิบและอื่นๆ

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในภาคเกษตรกรรมจะรวมไปถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย (เช่น ก๊าซ N_2O ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน) การปล่อยก๊าซจากเพาะปลูกพืช (เช่น ก๊าซ CH_4 จากการปลูกข้าว) และการปล่อยก๊าซจากการปศุสัตว์ (เช่น ก๊าซ CH_4 จากกระบวนการย่อยและจากมูลของโค กระบือ สุกร)

3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับวัตถุดิบจะมีค่าเป็น 0 เมื่อวัตถุดิบนั้น ๆ ไม่ได้ถูกผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงจากภายนอก เช่น สินแร่เหล็กก่อนถูกถลุง

4. ไม่คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งชีวมวลที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเช่น แกลบ ชิ้นไม้ กะลาปาล์ม ขี้เลื่อยและชานอ้อย

1.5.1.2) พลังงาน

ให้นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาและการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มารวมกับการปล่อยก๊าซที่เกิดจากระบบการจัดหาพลังงานด้วย

หมายเหตุ: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพลังงานจะรวมถึงการปล่อยก๊าซที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การปล่อย ณ แหล่งที่มีการใช้พลังงาน (การปล่อยก๊าซอันเนื่องมาจากการเผาถ่านหินและก๊าซ) และ 2) การปล่อยก๊าซที่เกิดจากการจัดหาพลังงาน ประกอบด้วย 2.1) การผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน และ 2.2) การปล่อยก๊าซที่เกิดจากเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง และ 2.3) การปล่อยก๊าซต้นน้ำ (เหมืองแร่และการขนส่งเชื้อเพลิงไปยังแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเตาเผาอื่นๆ) รวมถึงกระบวนการทำมาให้ได้ชีวมวลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และ 2.4) การปล่อยก๊าซปลายน้ำ (การบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต)

1.5.1.3) สินค้าทุน (Capital goods) ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุน

1.5.1.4) ข้อกำหนดของการผลิตและการบริการ (Manufacturing and service provision) ให้นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการภายในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาคำนวณด้วยกรณีผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (Demo) เพื่อทดลองตลาด ให้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองผลิตสามารถระบุข้อมูลว่าเป็นผลการคำนวณในช่วงวิจัยและพัฒนา เมื่อทำการผลิตเพื่อจำหน่ายให้ทำการทวนสอบข้อมูล ณ แหล่งผลิตอีกครั้ง

กรณีที่เป็นสินค้าใหม่ที่มีการผลิตไม่ถึง 1 ปี ให้ใช้ข้อมูลที่สามารถเป็นตัวแทนสำหรับใช้คำนวณได้ ทั้งนี้ต้องระบุสาเหตุที่ทำให้เก็บข้อมูลได้ไม่ครบกำกับไว้เป็นลายลักษณ์อักษร สำหรับใช้ประกอบการพิจารณาในขั้นตอนการทวนสอบข้อมูลด้วย หากผู้ทวนสอบเห็นว่ายังไม่เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนได้ ต้องดำเนินการจัดเก็บข้อมูลใหม่

1.5.1.5) การปฏิบัติงานในพื้นที่ (Operation of premises) ให้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย ระบบแสงสว่าง ระบบความร้อนระบบความเย็น การระบายอากาศ การควบคุมความชื้น และการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ณ สถานที่นั้น โดยใช้วิธีการปันส่วนที่เหมาะสม เช่น ในกรณีของโกดังสินค้าให้ปันส่วนโดยใช้ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกเก็บ จำนวนผลิตภัณฑ์ เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ เป็นต้น ซึ่งรวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงาน โกดังสินค้า แหล่งกระจายสินค้า

1.5.1.6) การขนส่ง ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง โดยเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

- ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ดังข้อ 1 ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

สำหรับการขนส่งเพื่อกระจายสินค้า หากไม่มีข้อมูลตามข้อ 1) และ 2) ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น คือ มีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ - เชียงใหม่) พิจารณาทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนเที่ยวกลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า) จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน (วิ่งปกติ) ทั้งนี้ หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-Gate ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-Grave ให้คิดไปถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

1.5.1.7) บรรจุภัณฑ์ ให้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิและสามารถละเว้นการคำนวณหากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ในกรณีของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จำพวกบรรจุภัณฑ์โดยตรง ต้องใช้ข้อมูลปฐมภูมิของวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตบรรจุภัณฑ์

1.5.2) ช่วงการใช้งานต้องคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์ รวมถึงการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Cradle-to-Gate หากมีการกำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษาทั้งนี้ ข้อมูลอายุของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้คำนวณต้องสามารถทวนสอบได้และสัมพันธ์กับสภาวะการใช้งานและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการใช้งานควรใช้ตามแบบแผนการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในตลาดที่ศึกษา หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์ต้องกำหนดจากข้อมูลด้านเทคนิคที่ตีพิมพ์แล้ว เช่น ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ (PCR) ข้อมูลการใช้งานตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานหรือวิธีการใช้งานที่ระบุไว้ที่ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ จำเป็นต้องระบุข้อมูลสมมุติฐานการใช้งานไว้อย่างชัดเจนในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตามที่ระบุไว้ข้างต้นได้ สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

1.5.3) ช่วงหลังการใช้งาน (Final disposal) คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน (ยกเว้นการประเมินแบบ Cradle-to-Gate) แบบการฝังกลบ (Landfill) และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกในช่วงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์เท่ากับ

$$E_{EoL} = \sum [(1-R_{R,i}) \times E_{d,I}] + E_{tW}$$

E_{EoL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการจัดการซากผลิตภัณฑ์

$R_{R,i}$ = อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i (ค่าในตารางที่ 2.1)

$E_{d,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i

E_{tW} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งซากผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.1 อัตราการรีไซเคิลของเสียในภาคอุตสาหกรรม

ประเภท	อัตราการรีไซเคิล (ร้อยละ)
กระดาษ	59
พลาสติก	38
ยาง	25

ในกรณีที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังการใช้งานซึ่งถูกถ่ายเทไปยังระบบอื่น เช่น การเผาไหม้ก๊าซมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบให้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงดังกล่าวด้วย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบการฝังกลบให้ใช้ตามข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (tCO_2e ต่อตันมูลฝอย) ของ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste ดังตารางที่ 2.2 สำหรับวัสดุอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตารางที่ 2 และมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 tCO_2e / ตันมูลฝอย หากเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์ ในกรณีที่โรงงานมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริง

กรณีผลิตภัณฑ์ที่มีการกำจัดซากด้วยวิธีการอื่น อาทิ ขยะติดเชื้อ ถุงมือยางทางการแพทย์ให้คำนวณการกำจัดด้วยการเผาหรือตามความเป็นจริงสำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังการใช้งานที่มีการถ่ายเทไปยังระบบอื่น เช่น การเผาไหม้ก๊าซมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบให้คำนวณด้วย

ตารางที่ 2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น

องค์ประกอบของมูลฝอย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (tCO_2e ต่อตันมูลฝอย (น้ำหนักแห้ง))
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

สำหรับการขนส่งขยะคิดระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตรขนไปกำจัดด้วยรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน (วิ่งปกติ) บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม และให้พิจารณาการขนส่งขากลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย

1.5.4) ประเด็นที่ไม่กำหนดให้อยู่ในขอบเขตระบบ

กิจกรรมที่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

1.5.4.1) พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่าง ๆ และ/หรือสำหรับการเตรียมกระบวนการ (เช่น การเก็บผลไม้ด้วยมือ)

1.5.4.2) การเดินทางไป - กลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก

1.5.4.3) สินค้าทุน สำนักงาน การวิจัยและพัฒนา การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ

1.5.4.4) การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

1.5.5) สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material contribution) และค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องคำนวณเฉพาะวัตถุดิบ สารขาเข้า และพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยคิดทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้ สามารถพิจารณาตัดรายการที่สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม โดยหลังการตัดออกต้องเพิ่มสัดส่วน (Scale up) ร้อยละของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมให้เท่ากับ 100

1.5.6) กรณีที่ไม่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบหรือสารขาออกบางชนิด

ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารขาเข้าหรือสารขาออกใด ให้พิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบหรือสารขาออกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาคำนวณแทน สำหรับวัตถุดิบหรือสารขาออกที่ไม่สามารถจำแนกหรือหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาใช้คำนวณได้ให้นำค่าการปล่อยก๊าซสูงสุด (Highest emission factor) ของวัสดุหรือสารขาออก ในรายการข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในกลุ่มเดียวกันแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตนั้น ๆ มาคำนวณแทน

1.5.7) การปันส่วนของเสีย (Waste Allocation)

การปันส่วนของเสียในกระบวนการผลิต ให้ใช้แนวทางดังนี้

1.5.7.1) กรณีเป็นวัสดุช่วยผลิต (Auxiliary materials) เช่น น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว น้ำมันที่ใช้ทอด ของเสียเหล่านี้แม้จำหน่ายได้แต่ไม่จัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ จึงไม่ต้องปันส่วน

1.5.7.2) ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไม่ว่าจะมีการจำหน่ายออกหรือไม่จำหน่ายออกก็ตาม ไม่ต้องปันส่วน

1.5.7.3) การจำแนกผลิตภัณฑ์ร่วม ผลิตภัณฑ์พลอยได้ และของเสียให้อยู่ใน PCRs ของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

1.5.7.4) กรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม และผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ให้ปันส่วนด้วย

1.5.7.5) กรณีที่ผลิตภัณฑ์พลอยได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ กะลาปาล์ม ขี้เลื่อย ชานอ้อย ชิ้นไม้ ไม่ต้องปันส่วน

- คุณภาพของข้อมูล (Data quality)

คุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการย่อมมีผลต่อคุณภาพของบทสรุปของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่สนใจ คุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ ภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้

- เวลา (Time relate coverage) อายุของข้อมูลและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณให้ใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งปี

- ภูมิศาสตร์ (Geographical coverage) พื้นที่เชิงภูมิศาสตร์ของแหล่งที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ของการศึกษา (เช่น การเก็บตัวอย่างข้อมูลยางพาราที่จังหวัดนครศรีธรรมราชทางตอนใต้ของประเทศไทย เป็นต้น)

- เทคโนโลยี (Technology coverage) เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตข้อมูลที่ศึกษา อาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทาง หรือมีการใช้เทคโนโลยีหลายชนิด

- ความเที่ยง (Precision) ให้ความสำคัญกับความแปรปรวนทางสถิติของฐานข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของฐานข้อมูล (ถ้ามี)

- ความครบถ้วน (Completeness) ดูความสมบูรณ์ของสารขาเข้าและขาออกของกระบวนการผลิต และแปลงตีค่าออกมาเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งจะสามารถได้มาจากการวัดจริงหรือจากการประมาณค่า

- ความเป็นตัวแทนของข้อมูล (Representativeness) พิจารณาจาก เวลา ภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่าฐานข้อมูลแสดงถึงลักษณะที่แท้จริงของข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลการปลูกข้าวหอมมะลิที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีปริมาณการปลูกที่สูง และภาคอื่นมีกำลังการผลิตที่น้อยกว่ามาก หรือข้อมูลการปลูกปาล์มน้ำมันจากภาคใต้สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีการผลิตที่สูงมาก เป็นต้น

- ความสม่ำเสมอ (Consistency) เป็นการประเมินเชิงคุณภาพโดยพิจารณาจากการได้มาซึ่งฐานข้อมูลว่าสอดคล้องกัน ตัวอย่างเช่น ฐานข้อมูลการย้อมผ้าระหว่างสีเข้มและสีอ่อน ขอบเขตการทำงาน และข้อบังคับของการเก็บข้อมูลเหมือนกันหรือไม่

- ความสามารถในการทำซ้ำ (Reproducibility) ในกรณีที่บุคคลอื่นมีความประสงค์ที่จะทำการวัดซ้ำด้วยวิธีการเดิม ค่าที่ได้ออกมาควรจะสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่

- แหล่งที่มาของข้อมูล (Source of the data) สามารถอธิบายที่มาและความน่าเชื่อของข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ

- ความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty of the information) พิจารณาตัวแปรที่สามารถทำให้ฐานข้อมูลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เช่น การปันส่วน (Allocation) การตัดออก (Cut-off rule) สมมติฐาน (Assumption)

2) การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory analysis)

การจัดทำบัญชีรายการ เป็นขั้นตอนที่สองของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

2.1) การคัดเลือกข้อมูล (Data collection)

การวิเคราะห์บัญชีรายการจะรวมถึงการคัดเลือกข้อมูลและการจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ของการใช้วัตถุดิบ ของเสียของมลภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมดของวัฏจักรชีวิต

2.2) การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries) ขอบเขตของระบบจะ ถูกกลั่นกรอง หลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรก ตัวอย่างของผลในการกลั่นกรองข้อมูล เช่นการตัดสินใจ ในการเลือกหรือตัดกระบวนการใดออกไป การตัดวัตถุดิบบางส่วนออกไป การเพิ่มหน่วยการผลิตซึ่ง แสดงว่ามีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ผล

2.3) วิธีการคำนวณ (Calculation procedures)

การคำนวณผลการประเมิน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งอาจอยู่ในรูปเอ็กเซลโลตัส หรือ LCA โปรแกรม การเลือกโปรแกรมให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้อมูล

2.4) การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data)

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต้องดำเนินการในระหว่างการเก็บรวบรวม หรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูลหรือข้อมูลนั้นมีความใกล้เคียงกันกับกระบวนการอื่น ๆ

2.5) การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data to the specific system)

พื้นฐานของข้อมูลเข้าและข้อมูลออก บ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในหน่วยที่กำหนดเอง เช่นพลังงาน ในหน่วย เมกกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์ หรือ ของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่นน้ำหนักของโลหะต่อปริมาตรน้ำเสีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา แต่บ่อยครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงนั้นมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

2.6) การจัดสรรข้อมูล (Allocation)

เมื่อต้องทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบที่มีความซับซ้อน จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะจัดการเพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบและผลที่ได้จากขอบเขตของระบบได้ทั้งหมด การแก้ปัญหานี้สามารถ ทำได้ 2 วิธีคือ

2.7) การเพิ่มขอบเขตของระบบการจัดสรรผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ตรงปัญหากับการศึกษาซึ่งการจัดสรรเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบ เนื่องจากเป็นการลด ปัญหาความซับซ้อนของระบบและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

3) การประเมิน ผลกระทบ (Impact Assessment)

จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยน ทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้อง ได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

แหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนดังนี้

3.1) การจัดกลุ่มผลกระทบและการประเมิน (Classification and Charac- terization)

จะมีการคำนวณของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ (Potential Environmental Impacts) สำหรับการปลดปล่อยมวลสารว่ามวลสารที่ปลดปล่อยออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาเขียนเป็นกราฟจัดแบ่งแยกเป็นกลุ่ม ๆ ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น นำผลจาก Greenhouse effect มารวมกันเป็นกลุ่ม เป็นต้น

3.2) การเทียบหน่วย (Normalization)

จากขั้นตอน Characterization จะพิจารณาต่อว่าการใช้ทรัพยากรและผลกระทบที่จะเป็นไปได้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมในการทำงานมีผลแค่ไหนในความสัมพันธ์กับกิจกรรม ของสังคม มองเป็นภาพรวมทั้งหมด โดย จะนำจำนวนประชากรในพื้นที่ที่ทำการวิจัยในช่วงนั้น ๆ มาเฉลี่ย หรืออาจกล่าวได้ว่านำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่คำนวณได้จากขั้นตอน Characterization มาพิจารณาเปรียบเทียบว่า ในจำนวนประชากร 1 คน ทำให้เกิดผลกระทบได้แค่ไหนใน 1 วัน หรือ ในช่วงเวลา ที่กำหนด

3.3) การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

ในขั้นตอนนี้เราจะเปรียบเทียบว่า การใช้แหล่งทรัพยากรใดและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดสำคัญที่สุดโดยนำ Weighting factor มาคูณผลที่ได้จากขั้นตอน Normalization ผลที่ได้ สุดท้ายนี้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรงที่สุดต่อมนุษย์ ซึ่ง Weighting factor เกิดจาก การคำนวณของความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ที่มีต่อมนุษย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

4) การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูลและการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ที่ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูลและอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความอ่อนไหวและความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

หลังจากที่วิเคราะห์ LCA เสร็จเรียบร้อย พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดเป็นอันตรายที่สุด และเกิดจากกระบวนการใด การวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ไขสิ่งแวดล้อมแต่ในโลกอุตสาหกรรมขั้นตอนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมักขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

4.1) ทางเศรษฐศาสตร์

บริษัทหรือองค์กรใด ๆ ก็ตามจะยังต้องการที่จะคงไว้ซึ่งผลของกำไร เมื่อมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น

4.2) ทางผู้บริโภค

นิสัยของผู้บริโภค ปัจจุบันนิสัยในการบริโภคของคนเรามักยึดติดอยู่กับสมัยนิยม หรือแฟชั่น ซึ่งถูกควบคุมโดยผู้ผลิตเพราะฉะนั้นธรรมเนียมในการจับจ่ายใช้สอยจะเปลี่ยนแปลง

เสมอ ๆ ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อาจขายได้เป็นอย่างดี ไม่ใช่เพราะว่าผลิตภัณฑ์เก่า ๆ ไม่ดี แต่เป็นเพราะของใหม่มีลักษณะที่แตกต่างออกไป อาจเป็นในเรื่องของสีหรือรูปทรง

ความพึงพอใจของผู้บริโภค จากมุมมองทั่วไปของผู้บริโภค ความต้องการพื้นฐาน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจประมาณ 80% ของความต้องการที่ถูกสร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนได้โดยความรู้สึก หรือการศึกษา ปัจจุบันการปลุกสำนึกในเรื่องสิ่งแวดล้อมได้มีมากขึ้น ถ้าผู้บริโภคเห็นด้วยกับผลิตภัณฑ์อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากกว่า ด้วยเหตุนี้บริษัทหรือองค์กรที่มีความสามารถในการจัดการเรื่องสิ่งแวดล้อม

ISO (International Standard For Organization) กล่าวว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเทคนิคในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการตลอดวงจรชีวิตเริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบและพลังงานการขนส่งการผลิตผลิตภัณฑ์การบรรจุการบำรุงรักษาการใช้งานและการจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุหรือกล่าวได้ว่าพิจารณาทุกกระบวนการหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามลักษณะกลุ่มเป้าหมายคือการใช้ทรัพยากรสุขภาพของมนุษย์และผลต่อระบบนิเวศ (ISO, 1997)

SETAC ได้ให้คำนิยามของ LCA ว่าเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงานซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียดเช่นกระบวนการผลิตการบรรจุการคัดแยกการบำรุงรักษาและการแปรรูปใช้ใหม่รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดโดยยึดหลักของระบบนิเวศสุขอนามัยและการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลักส่วนองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (Henrik, 1997)

2.1.2 เครื่องมือการจัดการและประเมินด้านสิ่งแวดล้อม

ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมเริ่มเด่นชัดขึ้น ความรู้ด้านการจัดการต่อสิ่งแวดล้อมก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน เครื่องมือและเทคนิคในการจัดการและประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมถูกพัฒนาขึ้นจากหลาย ๆ ประเทศ ปัจจุบันเครื่องมือในการจัดการและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายวิธี เช่น Life Cycle Assessment (LCA), Risk Assessment (RA), Environmental Impact Assessment (EIA), Environmental Performance Evaluation (EPE) โดยแต่ละวิธีมีเป้าหมายและความเหมาะสมในการเลือกใช้ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เครื่องการจัดการและประเมินด้านสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือ	LCA (Life Cycle Assessment)	RA (Risk Assessment)	EIA (Environmental Impact Assessment)	EPE (Environmental Performance Evaluation)
วัตถุประสงค์รวม	-เพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมของระบบ -เพื่อระบุลำดับในการปรับปรุง	-เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	-เพื่อประเมินผลกระทบด้านบวกและลบต่อสิ่งแวดล้อมของแผนโครงการในอนาคต	-เพื่อจัดหาข้อมูลที่เชื่อถือและพิสูจน์ได้เกี่ยวกับสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมขององค์กร
ข้อดี	-พิจารณาผลกระทบทั้งระดับโลกและภูมิภาค -สะดวกในการพิจารณาผลกระทบต่อสังคม	-ประเมินผลกระทบระดับพื้นที่และภูมิภาคต่อเป้าหมายเฉพาะ	-ประเมินผลกระทบทั้งด้านบวกและลบ -พิจารณาผลกระทบของโครงการในระดับพื้นที่	-มีการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์โดยตรงกับนโยบายและเป้าหมาย
ข้อเสีย	-ไม่ได้พิจารณาถึงเรื่องเวลา	-ไม่ได้พิจารณาตลอดวงจรชีวิตไม่พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร	-ยากต่อการวิเคราะห์ผลกระทบระดับโลก ภูมิภาค และตลอดวงจรชีวิต	-ให้ความสัมพันธ์ที่ไม่สมบูรณ์ในการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม
ผู้ใช้อุตสาหกรรม	-มุ่งเน้นในการปรับปรุง -กลยุทธ์การวางแผนระยะยาว -ติดต่อสื่อสาร	-เพื่อตรวจสอบการยอมรับของความเสี่ยง	-เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการทางกฎหมาย -เพื่อระบุหรือชี้วัดความต้องการในการเปลี่ยนแปลงของโครงการเพื่อลดผลกระทบลง	-เพื่อวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมและการปรับปรุง -เพื่อชี้วัดกลยุทธ์โอกาสทางธุรกิจ

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

เครื่องมือ	LCA (Life Cycle Assessment)	RA (Risk Assessment)	EIA (Environmental Impact Assessment)	EPE (Environmental Performance Evaluation)
หน่วยงานที่มิใช่รัฐ	-ใช้สนับสนุนการคิดแบบครบวงจรใช้สนับสนุนการคิดแบบครบวงจรแต่ยังมีข้อสงสัยในการประยุกต์ใช้	-เพื่อคัดค้านการยอมรับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	-เพื่อคัดค้านการยอมรับต่อแผนโครงการ	-ไม่ได้นำไปใช้
เป้าหมายของการวิเคราะห์	ผลิตภัณฑ์ หรือ การบริการ	สถานการณ์ความเป็นพิษ	แผนสร้างโครงการ โดยทั่วไปเป็นโครงการก่อสร้าง	กิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร
การจำกัดพื้นที่พิจารณาผลกระทบทางด้านใด	ไม่จำกัด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมจากการใช้ทรัพยากรและข้อเสียที่เกิดขึ้น	จำกัดเขตหรือพื้นที่ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และเป้าหมายทางสิ่งแวดล้อม	จำกัดเขตหรือพื้นที่ ผลกระทบทั้งหมดของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่	จำกัดกิจกรรมในองค์กร ผลกระทบที่สัมพันธ์กับกิจกรรมขององค์กร
การแปรผล	การประเมินผลกระทบ	เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ยอมรับได้	ต้นทุนและกำไรทางสิ่งแวดล้อม	ระบุการชี้วัดที่ตรงกับปัญหาของสมรรถนะ
ฐานการเปรียบเทียบ	หน่วยหน้าที่	สถานการณ์ที่ต้องการการเปรียบเทียบ	โครงการ	หน่วยการทำงาน

ที่มา : SETAC- Europe Working Group (2003)

จากตารางที่ 2.3 พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด คือ เครื่องมือการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยมองภาพรวมทุก ๆ ช่วงตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานวิจัยและทำการศึกษาในครั้งนี้

2.1.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นเทคนิคในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ หรือบริการตลอดวงจรชีวิต เริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และพลังงาน การขนส่ง การผลิต ผลิตภัณฑ์ การบรรจุ การบำรุงรักษา การใช้ และการจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรือกล่าวได้ว่าพิจารณาทุกกระบวนการหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามลักษณะกลุ่มเป้าหมายคือ การใช้ทรัพยากร สุขภาพมนุษย์และผลต่อระบบนิเวศ (International Standard for Organization: ISO , 1997)

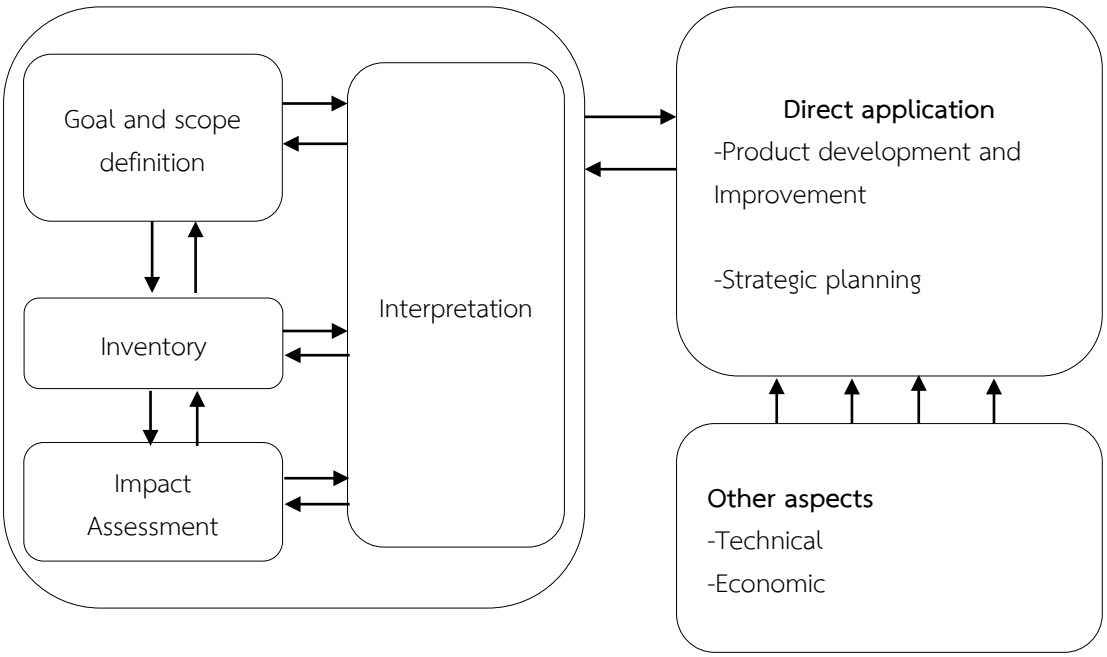
LCA ได้ถูกกำหนดให้เป็นการทำงานส่วนหนึ่งในมาตรฐาน ISO14000 ว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management Standard) ซึ่งอนุกรมของ ISO14000 ที่เกี่ยวข้องกับ LCA เป็นดังนี้ คือ

- ISO 14040 – Environmental Management Life Cycle Assessment – Principle and Performance
- ISO 14041 - Environmental Management Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory analysis
- ISO 14042 - Environmental Management Life Cycle Assessment – Impact Assessment
- ISO 14043 - Environmental Management Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation

2.1.4 ขั้นตอนในการศึกษา Life Cycle Assessment

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)
2) การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory analysis)
3) การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)
4) การแปลผลและการตีความ (Interpretation)



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)
ที่มา: ISO 14040 (1997)

1) การกำหนดเป้าเหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ได้กำหนดวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน ซึ่งบริษัทผู้ผลิตสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) ได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Eutrophication) ความเป็นพิษ (Toxicity) เป็นต้น มาประเมินร่วมด้วย

การกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในครั้งนี้ เป็นการจัดทำเกณฑ์ (Criteria) กลางสำหรับใช้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับทุกผลิตภัณฑ์เท่านั้น ซึ่งในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ คณะกรรมการฯ ได้มีการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules: PCRs) เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ทั้งนี้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มีการกำหนด PCRs ไว้ ก็สามารถนำ PCRs ที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน ISO 14025 มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

1.1) การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด การตั้งเป้าหมายจะต้องชัดเจนโดยรวมถึงเหตุผลของการศึกษา ผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้ และผู้ใช้ผลการศึกษา

1.2) การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope)

เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมิน และรายละเอียดภายในระบบซึ่งรวมถึงวิธีในการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องคลอบคลุมถึง หน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ ระบบที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา คุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น

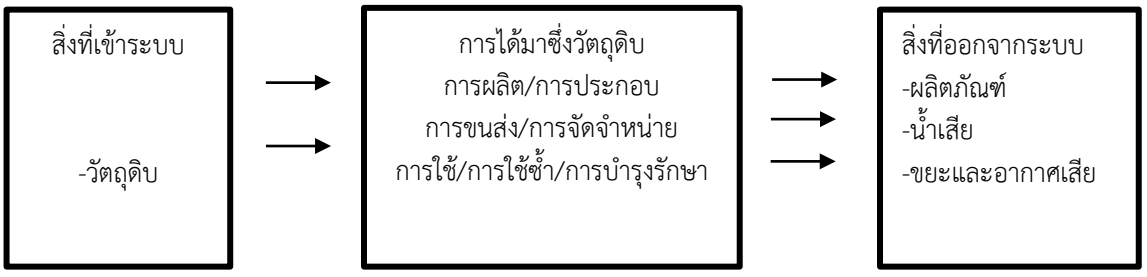
การกำหนดขอบเขตของการศึกษาควรจะอธิบายหรือมีการกำหนดอย่างเพียงพอเพื่อให้แน่ใจได้ว่ารายละเอียดในการศึกษามีความเกี่ยวข้อง และเพียงพอต่อเป้าหมายที่ตั้งไว้

1.3) การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional unit)

หน่วยหน้าที่ถูกใช้ตัวอ้างอิงหรือพื้นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลเข้าและข้อมูลออกของระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบควรจะมีการระบุอย่างชัดเจนและสามารถวัดค่าได้ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ การเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของหลายผลิตภัณฑ์ เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของ ผลิตภัณฑ์ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพื้นฐาน

1.4) ขอบเขตของระบบ (System boundaries)

เป็นการกำหนดกระบวนการ ข้อมูลเข้าข้อมูลออกที่รวมอยู่ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ดังนั้น ขอบเขตของระบบ คือ ขอบเขตระหว่าง ผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม โดยระบบผลิตภัณฑ์คือ หน่วยที่รวบรวมวัสดุ และพลังงาน ที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงานต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบหรือพลังงาน จากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ



ภาพที่ 2.2 ขอบเขตของระบบในการทำงานการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)

1.5) คุณภาพของข้อมูล (Data quality)

คุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ย่อมมีผลต่อคุณภาพของบทสรุปของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่สนใจ คุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้

1.5.1) คุณภาพของข้อมูลในบัญชีรายการ

1.5.2) ช่วงเวลาในการศึกษา

1.5.3) ระดับพื้นที่ของการศึกษา เช่น ระดับโลก ระดับภูมิภาค

1.5.4) เทคโนโลยีของการศึกษา

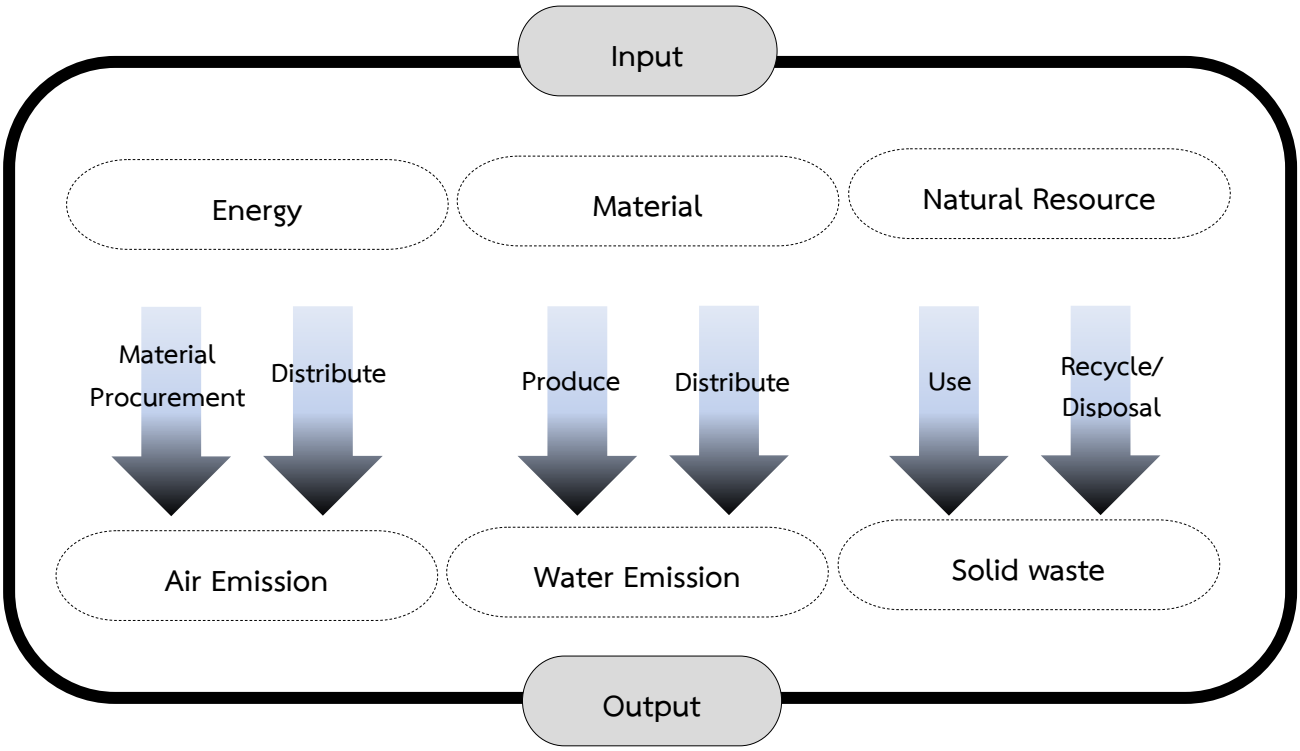
1.5.5) แหล่งที่มาของข้อมูล

1.5.6) วิธีในการได้มาของข้อมูล

1.5.7) ความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูล รวมถึงการเป็นตัวแทนของข้อมูล

2) การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory analysis)

บัญชีรายการข้อมูลเกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยมีมาตรฐานในการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต ได้แก่ ISO/TS 14048 – Data Documentation Format โดยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เส้นทางบัญชีรายการข้อมูล

การจัดทำบัญชีรายการ เป็นขั้นตอนที่สองของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

2.1) การคัดเลือกข้อมูล (Data collection)

การวิเคราะห์บัญชีรายการจะรวมถึงการคัดเลือกข้อมูลและการจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ของการใช้วัตถุดิบ ของเสียของมลภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมดของวัฏจักรชีวิต

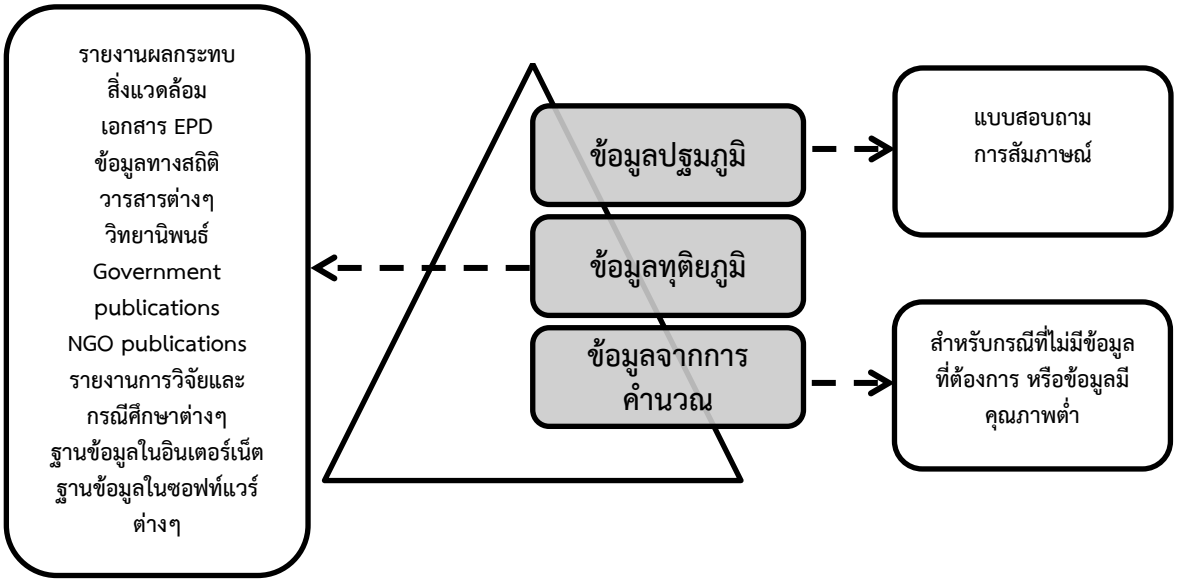
2.2) การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries) ขอบเขตของระบบจะถูกกลั่นกรอง หลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรก ตัวอย่างของผลในการกลั่นกรองข้อมูล เช่น การตัดสินใจในการเลือกหรือตัดกระบวนการใดออกไป การตัดวัตถุดิบบางส่วนออกไป การเพิ่มหน่วยการผลิตซึ่งแสดงว่ามีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ผล

วิธีการคำนวณ (Calculation procedures)

การคำนวณผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งอาจอยู่ในรูปเอ็กเซลโลตัส หรือ LCA โปรแกรม การเลือกโปรแกรมให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้อมูล

2.3) การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data)

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต้องดำเนินการในระหว่างการเก็บรวบรวมหรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูลหรือข้อมูลนั้นมีความใกล้เคียงกันกับกระบวนการอื่น ๆ โดยสามารถแสดงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แหล่งที่มาของข้อมูล

2.4) การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data to the specific system) พื้นฐานของข้อมูลเข้าและข้อมูลออก บ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในหน่วยที่กำหนดเองเช่น พลังงาน ในหน่วยเมกกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์ หรือ ของเสียต่อระบบการจัดการของเสียเช่น น้ำหนักของโลหะต่อปริมาตรน้ำเสีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา แต่บ่อยครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงนั้นมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

2.5) การจัดสรรข้อมูล (Allocation)

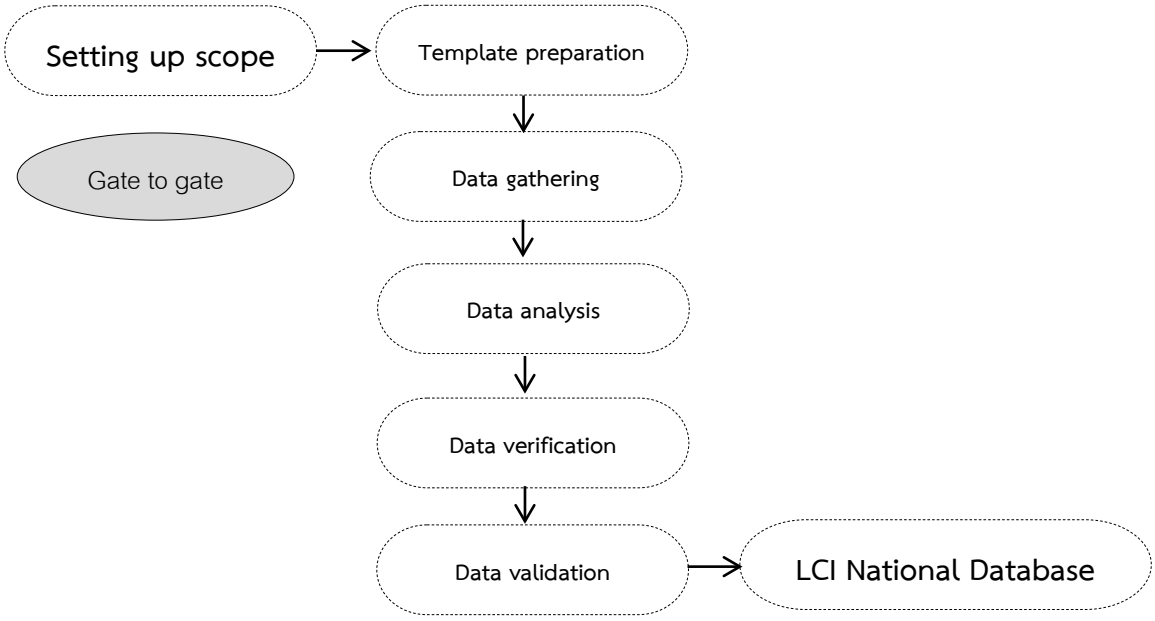
เมื่อต้องทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบที่มีความซับซ้อน จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะจัดการเพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบและผลที่ได้จากขอบเขตของระบบได้ทั้งหมด การแก้ปัญหานี้สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

2.5.1) การเพิ่มขอบเขตของระบบ

2.5.2) การจัดสรรผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ตรงปัญหากับการศึกษา

ซึ่งการจัดสรรเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบ เนื่องจากเป็นการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

โดยสามารถแสดงขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ ได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ

3) การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญแต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

แหล่งทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนดังนี้

3.1) การจัดกลุ่มผลกระทบและการประเมิน (Classification and Characterization)

จะมีการคำนวณของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ (Potential Environmental Impacts) สำหรับการปลดปล่อยมวลสารว่ามวลสารที่ปลดปล่อยออกมาปริมาณเท่าใดซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาเขียนเป็นกราฟจัดแบ่งแยกเป็นกลุ่ม ๆ ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น นำผลจาก Greenhouse effect มารวมกันเป็นกลุ่ม เป็นต้น

3.2) การเทียบหน่วย (Normalization)

จากขั้นตอน Characterization จะพิจารณาต่อว่าการใช้ทรัพยากรและผลกระทบที่จะเป็นไปได้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมในการทำงานมีผลแค่ไหนในความสัมพันธ์กับกิจกรรมของสังคม มองเป็นภาพรวมทั้งหมด โดย จะนำจำนวนประชากรในพื้นที่ที่ทำการวิจัยในช่วงนั้น ๆ มาเฉลี่ย หรืออาจกล่าวได้ว่านำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่คำนวณได้จากขั้นตอน Characterization มาพิจารณาเปรียบเทียบว่า ในจำนวนประชากร 1 คน ทำให้เกิดผลกระทบได้แค่ไหนใน 1 วัน หรือในช่วงเวลา ที่กำหนด

3.3) การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

ในขั้นตอนนี้เราจะเปรียบเทียบว่า การใช้แหล่งทรัพยากรใดและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดสำคัญที่สุดโดยนำ Weighting factor มาคูณผลที่ได้จากขั้นตอน Normalization ผลที่ได้สุดท้ายนี้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรงที่สุดต่อมนุษย์ ซึ่ง Weighting factor เกิดจากการคำนวณของความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ที่มีต่อมนุษย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

4) การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูลและการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำ ไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูลและอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความอ่อนไหวและความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

หลังจากที่วิเคราะห์ LCA เสร็จเรียบร้อย พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดเป็นอันตรายที่สุด และเกิดจากกระบวนการใด การวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ไขสิ่งแวดล้อม แต่ในโลกอุตสาหกรรมขั้นตอนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมักขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

4.1) ทางเศรษฐศาสตร์

บริษัทหรือองค์กรใด ๆ ก็ตามจะยังต้องการที่จะคงไว้ซึ่งผลของกำไรเมื่อมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น

4.2) ทางผู้บริโภค

นิสัยของผู้บริโภค ปัจจุบันนิสัยในการบริโภคของคนเรามักยึดติดอยู่กับสมัยนิยมหรือแฟชั่น ซึ่งถูกควบคุมโดยผู้ผลิตเพราะฉะนั้นธรรมเนียมในการจับจ่ายใช้สอยจะเปลี่ยนแปลงเสมอ ๆ ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อาจขายได้เป็นอย่างดี ไม่ใช่เพราะว่าผลิตภัณฑ์เก่า ๆ ไม่ดี แต่เป็นเพราะของใหม่มีลักษณะที่แตกต่างออกไป อาจเป็นในเรื่องของสีหรือรูปทรง

ความพึงพอใจของผู้บริโภค จากมุมมองทั่วไปของผู้บริโภค ความต้องการพื้นฐานขึ้นอยู่กับความพึงพอใจประมาณ 80% ของความต้องการที่ถูกสร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนได้โดยความรู้สึกหรือการศึกษา ปัจจุบันการปลุกสำนึกในเรื่องสิ่งแวดล้อมได้มีมากขึ้น ถ้าผู้บริโภคเห็นด้วยกับผลิตภัณฑ์อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากกว่า ด้วยเหตุนี้บริษัทหรือองค์กรที่มีความสามารถในการจัดการเรื่องสิ่งแวดล้อมย่อมได้เปรียบ

2.2 อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

2.2.1 ความหมายของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553) ได้ให้ความหมายของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-Industry) หมายถึง กลุ่มของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตและ/หรือการบริการ ที่มีศักยภาพในการแข่งขัน และใส่ใจในการดูแลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องการยกระดับการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมและการบริการ โดยอาศัยความร่วมมือซึ่งกันและกันในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับของเสียที่เกิดขึ้น และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามหลักการ 3R และสร้างสมดุลทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการลดมลพิษให้เป็นศูนย์ (Zero Emission) อันจะนำไปสู่การพัฒนาสังคมของการรีไซเคิล การพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน แนวคิดของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

แนวคิดนิเวศวิทยาอุตสาหกรรมของ Frosch และ Gallopoulos ได้ถูกนำเสนอขึ้นในปี 1989 โดยการออกแบบกลุ่มอุตสาหกรรมให้คล้ายคลึงกับระบบนิเวศอย่างมากที่สุดเท่าที่ทำได้ เพราะในระบบนิเวศ พลังงานและทรัพยากรจะถูกใช้อย่างเหมาะสมและไม่มีของเสียหลงเหลือ (Heeres, 2004) และจากการศึกษาของ Liwarska-Bizukojc (2008) ได้เปรียบเทียบแนวคิดการพัฒนาระบบนิเวศวิทยาของอุตสาหกรรมโดยการเลียนแบบระบบนิเวศในธรรมชาติให้เห็นชัดเจน โดยระบบนิเวศวิทยาธรรมชาติจะมีวัฏจักรของมวลที่ครบวงรอบ ขณะที่ระบบนิเวศวิทยาของอุตสาหกรรมจะมีการไหลเวียนของมวลเป็นกึ่งเส้นตรง ที่มีของเสียออกมาอย่างไม่จากัด หรือกึ่งวัฏจักร ที่มีของเสียจำนวนจำกัดออกมาจากวัฏจักร ในด้านของพลังงาน ระบบนิเวศวิทยาธรรมชาติ ได้รับพลังงานจากแหล่งที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด คือพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยพลังงานจะถูกถ่ายทอดและหมุนเวียนไปยังผู้บริโภคและผู้ย่อยสลาย ขณะที่ระบบนิเวศวิทยาของอุตสาหกรรมมีแหล่งพลังงานที่จำกัด และเป็นพลังงานที่หมดไปได้ และทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย ต่างก็ต้องนำเข้าพลังงานจากภายนอกตัวเองและระบบ ทั้งสิ้น การพยายามเลียนแบบระบบนิเวศวิทยาของธรรมชาติให้ได้มากที่สุด นั่นหมายถึงการใช้ทรัพยากร และวัตถุดิบได้อย่างเต็มศักยภาพ และหมุนเวียนใช้ได้อย่างคุ้มค่า และเกิดของเสียออกมานอกวัฏจักรน้อยที่สุด หรือไม่เหลือออกมาสู่ภายนอก

2.2.2 เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

UNEP ได้ให้ความหมายของเมืองนิเวศ (Eco-Town) ไว้คือ การวางผังเมืองและแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ ในแง่ของการใช้ทรัพยากร การจัดการของเสีย การรักษาสิ่งแวดล้อมและการส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ ด้วยการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยไม่ละเลยความจำเป็นในพื้นฐานสำหรับธุรกิจ

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2555) ได้กำหนดความหมายของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในการจัดทำข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานและเกณฑ์ตัวชี้วัดของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ไว้ว่า รูปแบบการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนบนพื้นฐานความสมดุลของเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม สังคม ความสอดคล้องกับกฎหมาย และความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี ด้วยการลดการใช้ทรัพยากรและพลังงานหรือการใช้ทรัพยากรและพลังงานให้คุ้มค่า และลดการปลดปล่อยของเสียให้เหลือน้อยที่สุด พร้อมกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยได้รับการยอมรับจากชุมชน เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตชุมชน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบและโดยรวม ด้วยหลักการความร่วมมือพึ่งพากันของประกอบการอุตสาหกรรม ผู้พัฒนานิคมอุตสาหกรรมหน่วยงานรัฐท้องถิ่น และชุมชน เพื่อมุ่งสู่ประโยชน์ส่วนรวมร่วมกัน

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้นิยามความหมายของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-industrial town) ไว้คือ เป็นเมืองหรือพื้นที่ซึ่งมีการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยให้มีความเชื่อมโยงของนิคมอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม หรือชุมชนอุตสาหกรรมกับกลุ่มโรงงาน องค์กรหน่วยงานท้องถิ่นและชุมชนโดยรอบ ให้เจริญเติบโตไปด้วยกัน ภายใต้การกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมที่ดี และการร่วมมือกันขับเคลื่อนอย่างจริงจังของคนในพื้นที่ โดยสามารถดำเนินการได้ทุกระดับตั้งแต่

(1) ระดับปัจเจกชน เช่น ครอบครัวและโรงงาน (Eco Family / Green Factory)

(2) ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน เช่นนิคมอุตสาหกรรมหรือหมู่บ้านหรือตำบล (Eco Industrial Zone / Estate)

(3) ระดับเมือง (Eco Town / Eco City) หรือเครือข่ายของเมืองหรือจังหวัด (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2555)

2.2.3 การดำเนินการเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศของประเทศไทย

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559 ได้กำหนดแนวทางพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ด้วยการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อุตสาหกรรมหลักของประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยการสร้างความตระหนักถึงการอยู่ร่วมกันของอุตสาหกรรมและชุมชน และส่งเสริมให้ภาคเอกชน ชุมชน สถาบันการศึกษาและภาครัฐร่วมกันพัฒนา ตั้งแต่การกำหนดกรอบแนวทางการพัฒนา มาตรฐานขององค์ประกอบที่จำเป็นของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ กำหนดมาตรการการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ ไปจนถึงการมีศูนย์เฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ กำหนดมาตรการให้ภาคเอกชนลงทุนเพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมร่วมกับชุมชนและภาครัฐในรูปแบบการสนับสนุนกิจการเพื่อสังคม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554)

หน่วยงานหลักของประเทศไทยในการดำเนินการเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ คือ กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กำกับดูแลการดำเนินการในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม โดยการขับเคลื่อนพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมเป็นนิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-industrial estate) กรมโรงงานอุตสาหกรรม ดูแลการดำเนินการในพื้นที่อุตสาหกรรมนอกเขตนิคมอุตสาหกรรม เช่น เขตประกอบการอุตสาหกรรม เป็นต้น ทั้งสองหน่วยงานได้กาหนดกรอบแนวทางรูปแบบ และแนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ รวมถึงการวางหลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติต่าง ๆ เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้ดำเนินการ โดยได้เริ่มดำเนินการนำร่องแล้วในหลายพื้นที่ของประเทศ

2.2.3.1 หลักเกณฑ์ของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศของประเทศไทย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้กำหนดเป้าหมายเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industry Development) เพื่อการอยู่ร่วมกันด้วยความสมดุลของการพัฒนาบนฐานของความยั่งยืน โดยกำหนดมิติของการพัฒนา ไว้ 5 มิติ และแนวปฏิบัติ 21 ด้าน ประกอบด้วย

1) มิติกายภาพ จะต้องมีทำเลที่ตั้งสอดคล้องกับผังเมือง และมีการวางผังการใช้ประโยชน์พื้นที่กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อม

1.1) การวางผังที่ตั้งและการจัดพื้นที่

1.1.1) ที่ตั้งของอุตสาหกรรมเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และการพัฒนาของเมือง

1.1.2) การใช้ประโยชน์พื้นที่มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2) การออกแบบอาคารและบริเวณโดยรอบ อาคารและบริเวณโดยรอบประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2) มิติเศรษฐกิจ มีความคุ้มค่าในการผลิต และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของท้องถิ่นผู้ประกอบกิจการ และชุมชนอย่างมั่นคง

2.1) เศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรม: ภาคการผลิตและบริการมีความคุ้มค่า และเจริญเติบโต

2.2) เศรษฐกิจของท้องถิ่น: เศรษฐกิจท้องถิ่นมีการเจริญเติบโตอย่างมั่นคง

2.3) เศรษฐกิจของชุมชน: เศรษฐกิจของชุมชนมีความเข้มแข็ง

2.4) การตลาด: ผู้ประกอบการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นที่ต้องการของตลาด

2.5) การขนส่ง: ผู้ประกอบการมีการบริหารจัดการโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Logistics)

3) มิติสิ่งแวดล้อม มีการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ลดและป้องกันมลพิษ ใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างคุ้มค่า

3.1) การจัดการคุณภาพน้ำ:

3.1.1) มีน้ำใช้เพียงพอ

3.1.2) การปล่อยน้ำทิ้งเป็นศูนย์

3.1.3) คุณภาพน้ำทิ้งไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

3.2) การจัดการคุณภาพอากาศ:

3.2.1) คุณภาพอากาศไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

3.2.2) อัตราส่วนการปลดปล่อยคาร์บอนต่อผลิตภัณฑ์ฯ ที่ลดลง

3.3) การจัดการกาก ของเสีย และวัสดุเหลือใช้: ของเสียเป็นศูนย์

3.4) การจัดการพลังงาน:

3.4.1) การใช้พลังงานในพื้นที่มีประสิทธิภาพ

3.4.2) ส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือก

3.5) การจัดการเสียง: ความดังของเสียงจากภาคการผลิตไม่รบกวนชุมชน

3.6) กระบวนการผลิต: ผู้ประกอบการมีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3.7) ประสิทธิภาพเชิงนิเวศ: ประสิทธิภาพเชิงนิเวศของอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

3.8) การจัดการด้านความปลอดภัยและสุขภาพ:

3.8.1) อุตสาหกรรมมีความปลอดภัยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพพนักงานและชุมชน

3.8.2) อุบัติเหตุร้ายแรงเป็นศูนย์ (Zero Accident)

3.9) การเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม: มีระบบการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วม

4) มิติสังคม พนักงานในพื้นที่และชุมชนโดยรอบมีคุณภาพชีวิต และสังคมที่น่าอยู่

4.1) คุณภาพชีวิตและสังคมของพนักงาน: พนักงานในพื้นที่มีศักยภาพคุณภาพชีวิตและสังคมที่ดี

4.2) คุณภาพชีวิตและสังคมของชุมชนโดยรอบ: ชุมชนมีศักยภาพและน่าอยู่

5) มิติการบริหารจัดการ การบริหารจัดการในพื้นที่อย่างเป็นระบบ โดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

5.1) การบริหารจัดการพื้นที่อย่างมีส่วนร่วม: การบริหารจัดการในพื้นที่เป็นไปอย่างมีระบบ โดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย

5.2) การพัฒนาและรักษาระบบบริหารระดับสากล: มีการใช้ระบบบริหารระดับสากลอย่างต่อเนื่อง

5.3) ข้อมูลข่าวสารและการรายงาน: มีข้อมูล ข่าวสารที่ถูกต้องเหมาะสมเพื่อเผยแพร่ภายในพื้นที่

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้กำหนดแนวทางการดำเนินงานเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ซึ่งมุ่งสู่ความสมดุลทั้งด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม มีรูปแบบของการพัฒนาที่สอดคล้อง เชื่อมโยง และครอบคลุมกิจกรรมความร่วมมือ / กิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพ / กิจกรรมการยกระดับ ของการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ของทั้ง 5 มิติ และสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม โดยได้กำหนดลักษณะองค์ประกอบและแนวทางการพัฒนาใน 22 ด้าน

ของทั้ง 5 มิติหลัก ได้แก่ มิติทางกายภาพ มิติทางเศรษฐกิจ มิติทางสิ่งแวดล้อม มิติทางสังคม และมิติทางด้านการบริหารจัดการ และกิจกรรมความร่วมมือ/กิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพ /กิจกรรมการยกระดับ ทั้ง 22 ด้าน ได้ดังนี้

6) มิติทางกายภาพ 3 ด้าน

6.1) พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม การออกแบบ พัฒนา และบริหารพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับกฎระเบียบ (กฎหมาย ผังเมือง EIA SEA ผังแม่บท ผังจัดสรร Green area/ Buffer Zone/ Eco Zone / Zoning และการจัดทา Protection Strip ตลอดจนการคำนึงถึงภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และระบบนิเวศท้องถิ่น) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Landscape/ Land Use/ Green Area/ Zoning)

6.2) ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ การออกแบบระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่มีประสิทธิภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Eco Design for Common Utility & Infrastructure) รวมทั้งมีความพอเพียงและได้รับการบำรุงรักษาที่ดี เพื่อให้สอดคล้องกับกฎระเบียบหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง และนำแนวคิด Eco มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาในแต่ละระบบ (Eco Concept Design)

6.3) อาคารของโรงงานในนิคมฯ การออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Energy Efficiency & Environmental Friendly Building/ Green Building) รวมไปถึงการมีสวนสวยในโรงงาน (In-plant Landscape) และกิจกรรมการลด CO_2 ในรูปแบบต่าง ๆ

7) มิติทางเศรษฐกิจ 3 ด้าน

7.1) เศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรม (Economic Efficiency) การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากสถิติข้อมูลของอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกรรมของจังหวัด (Manufacturing Gross Provincial Product) ต่อจำนวนแรงงานในจังหวัดที่มีนิคมฯ

7.2) เศรษฐกิจท้องถิ่น (Economic Stability) การพัฒนาท้องถิ่นอย่างมีเสถียรภาพ โดยพิจารณาจากสถิติข้อมูลของอัตราการว่างงานของประชากร และรายได้สรรพากรของจังหวัดที่มีนิคมอุตสาหกรรม

7.3) เศรษฐกิจชุมชน (Economic Equity) การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างมั่งคั่งของภาคประชาชน โดยพิจารณาจากสถิติข้อมูลของสัดส่วน "จำนวนคนจนหรือผู้มีรายได้เพื่อการบริโภคต่ำกว่าเกณฑ์เส้นความยากจนต่อจำนวนประชากรในจังหวัดที่มีนิคมอุตสาหกรรม" และจำนวนปีการศึกษาเฉลี่ยของประชากรในจังหวัดที่มีนิคมอุตสาหกรรม

8) มิติทางสิ่งแวดล้อม 9 ด้าน

การป้อนเข้าทรัพยากร/การจัดการวัสดุ/ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศ (INPUT- Resource/Material Management/Eco-efficiency)

8.1) การบริหารจัดการทรัพยากร พิจารณาจากการจัดสรรและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรและน้ำ

8.2) การบริหารจัดการพลังงาน พิจารณาจากการจัดสรรและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ (Production Process and Product)

8.3) ระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากการเก็บข้อมูลผู้ประกอบการที่มีกระบวน การผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิตสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Purchasing) รวมถึงการส่งเสริมเพิ่มจำนวนผู้ประกอบการดังกล่าว

8.4) มลภาวะทางน้ำ โดยพิจารณาจากการติดตามตรวจสอบ กำกับดูแลคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานกฎหมาย ไม่ให้มีข้อร้องเรียน เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำในแหล่งรองรับและความพยายามในการลดมลภาวะทางน้ำ

8.5) มลภาวะทางอากาศ โดยพิจารณาจากคุณภาพอากาศที่ปล่อย การจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

8.6) กากของเสีย พิจารณาการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และความพยายามในการลดปริมาณของเสีย

8.7) มลภาวะทางเสียง กลิ่น ฝุ่น ควัน เหตุเดือดร้อนรำคาญ โดยพิจารณาจากการตอบสนองต่อข้อร้องเรียน และการกำหนดมาตรการที่เกี่ยวกับมลภาวะ และเหตุเดือดร้อนรำคาญอื่น ๆ

8.8) ความปลอดภัยและสุขภาพ (Safety and Health)

ความปลอดภัยและสุขภาพ ครอบคลุมการจัดการด้านความปลอดภัย และสุขภาพ แผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน การซ้อมแผน ข้อมูลด้านความปลอดภัย (Safety) และการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง/อัตราการเจ็บป่วยที่รุนแรงที่มีผลกระทบต่อชุมชนของโรงงานและนิคมอุตสาหกรรม และมีการเฝ้าระวังสุขภาพ (Health Surveillance)

8.9) การพึ่งพาและเกื้อกูลซึ่งกันและกันของภาคอุตสาหกรรม การบริหารจัดการแบบพึ่งพาและเกื้อกูลซึ่งกันและกันของภาคอุตสาหกรรม (Business-linkage/Inter-utilization/Industrial-Symbiosis) โดยพิจารณาจากรูปแบบเครือข่าย/ความเชื่อมโยงที่ก่อให้เกิดการเกื้อกูลซึ่งกันและกันของภาคอุตสาหกรรม

9) มิติทางสังคม 2 ด้าน

9.1) คุณภาพชีวิตและสังคมของพนักงาน ครอบคลุมการกำกับดูแลให้เป็นนิคมอุตสาหกรรมสีขาว ปลอดยาเสพติด มีการพัฒนาบุคลากรของนิคมฯ และโรงงาน

9.2) คุณภาพชีวิตและสังคมของชุมชนโดยรอบ พิจารณาจากแผนการสร้างความสัมพันธ์อันดีกับชุมชนอย่างมีส่วนร่วม มีการจัดสรรงบประมาณเพื่อการดำเนินกิจกรรมด้าน CSR และความพึงพอใจของชุมชนโดยรอบที่มีต่อนิคมฯ

10) มิติทางด้านการบริหารจัดการ 5 ด้าน

10.1) การบริหารจัดการพื้นที่อย่างมีส่วนร่วม การเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วมของนิคมอุตสาหกรรม โดยพิจารณาจากผลการดำเนินงานของ Eco

Team, Eco Network, Eco Forum หรือ Eco Center และแผนงาน/โครงการความร่วมมือกับชุมชน หน่วยงานท้องถิ่น หรือหน่วยงานอื่น ๆ ในการบริหรจัดการพื้นที่ร่วมกันในด้านต่าง ๆ

10.2) การยกระดับการกำกับดูแลโรงงาน พิจารณาจากการกำกับดูแลโรงงานในด้านต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายในด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และพลังงาน

10.3) ส่งเสริมให้โรงงานเข้าสู่ระบบบริหารจัดการระดับสากลและระดับประเทศ พิจารณาจากการรณรงค์ส่งเสริมให้โรงงานเข้าสู่ระบบการจัดการระดับสากลและระดับประเทศ

10.4) การรณรงค์ส่งเสริมให้โรงงานประยุกต์ใช้นวัตกรรม/เครื่องมือการจัดการ/ระบบบริหารจัดการใหม่ ๆ พิจารณาจากการจัดกิจกรรมรณรงค์ส่งเสริมเครื่องมือนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีการจัดการ และการนำเครื่องมือไปใช้ ตลอดจนมีการวิเคราะห์/พัฒนาอย่างต่อเนื่อง

10.5) การเปิดเผยข้อมูลข่าวสารและการจัดทำรายงาน พิจารณาจากกิจกรรมการสื่อสาร การรายงานและการเปิดเผยข้อมูลในช่องทางและรูปแบบต่าง ๆ

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้กำหนดขอบเขตของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยมีขอบเขตของความสัมพันธ์ และความร่วมมือ

2.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโฮมเบเกอรี่

โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เริ่มดำเนินงานเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2528 โดยใช้เงินทุนเป็นเงิน 1,692.25 บาท ตามคำสั่งที่ 239/2529 ให้ดำเนินการในโครงการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ อาศัยระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยโครงการอาหารกลางวันในโรงเรียน พ.ศ.2529 ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2529 เป็นหน่วยการแห่งหนึ่งที่ผลิตและจำหน่ายเบเกอรี่สังกัดสำนักงานอธิการบดี มีวัตถุประสงค์ในการก่อตั้งขึ้นมา เพื่อเป็นสถานฝึกงานให้กับนักศึกษาสาขาคหกรรมศาสตร์ ที่กำหนดให้นักศึกษาเรียนสาขาอาชีพนอกจากเรียนทฤษฎีแล้วยังต้องฝึกปฏิบัติด้วย ต่อมามีการปรับปรุงการผลิตให้เป็นแบบอุตสาหกรรมและเพื่อรองรับนโยบายของมหาวิทยาลัยในการสร้างรายได้ เพื่อช่วยสนับสนุนด้านการเรียนการสอนและมีการพัฒนาต่อเป็นรากฐานของธุรกิจวิชาการ โครงการ โฮมเบเกอรี่ เป็นโครงการพิเศษ มีระบบบัญชีเป็นเกณฑ์เงินสดและจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม เป็นรูปแบบการบริหารธุรกิจที่ถูกต้อง มีผลการดำเนินงาน ถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์ด้านการผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับของลูกค้า

ร้าน โฮมเบเกอรี่ เริ่มจากผู้ก่อตั้ง ผศ.วันเพ็ญ จงสวัสดิ์ ประธานโครงการบริการอาหารและขนมอบ (โฮมเบเกอรี่) ซึ่งเป็นการสอนนักศึกษาหลักสูตรอนุปริญญาการอาหาร 2 ปี ที่มีการเรียนการสอนทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรการเรียน 2 ปี ทำให้การสอนต้องยุติลง รวมไปถึงการสอนการทำขนมให้กับนักศึกษาพิเศษอีกด้วย แต่ด้วยความที่ใจรักและอยากได้ประสบการณ์แม้โครงการจะยุติลง แต่ ผศ.วันเพ็ญ ก็ให้โอกาส และเป็นการสร้างรายได้ให้กับนักศึกษาได้ทำงานเพื่อสร้างรายได้เพราะเด็กหลายคนมีฝีมือดี

โฮมเบเกอรี่ หรือโครงการอาหารกลางวัน เริ่มต้นด้วยพนักงาน 18 คน โดยส่วนหนึ่งเป็นเด็กพิการทางหูจากโครงการของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯมาฝึกงานร่วมด้วยจำนวนหนึ่ง จากเด็กพิการที่ไม่มีความรู้เรื่องการทำขนมเลย ผศ.วันเพ็ญ จึงพยายามสอนเด็กเหล่านี้จนมีความสามารถทำขนมและจนปัจจุบันมีเด็กพิการทางหูจากโครงการฯ จำนวนหนึ่งก็ได้บรรจุเป็นเจ้าหน้าที่และมีเงินเดือนเลี้ยงตัวเองได้

ภารกิจหลักอีกประการหนึ่งของโฮมเบเกอรี่ คือการทำโครงการอาหารกลางวันในราคาถูกโดยการนำกำไรจากการขายขนมกลับมาช่วยเหลือนักศึกษาของสถาบันฯ อาหารแต่ละชนิดที่ขายอยู่ในแคนทีนของโครงการนี้มีราคาเริ่มต้นที่ 10 บาท ทั้งก๋วยเตี๋ยว ข้าวแกง ขนม ผลไม้

ปัจจุบันโฮมเบเกอรี่เปิดมากว่า 30 ปี อีกทั้งได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากมีขนมกว่า 300 ชนิด เนื่องจากผู้ผลิตมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาสินค้าอยู่เสมอ

กระบวนการผลิต ท๊อฟฟี่เค้ก (A Little Catz's Weblog, 2008)

ขั้นตอนในการทำท๊อฟฟี่เค้ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตัวเค้กและส่วนหน้าเค้ก

1. ส่วนตัวเค้ก

1.1 วัตถุดิบมีดังนี้

1) แป้งเค้ก
2) ผงฟู
3) นมข้นจืด
4) กาแฟผง
5) เนยสดรสจืดละลาย
6) โกโก้ผง
7) น้ำตาล
8) ไข่

1.2 ขั้นตอนการทำ

1) นำนมข้นไปอุ่นในไมโครเวฟประมาณ 1 นาทีแล้วนำผงกาแฟไปชงเข้าด้วยกัน (ไม่ต้องผสมน้ำ) ทิ้งให้เย็น

2) ร่อนแป้ง+ผงฟู รวมกัน 2 รอบ

3) นำส่วนผสมรวมกันในอ่างผสม ตีด้วยความเร็วต่ำ 1 นาที

4) ป้ายเอสพีที่หัวตะกร้อ ตีด้วยความเร็วสูง 7 นาทีระหว่างนี้ให้วอร์มเตาอบที่ 175 องศาเซลเซียส

5) หยุดเครื่อง ปาดอ่าง ตีด้วยความเร็วต่ำต่ออีก 1 นาที

6) นำเนยละลายผสมโกโก้ให้เข้ากัน ทยอยใส่ลงไปในอ่างผสมทีละช้อน ตีด้วยความเร็วต่ำ 2 นาที ต่อมา เปลี่ยนเป็นความเร็วสูง 20 วินาที ปิดเครื่อง

7) เทใส่ถาด ที่ปูด้วยกระดาษไขเคลือบซิลิโคน

8) อบด้วยไฟบนล่าง 175 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

2. ส่วนหน้าเค้ก

2.1 วัตถุดิบมีดังนี้

1) เนยสดเค็ม

2) น้ำตาลทราย

3) เม็ดมะม่วงหิมพานต์

2.2 ขั้นตอนการทำ

1) นำเนยตั้งไฟอ่อน ๆ ในหม้อ กวนด้วยตะกร้อมือจนเนยละลาย

2) ใส่น้ำตาล กวนให้เข้ากันจนเหนียว

3) ใส่เม็ดมะม่วงหิมพานต์ ปิดไฟ

4) นำไปราดเค้กและอบไฟบน 250 องศาเซลเซียส ประมาณ 5-10 นาที คอยสังเกตดูอย่าให้หน้าไหม้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิตรลดา โกสินทรานนท์ (2549, น. 68-69) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องแนวทางการเลือกซื้อสินค้าอุปโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยเริ่มต้นจากการเลือกขนาดและรูปแบบของสินค้าให้เหมาะสมกับการใช้งานและตรงตามความต้องการของผู้ซื้อจากนั้นให้พิจารณาสินค้าที่ได้ฉลากเขียวในกรณีที่สินค้าไม่ได้รับฉลากเขียวให้ยึดหลักพิจารณาตามมาตรฐานการใช้งาน (เครื่องหมายมอก.) และมาตรฐานสิ่งแวดล้อมจากการสำรวจสินค้าอุปโภคที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในท้องตลาดพบว่าสินค้าที่ได้ฉลากเขียวมีจำนวนน้อยมากในตลาดทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกน้อยและขาดแรงจูงใจในการเลือกซื้ออีกทั้งสินค้านั้นยังมีราคาแพงกว่าสินค้าทั่วไปผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจึงควรร่วมมือกันส่งเสริมสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามบทบาทของตนเพื่อให้ได้รับความนิยมมากขึ้นโดยเริ่มจากภาครัฐที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนผู้ผลิตและผู้บริโภคในทุก ๆ ด้านเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

ชนาทิป อ่อนหวาน (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่องความรู้ความเข้าใจและทัศนคติที่มีผลต่อแนวโน้มพฤติกรรมการซื้อสินค้าที่มีฉลากคาร์บอนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการดำเนินชีวิตด้านกิจกรรมเกี่ยวกับการลดภาวะโลกร้อนมีการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับการลดภาวะโลกร้อนโดยรวมอยู่ในระดับปฏิบัติค้อนข้างบ่อยและความสนใจเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนโดยรวมอยู่ในระดับสนใจมากส่วนความคิดเห็นเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งสำหรับเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมพบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับเหตุผลที่ใช้ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ในระดับมากซึ่งความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ในระดับใช้บางครั้งและพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลางด้านทัศนคติเกี่ยวกับสินค้าฉลากคาร์บอนด้านผลิตภัณฑ์โดยรวมซึ่งประกอบด้วยด้านประโยชน์หลักด้านรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่คาดหวังด้านความคาดหวังในผลิตภัณฑ์และด้านศักยภาพผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับดีส่วนด้านการรับรู้ข่าวสารที่

เกี่ยวข้องกับฉลากคาร์บอนผ่านการสื่อสารทางการตลาดโดยรวมอยู่ในระดับน้อยและแนวโน้มพฤติกรรมการซื้อสินค้าที่มีฉลากคาร์บอนพบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มการซื้อสินค้าฉลากคาร์บอนในอนาคตระดับปานกลางมีแนวโน้มแนะนำให้ผู้ที่รู้จักซื้อสินค้าที่มีฉลากคาร์บอนอยู่ในระดับปานกลางและมีแนวโน้มเลือกซื้อสินค้าที่มีสินค้าฉลากคาร์บอนถึงแม้มีสินค้าประเภทเดียวกันวางจำหน่ายอยู่ในระดับปานกลางด้านเหตุผลที่จะซื้อสินค้าฉลากคาร์บอนพบว่า มีความถี่มากที่สุดในข้ออยากมีส่วนร่วมในการลดภาวะโลกร้อนและมีความถี่น้อยที่สุดในข้อราคาของสินค้าฉลากคาร์บอนไม่แพงเกินไป

รมณี วังเมือง (2555) และการศึกษาของธีระวัฒน์ ธรรมนิยม (2555) ได้ศึกษาโรงงานผลิตแป้งข้าวตัวอย่าง ซึ่งตั้งอยู่ใน 2 ภูมิภาค คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งข้าวประมาณ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อแป้ง 1 ตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งข้าวของโรงงานภาคตะวันออกที่มีวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งข้าวประมาณ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน เนื่องจากกระบวนการผลิตและปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่าง จึงทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สองโรงงานแตกต่างกัน

วราพร พันธุ์จันทร์ดี และปุณณมี สัจจกมล (2556) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ของผลิตภัณฑ์มะม่วง และมังคุด ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณของของเสียที่มะม่วงและมังคุดได้ปล่อยออกมาและนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรรมของไทยเพื่อความยั่งยืนในอนาคต โดยในการศึกษาจะศึกษากระบวนการทั้งหมดของมะม่วงและมังคุด ตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งส่งถึงมือผู้บริโภคว่าได้มีการปล่อยของเสียออกมาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมและช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ได้ในอนาคต ในงานวิจัยได้ประเมินวัฏจักรชีวิตของมะม่วงและมังคุดในประเทศไทย พิจารณา 2 กลุ่มผลกระทบ ได้แก่ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คลอบคลุมขอบเขตของระบบที่จะศึกษาประกอบด้วย การเพาะปลูก การบรรจุ และการขนส่งไปยังผู้ขายปลีก จากผลการศึกษาพบว่า มะม่วง 1 กิโลกรัม มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 81.969 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.8141 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับการได้มาซึ่งมังคุด 1 กิโลกรัม จะมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 51.725 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.6540 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์ และปุณณมี สัจจกมล (2558) ได้ศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งจากการศึกษาพบว่าจันทบุรีมีการเพาะปลูกสละมากที่สุดในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 65ของผลผลิตทั้งประเทศ โดยมีการเพิ่มมูลค่าของสละในรูปของสละลอยแก้ว ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต งานวิจัยนี้จึงทาการศึกษาวัฏจักรชีวิตของสละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี โดยอาศัยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle Assessment : LCA) ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม 2 ด้าน คือ การประเมินปริมาณก๊าซเรือน

กระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) และการประเมินปริมาณการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ ฟุตพริ้นท์น้ำ(Water Footprint) เพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์เพื่อช่วยลดต้นทุนต่าง ๆ ที่มาจากกระบวนการและทรัพยากรที่เกินความจำเป็น ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกให้สูงยิ่งขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่าสละลอยแก้วน้ำหนักสุทธิ 450 กรัม มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 477.34 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (g.CO_2-eq) และร่องรอยการใช้น้ำมีปริมาณเท่ากับ 274.17 ลิตร (L.H_2O-eq)

Zhuoying Zhang (2011) ได้ศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จาก 33 เขตในปักกิ่ง ในปี 2002 มีค่าเท่ากับ 4498.4 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 51 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของกรุงปักกิ่ง จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปริมาณประชากรในประเทศจีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสวนทางกับทรัพยากรน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ประเทศจีนมีการตื่นตัวในการวางแผนการจัดการการใช้น้ำ และจัดทำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในแต่ละปี เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุง พัฒนาและวางแผนการจัดการการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง

Namy et al. (2011) ได้ศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขนมปังแผ่นหนึ่งก้อน ซึ่งมีน้ำหนัก 800 กรัม เพื่อนำไปใช้การบริโภค โดยหาปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพบว่ามีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตขนมปัง ตั้งแต่ ชนิดของแป้ง และชนิดของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น นำไปสู่การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยวิธีการ PAS 2050 และมาตรฐาน ISO 14044 และได้อธิบายความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งสองวิธี จากการศึกษาพบว่าผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ในช่วงระหว่าง 977 ถึง 1,244 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อการผลิตขนมปังหนึ่งก้อน

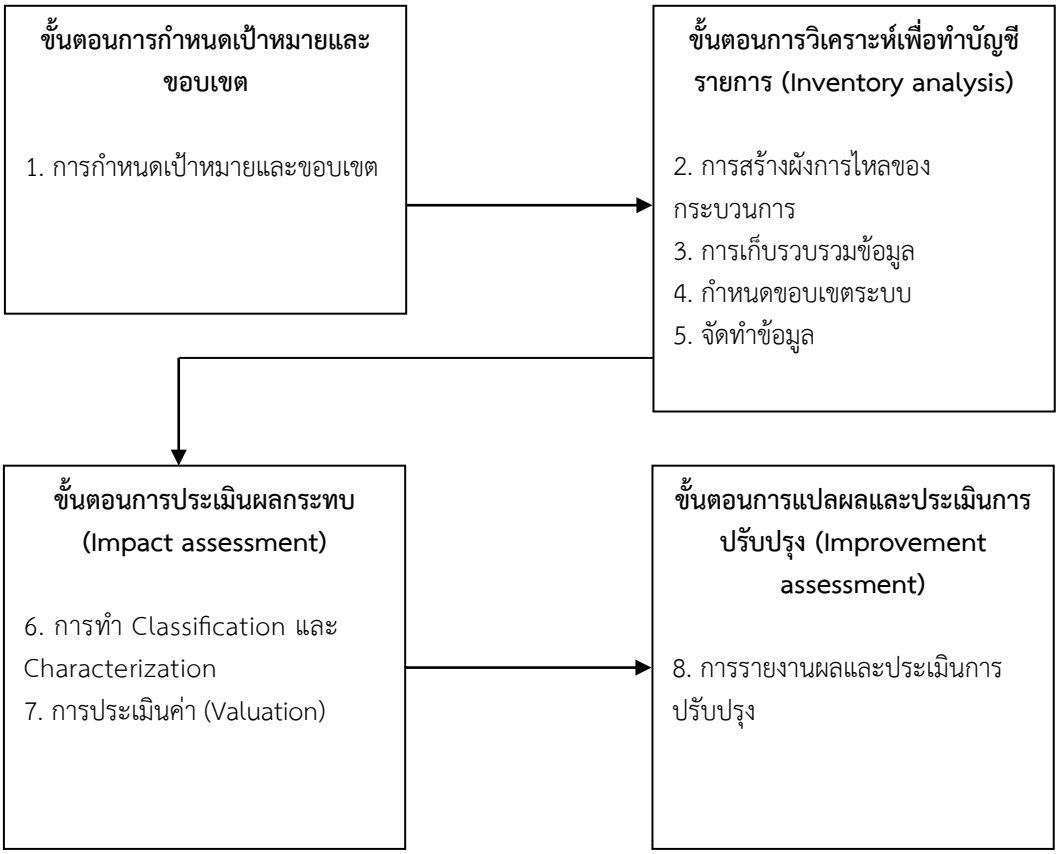
M. Asif และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างห้องนอนของบ้านในประเทศสก๊อตแลนด์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อดูผลกระทบที่มาจากวัสดุต่าง ๆ เช่น ไม้ คอนกรีต กระจก กระเบื้อง อะลูมิเนียม ฯลฯ ผลการศึกษาพบว่าคอนกรีต กระเบื้อง และไม้ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านพลังงานมากที่สุด โดยที่คอนกรีตส่งผลกระทบมากถึง 65% รองลงมาเป็น กระเบื้อง 14% และไม้ 13% เนื่องมาจากบ้านในประเทศสก๊อตแลนด์ส่วนใหญ่ใช้คอนกรีตในการก่อสร้าง

Thiriez และ Gutowski (2006) เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเครื่องฉีดพลาสติก 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องฉีดพลาสติกประเภท Hydraulic, Hybrid และ All-electric โดยการจัดทำบัญชีรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) ของกระบวนการฉีดและวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของการฉีดพลาสติกด้วยวิธี SEC (Specific Energy Consumption) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีของเครื่องฉีดพลาสติก โดยข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่อง

ฉีดพลาสติกที่นำมาศึกษาได้จากแหล่งข้อมูลจำนวน 100 แหล่งในสหรัฐอเมริกาซึ่งมีความแตกต่างกันไปและผลจากการศึกษาพบว่าอัตราการใช้พลังงานจะขึ้นกับชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติก ผลจากการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานของเครื่องฉีดพลาสติกแบบ Hydraulic, แบบ Hybrid และแบบ All-electric เท่ากับ 19.0, 13.2 และ 12.3 MJ/kg ตามลำดับและขั้นตอนในการผลิตพอลิเมอร์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเมื่อเทียบในรูปของการใช้พลังงานกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเมื่อพิจารณาการปล่อยสารมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตพอลิเมอร์พบว่ามีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานเช่น กระบวนการได้มาของพอลิโพรไพลีน 1 กิโลกรัมจะก่อให้เกิด Volatile Organic Compound (VOC), Particulate mater, Ketones, Aldehydes และ Organic Acid เท่ากับ 0.185 กรัม, 0.030 กรัม, 0.0099 กรัม, 0.0022 กรัมและ 0.0018 กรัม ตามลำดับ

Michael Bimpeh และคณะ (2006) ได้ศึกษาการประเมินวงจร (LCA) การผลิตขนมปังในครัวเรือนและอุตสาหกรรมการผลิตขนมปังในประเทศสวีเดน ผลการศึกษาพบว่าการอบขนมปังภายในครัวเรือนใช้พลังงานในการอบค่อนข้างสูงพอกับการอบขนมปังในอุตสาหกรรมซึ่งผลกระทบทั้งหมดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระดับอากาศบริสุทธิ์ลดลง ปรากฏการณ์ Eutrophication เป็นพิษกับมนุษย์ และเกิดภาวะความเป็นกรด ซึ่งการผลิตขนมปังทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันไม่มาก

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย
ที่มา: UNEP (1996)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบ เพื่อเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กโฮมเบเกอร์รี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ประกอบด้วย

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 การแปลผล

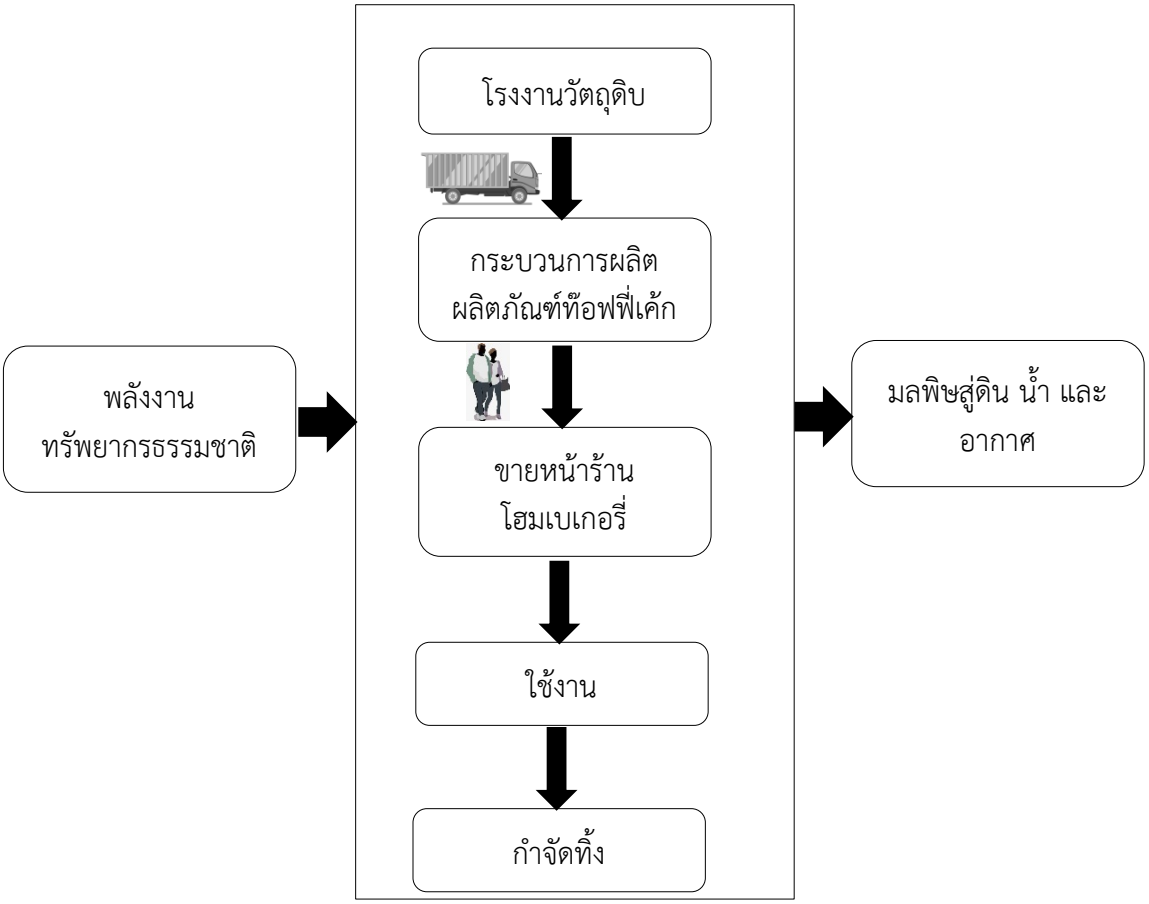
โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

3.1.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

1) ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของการผลิตท๊อฟฟี่เค้กแบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน), 2555) โดยมีขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขอบเขตของระบบผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กในการประเมินวัฏจักรชีวิต

1.1) การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีดังนี้

1.1.1) แป้งสาลี ตราพัดโบก บริษัท ยู เอฟ เอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด

1.1.2) เนยสดชนิดเค็ม บริษัท มะลิกรุ๊ป 2012 จำกัด

1.1.3) น้ำตาลทรายขาว บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

1.1.4) ไข่ไก่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด สงวนฟาร์ม

1.1.5) โกโก้ผง บริษัท ซีโนแปซิฟิก เทรนดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด

1.1.6) ผงฟู บริษัทยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

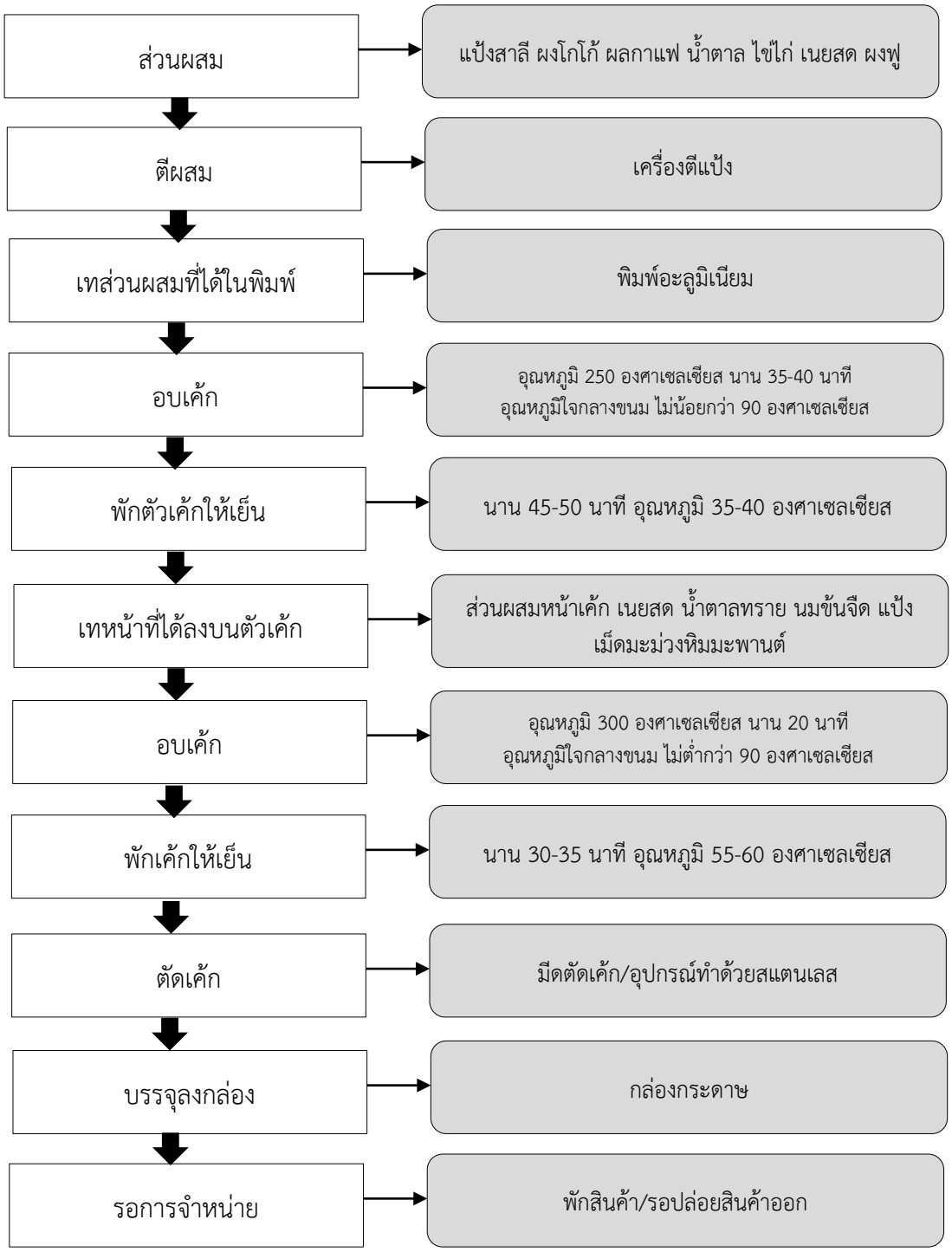
1.1.7) ผงกาแฟ บริษัท เนสท์เล่ (ไทย) จำกัด

1.1.8) นมข้นจืด บริษัท เอฟแอนด์แอ็นแดรี่ส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.1.9) เม็ดมะม่วงหิมมะพานต์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด มั่นคง คอมโมดิตี้

1.2) กระบวนการผลิต

ในส่วนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 วิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

2) หน่วยหน้าที่การใช้งาน

ในการศึกษานี้เป็นการกำหนดหน่วยหน้าที่การใช้งาน คือ ผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม

2.3) การจัดส่งผลิตภัณฑ์

หลังจากที่ได้ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กเรียบร้อยแล้ว จะจัดผลิตภัณฑ์ขายที่หน้าร้านซึ่งติดอยู่กับสถานที่ผลิต

3) การจำแนกปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น วัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต พลังงาน เป็นต้น

3.1) ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กต่อครั้ง

ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ส่วนผสม	ปริมาณ	หน่วย	ร้อยละ
แป้งสาลี	31.25	กรัม	25.00
เนยสดชนิดเค็ม	18.75	กรัม	15.00
น้ำตาลทรายขาว	12.50	กรัม	10.00
ไข่ไก่	25.00	กรัม	20.00
โกโก้ผง	2.50	กรัม	2.00
ผงฟู	1.25	กรัม	1.00
ผงกาแฟ	2.50	กรัม	2.00
นมข้นจืด	6.25	กรัม	5.00
เม็ดมะม่วงหิมมะพานต์	25.00	กรัม	20.00
รวม	125.00	กรัม	100.00

หมายเหตุ : ส่วนผสมโดยประมาณของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม

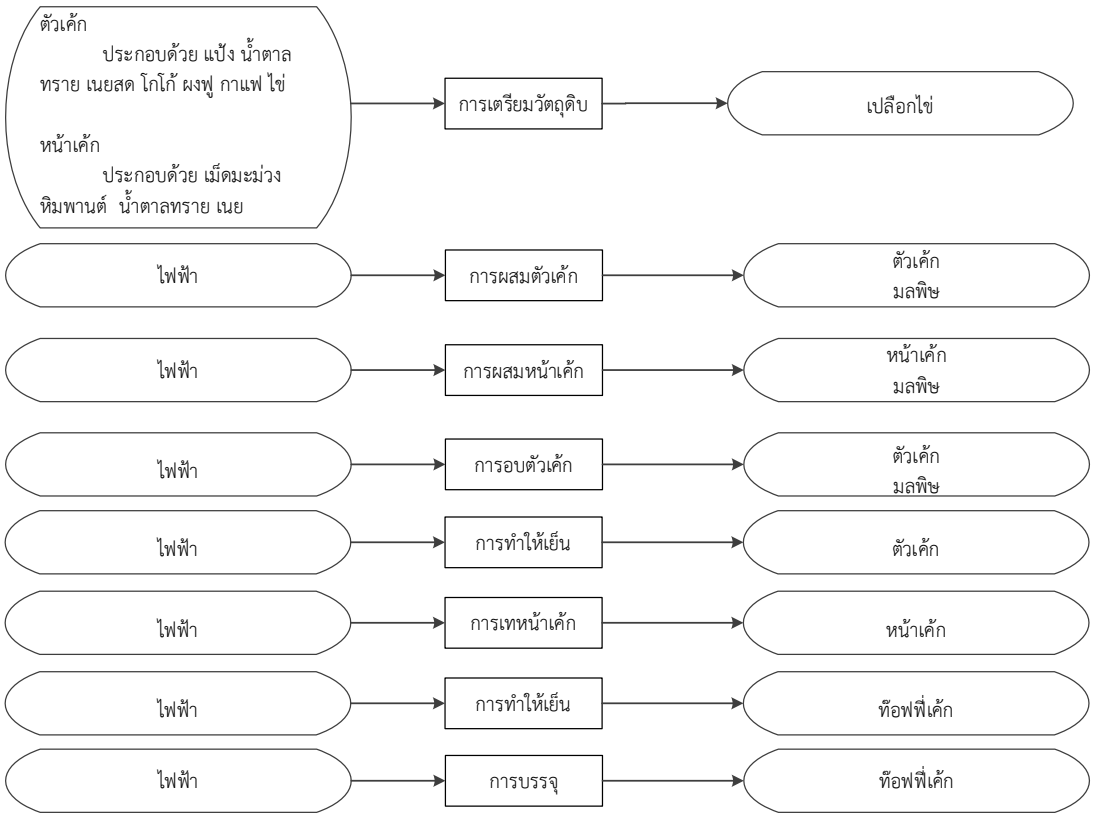
3.2) อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

3.2.1) เตาอบไฟฟ้าควบคุมแก๊ส จำนวน 6 เครื่อง ขนาด 1.68 แรงม้า

3.2.2) เครื่องผสมแป้ง จำนวน 3 เครื่อง ขนาด 20 ลิตร ต้นกำลัง 373 W ขนาด 0.50 แรงม้า

3.2.3) ชั้นเสียบถาดแบบมีล้อเลื่อน จำนวน 50 เครื่อง

โดยจะมีการจัดทำแผนผังการไหลของวัสดุ (ไม่ได้ระบุการไหลของพลังงาน) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้โดยอ้างอิงตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการจะทำการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายใต้กรอบการดำเนินการทาง LCA โดยจะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลไปที่การใช้ทรัพยากรและพลังงานและกากของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ โดยใช้เวลา 2 เดือนซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (Primary data) ได้แก่วัตถุดิบ พลังงาน การขนส่ง และสารขาเข้าอื่น ๆ เป็นต้น

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล

กระบวนการ :		**แผ่นข้อมูลสิ่งแวดล้อม**	
แหล่งข้อมูล :		วันที่ : .....เดือน.....ปี.....	
สารขาเข้า(ข้อมูลต่อตันของผลิตภัณฑ์)		**สารขาออก**(ข้อมูลต่อตันของผลิตภัณฑ์)	
วัตถุดิบ	**ก.ก./ตัน**	**ผลิตภัณฑ์**	**ก.ก./ตัน**
วัตถุดิบจากธรรมชาติ		1.	.....
1.	.....	2.....	.....
2.	.....	3.	.....
3.	.....	4.....	.....
4.....	.....	**ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์**	**ก.ก./ตัน**
5.	.....	1.	.....
6.	.....	2.	.....
วัตถุดิบที่สั่งซื้อเข้า		3.	.....
1.	.....	4.	.....
2.	.....	**ของเสียประเภทของแข็ง**	**ก.ก./ตัน**
3.	.....	1.	.....
4.	.....	2.	.....
5.	.....	3.	.....
6.	.....	4.	.....
พลังงาน	**กิกะจูล/ตัน**	**ของเสียประเภทของเหลว**	**ก.ก./ตัน**
1.	.....	1.	.....
2.	.....	2.	.....
3.	.....	3.	.....
4.	.....	4.	.....
5.	.....	**สารขาออกด้านสิ่งแวดล้อม**	**ก.ก./ตัน**
6.	**.....**	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่อากาศ*	
การขนส่ง(เส้นทางน้ำหนักบรรทุก	**ตัน.กม./ตัน**	1.	.....
ระยะทาง)	.....	2.	.....
1.	.....	3.	.....
2.	.....	4.	.....
3.	.....	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่น้ำ*	
4.	.....	1.	.....
5.		2.	.....
6.	**..../ตัน**	3.	.....
สารขาเข้าอื่น ๆ	.....	4.	.....
1.	.....	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่ดิน*	
2.	.....	1.	.....
3.	.....	2.	.....
4.	.....	3.	.....
5.	.....	4.	.....
6.			

2. ข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโฮมเบเกอรี่ ข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หลักการและการประยุกต์ใช้ LCA และวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ จากเอกสาร หนังสือ บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Potential Environmental Impacts) โดยการจำแนกข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่กลุ่มผลกระทบซึ่งเรียกว่า Classification

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบพื้นฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

กลุ่มผลกระทบ	ความหมาย
Abiotic Depletion Potential (ADP)	ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปลดลง
Global Warming Potential (GWP)	ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
Ozone Depletion Potential (ODP)	ศักยภาพที่ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง
Human Toxicity Potential (HTP)	ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์
Aquatic/Terrestrial	ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อ
Eco toxicity Potential (ECP)	ระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำ
Acidification Potential (AP)	ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด
Photochemical Oxidation Creation Potential (POCP)	ศักยภาพในการเกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง-เคมี
Nutrification Potential (NP)	ศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ

จากนั้นหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบหรือเรียกว่า Characterization นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม ได้แก่ การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

3.3 การแปลผล (Interpretation)

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยสามารถชี้ชัดลงไปได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง ณ จุดนั้น ๆ เพื่อทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัย ซึ่งจากการนำข้อมูลที่เก็บได้ไปทำการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โฮมเบเกอร์รี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต การวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 และใช้ตัวชี้วัด The Environmental Development of Industrial Products (EDIP 2003) ซึ่งเป็นการกำหนดตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมที่แยกกลุ่มดัชนีตามลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง เมื่อนำเข้าข้อมูลป้อนเข้าไปในโปรแกรมสำเร็จรูป โปรแกรมจะแสดงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของกราฟและตัวเลขค่าของผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อนำค่าผลกระทบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และประเมินในรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร พลังงาน และของเสียที่ปลดปล่อยออกจากกระบวนการต่าง ๆ ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ ช่วงการผลิตและช่วงการขนส่งผลิตภัณฑ์ ไปยังร้านค้าขายส่ง-ปลีก ในที่นี้ได้แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และข้อมูลที่รวบรวมได้ ดังต่อไปนี้

4.1.1 ขั้นตอนในการจัดหาและที่มาของการผลิตวัตถุดิบ

ซึ่งขั้นตอนในการจัดหา และที่มาของการผลิตวัตถุดิบทั้งหมด แสดงดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนในการจัดหาและที่มาของการผลิตวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	อ้างอิงจากฐานข้อมูล LCI ของการผลิต
Flour Wheat	LCA Food DK, 2002
Sugar	Ecoivent unit processes in China
Sodim Cholrid	Ecoivent processes at plant/RER S’ in China
Full Milk	Environmental Project No.863, 2003 in Denmark
Yeast	Ecoivent unit processes at fermentation in China
Butter	Environmental Project No.863, 2003 in Denmark
Water	Ecoivent unit processes at user in China
Egg	LCA food DK, 2002
Milk Powder	Environmental Project No.863, 2003 in Denmark

ที่มา : ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1

4.1.2 การผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต และปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยดำเนินการคำนวณเป็นการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อ 1 กล่อง

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

สารขาเข้า	กระบวนการ	สารขาออก
ตัวเค้ก	เตรียมวัตถุดิบ	วัตถุดิบตัวเค้ก
แป้งสาลี		วัตถุดิบหน้าเค้ก
น้ำตาลทรายขาว		
เนยสดชนิดเค็ม		
โกโก้ผง		
ผงฟู		
กาแฟ		
ไข่ไก่		
หน้าเค้ก		
เม็ดมะม่วงหิมพานต์		
น้ำตาลทราย		
นมข้นจืด		
แป้ง		
เนยสด		
ไฟฟ้าและแก๊ส	การผสมตัวเค้ก	ตัวเค้ก
ไฟฟ้าและแก๊ส	การอบตัวเค้ก	ตัวเค้ก
ไฟฟ้าและแก๊ส	การผสมหน้าเค้ก	หน้าเค้ก
	การเทหน้าเค้ก	ท๊อฟฟี่เค้ก
	การทำให้เย็น	ท๊อฟฟี่เค้ก
	การบรรจุ	ท๊อฟฟี่เค้ก

ขั้นตอนในการทำท๊อฟฟี่เค้ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตัวเค้กและส่วนหน้าเค้ก กระบวนการแรกส่วนตัวเค้ก เริ่มจาก ผสมส่วนผสมของตัวเค้กเข้าด้วยกัน ได้แก่ แป้งสาลี ผงโกโก้ ผงกาแฟ น้ำตาลทราย ไข่ไก่ เนยสด ผงฟู เข้าด้วยกัน จากนั้นนำส่วนผสมลงไปตีในเครื่องตีแป้ง และเทส่วนผสมที่ได้ลงในพิมพ์อะลูมิเนียม แล้วจึงนำเข้าไปอบในเตาอบเค้ก ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 35-40 นาที่ อุณหภูมิใจกลางขนม ไม่น้อยกว่า 90 องศาเซลเซียล เมื่ออบเสร็จแล้วพักตัวเค้กให้เย็น เป็นเวลา 45-50 นาที อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียล จากนั้นจึงผสมหน้าเค้ก

ประกอบด้วย เนยสด น้ำตาลทราย นมข้นจืด แป้ง และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เข้าด้วยกันแล้วจึงเทลงบนตัวเค้กที่เย็นแล้ว และนำเข้าเตาอบเค้กที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิใจกลางขนม ไม่ต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส จากนั้นพักเค้กให้เย็น เป็นเวลา 30-35 นาที ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำเค้กไปตัด และบรรจุลงกล่อง

4.1.3 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต

กระบวนการของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีการนำพลังงานต่าง ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่พลังงานไฟฟ้า และพลังงานเชื้อเพลิง (LPG) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดของพลังงานและปริมาณทั้งหมดที่ใช้ในขั้นตอนของการผลิต แสดงดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนการจัดหาประเภทของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต

วัตถุดิบ	ปริมาณ	อ้างอิงจากฐานข้อมูล LCI ของการผลิต
Electricity	0.055 kWh	ETH-ESU 96 Unit Processes, in The Netherlands
LPG	1.2 g	IDEMAT 2001, Delft University of Technology

หมายเหตุ: ต่อการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อ 1 กล่อง
ที่มา: ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1

การปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีการคำนวณจาก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำตัวเค้กและการทำหน้าเค้ก เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิตท๊อฟฟี่เค้กได้มาจากสองขั้นตอนนี้ โดยเป็นการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงน้ำหนัก ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 วิธีการคำนวณการปันส่วน (Allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
ตัวเค้ก	-87.5	$[\frac{87.5}{125}] \times 100 = 70\%$
หน้าเค้ก	27.5	$[\frac{27.5}{125}] \times 100 = 30\%$
รวม	125	100%

หมายเหตุ : น้ำหนักของท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อ 1 กล่อง

ผลจากการคำนวณการปันส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า การผลิตท๊อฟฟี่เค้กเพื่อให้ได้ท๊อฟฟี่เค้ก ในส่วนของตัวเค้กมีสัดส่วนในการเกิดผลกระทบคิดเป็น 70% ขณะที่ส่วนของหน้าเค้กมีสัดส่วนในการเกิดผลกระทบคิดเป็น 30%

ภาพที่ 4.1 ตัวเค้กที่รอการเติมหน้า

ภาพที่ 4.2 พนักงานดำเนินการเติมหน้าเค้กและเกลี่ยหน้าเค้กให้เรียบ

ภาพที่ 4.3 ท๊อฟฟี่เค้กที่ผ่านการเติมหน้าแล้ว

ภาพที่ 4.4 ท๊อฟฟี่เค้กที่ผ่านการเติมหน้าแล้วเข้าเตาอบแล้ว

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

พารามิเตอร์	ปริมาณ	หน่วย
กระบวนการทำท๊อฟฟี่เค้ก		
สารขาเข้า		
แป้งสาลี	31.25	กรัม
เนยสดชนิดเค็ม	18.75	กรัม
น้ำตาลทรายขาว	12.50	กรัม
ไข่ไก่	25.00	กรัม
โกโก้ผง	2.50	กรัม
ผงฟู	1.25	กรัม
ผงกาแฟ	2.50	กรัม
นมข้นจืด	6.25	กรัม
เม็ดมะม่วงหิมพานต์	25.00	กรัม
พลังงานไฟฟ้า	123.09	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
สารขาออก		
ท๊อฟฟี่เค้ก	125.00	กรัม
Oxygen (O_2)	22.446	เปอร์เซ็นต์
Carbon dioxide (CO_2)	0.5532	มิลลิกรัม
Nitrogen Oxide (NOx)	0.00	มิลลิกรัม
Sulfur dioxide (SO_2)	0.0154	มิลลิกรัม
ความร้อนที่มาจากการใช้เชื้อเพลิง LPG	123.090	จูล
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	0.139	มิลลิกรัม
Chemical Oxygen Demand (COD)	0.348	มิลลิกรัม
Suspended Solide (SS)	0.042	มิลลิกรัม
Oil& Grease	0.045	มิลลิกรัม
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	0.00952	มิลลิกรัม
Sulfide as Hydrogen Sulfide (H_2S)	4.8	มิลลิกรัม

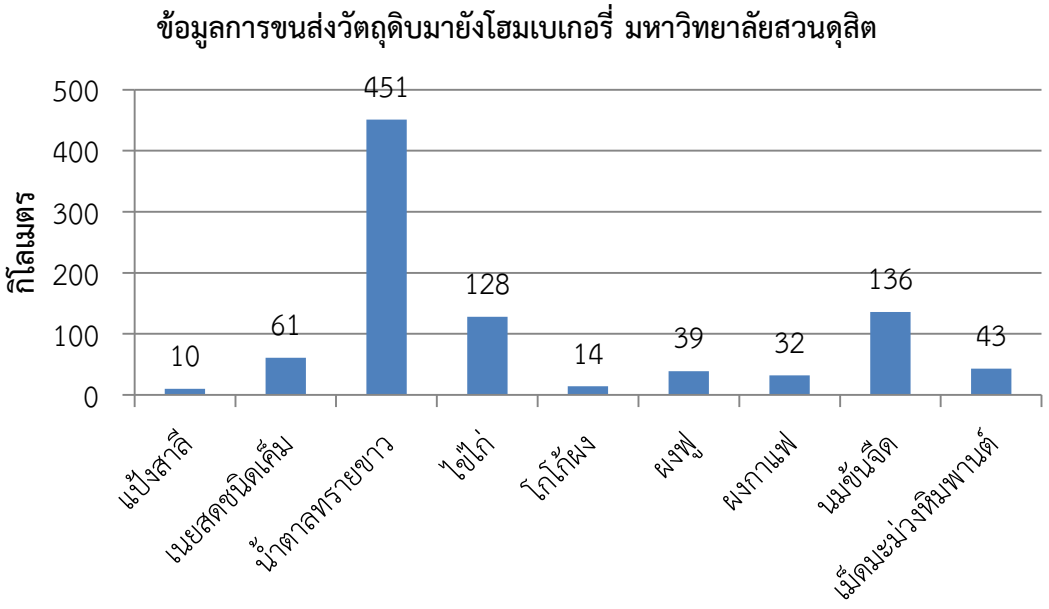
การผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่าต้องใช้วัตถุดิบทั้งหมด 9 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยในกระบวนการผลิตใช้พลังงานไฟฟ้า 123.09 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

4.1.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมขนส่งในทุกขั้นตอน

จากการศึกษาข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบจากโฮมเบเกอรี่ พบว่า การขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ ในบางชนิดจะเป็นการขนส่งจากบริษัทขายส่งและผู้ผลิตขนมปัง ขนมอบและเค้ก และบางชนิดจะถูกขนส่งจากบริษัทผู้ผลิตมายังโฮมเบเกอรี่โดยตรง

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ชนิดวัตถุดิบ	บริษัทผู้ผลิตมายังโฮมเบเกอรี่	
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ยานพาหนะ
แป้งสาลี	10	รถบรรทุก
เนยสดชนิดเค็ม	61	รถบรรทุก
น้ำตาลทรายขาว	451	รถบรรทุก
ไข่ไก่	128	รถบรรทุก
โกโก้ผง	14	รถบรรทุก
ผงฟู	39	รถบรรทุก
ผงกาแฟ	32	รถบรรทุก
นมข้นจืด	136	รถบรรทุก
เม็ดมะม่วงหิมพานต์	43	รถบรรทุก
รวม	914	รถบรรทุก



ภาพที่ 4.5 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จากภาพที่ 4.5 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่า การขนส่งน้ำตาลทรายขาวใช้ระยะทางขนส่งมากที่สุด คือ 451 กิโลเมตร รองลงมาคือ นมข้นจืด 139 กิโลเมตร และไข่ไก่ 128 กิโลเมตร ตามลำดับ

4.1.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์

จากการประเมินการใช้งาน พบว่า กิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีการใช้น้ำ น้ำยาล้างจาน และพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถพิจารณาได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์

พารามิเตอร์	ปริมาณ	หน่วย
พลังงานไฟฟ้า	1.608	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
น้ำ	40,000	ลิตร
น้ำยาล้างจาน	500	กรัม

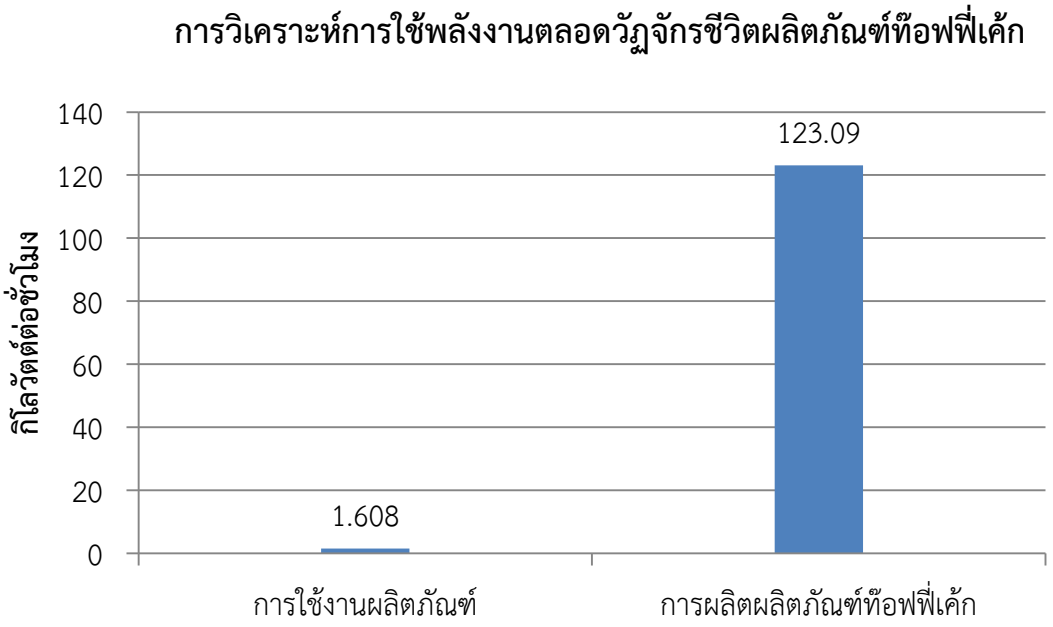
ภาพที่ 4.6 ถาดที่รอการล้างในห้องล้างถาด

4.1.6 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิตจำนวน 124.698 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดจำนวน 123.090 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาคือ การใช้งานผลิตภัณฑ์ จำนวน 1.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เนื่องมาจากในกระบวนการผลิตต้องใช้เตาอบ เครื่องตีเค้ก ซึ่งใช้พลังงานมาก สำหรับในกระบวนการใช้งานมีเพียงหลอดไฟและพัดลม เท่านั้น

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย
การใช้งานผลิตภัณฑ์	1.608	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
การผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	123.090	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
รวม	124.698	กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตมีการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด เม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพลังงานไฟฟ้า สำหรับกระบวนการใช้งาน พบข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า น้ำ และน้ำยาล้างจาน โดยกระบวนการทั้งหมด ทำให้เกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ และแหล่งน้ำ ได้แก่ Carbon dioxide (CO_2) 0.5532 มิลลิกรัม Sulfur dioxide (SO_2) 0.0154 มิลลิกรัม ความร้อนที่มาจากการใช้เชื้อเพลิง LPG 123.090 จูล Biochemical Oxygen Demand (BOD) 0.139 มิลลิกรัม Chemical Oxygen Demand (COD) 0.348 มิลลิกรัม Suspended Solide (SS) 0.042 มิลลิกรัม Oil& Grease 0.045 มิลลิกรัม Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) 0.00952 มิลลิกรัม และ Sulfide as Hydrogen Sulfide (H_2S) 4.8 มิลลิกรัม เมื่อพิจารณาพบว่ากระบวนการผลิต จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ สำหรับกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ

4.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

การทำบัญชีรายการในหัวข้อที่ผ่านมา เป็นการรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการต่าง ๆ ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบ ซึ่งทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์มีการใช้ทรัพยากร และปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณเท่าใด การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไปคือการตีความหรือแปลงค่าข้อมูลที่รวบรวมได้ให้อยู่ในรูปของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) เพื่อนำไปแปลผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมต่อไป โดยสามารถแบ่งกลุ่มประเภทผลกระทบได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

- ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (Damage to Human Health)
- ผลกระทบต่อระบบนิเวศ (Damage to Ecosystem Quality)

สำหรับการพิจารณาถึงผลกระทบของกลุ่มใด ที่มีความสำคัญ หรือมีความรุนแรงมากที่สุด เนื่องจากกลุ่มของผลกระทบทั้งหมดนั้นจัดเป็นผลกระทบปลายทาง (Endpoint Category) ที่แสดงผลกระทบได้ชัดเจน อีกทั้งบุคคลทั่ว ๆ ไปสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากที่สุดอีกด้วย

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ซึ่งจะมีการนำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมได้มาทำการประเมินค่าผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการประเมินค่าผลกระทบจะทำการประเมินออกมาในรูปของค่าผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

4.2.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ในการที่จะสามารถได้วัตถุดิบต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กนั้น วัตถุดิบต่าง ๆ ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วทั้งสิ้น และกระบวนการแปรรูปนั้นมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ จะเห็นได้ว่าการได้มาซึ่งวัตถุดิบในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ที่เกิดจากกระบวนการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้ง 9 ชนิด รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 914 กิโลเมตร เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์

4.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

กระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีการนำพลังงานต่าง ๆ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยในด้านของความสะดวก และรวดเร็วในการผลิต นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กยังปล่อยมลสารต่าง ๆ ออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งพลังงานที่ใช้ และมลสารต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่พบในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า มีค่าสูงถึง 0.5532 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเมื่อรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เข้าไปในร่างกายมากเกินไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรวมตัวกับเฮโมโกลบินได้ในสภาวะปกติ ดังนั้น ร่างกายของผู้ที่ปฏิบัติงานอาจจะเกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ เพราะว่าสมองได้รับออกซิเจนเข้าไปน้อยกว่าสภาวะปกติ

4.2.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ในส่วนนี้การขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการขายหน้าร้าน และสถานที่ผลิตกับหน้าร้านโฮมเบเกอรี่อยู่ติดกัน จากสาเหตุดังกล่าวจึงไม่มีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

4.2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กจะประกอบไปด้วย 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กล้วนแต่มีส่วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้าน และในแต่ละช่วงจะมีส่วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก หรือน้อยก็มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยในตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ ส่วนสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านอื่น ๆ มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

4.2.5 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละประเภท

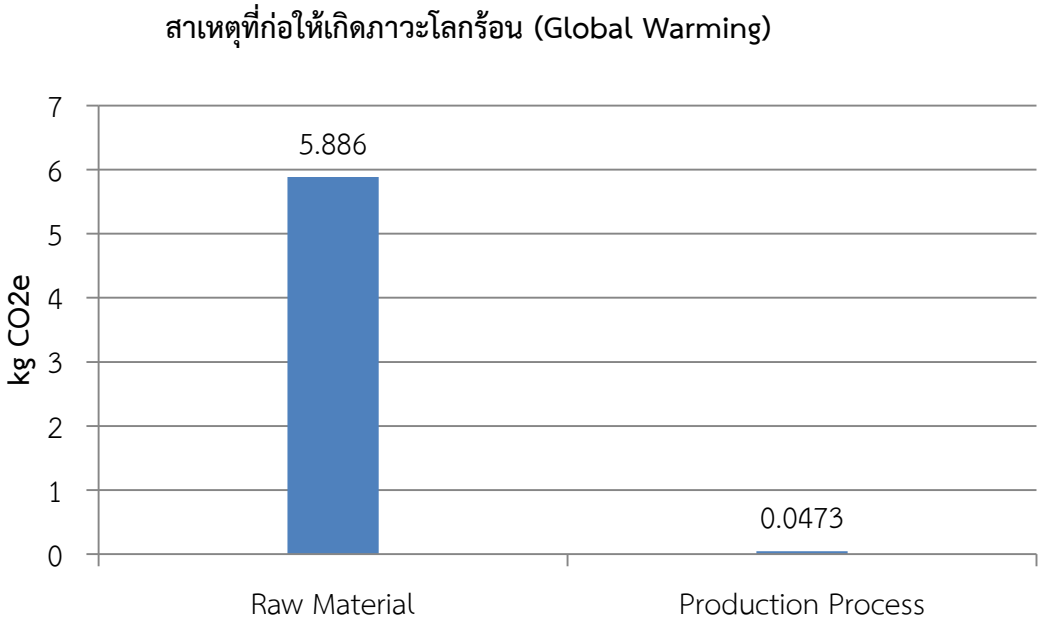
4.2.5.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อนส่งผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิของชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก และสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดก็คือการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มาจากการเผาไหม้ของยานพาหนะและการเพราะปลูกพืช ซึ่งตลอดในวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีสัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) แสดงดังในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)

Impact Category	Unit	Total
Raw Material	kg CO_2e	5.8860
Production Process	kg CO_2e	0.0473

จากตารางที่ 4.9 พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) มากที่สุดคือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) มีค่า 99.20% ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบรองลงมาคือ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 0.80% ตามลำดับ โดยศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาจากปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์



ภาพที่ 4.8 สัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

4.2.5.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification)

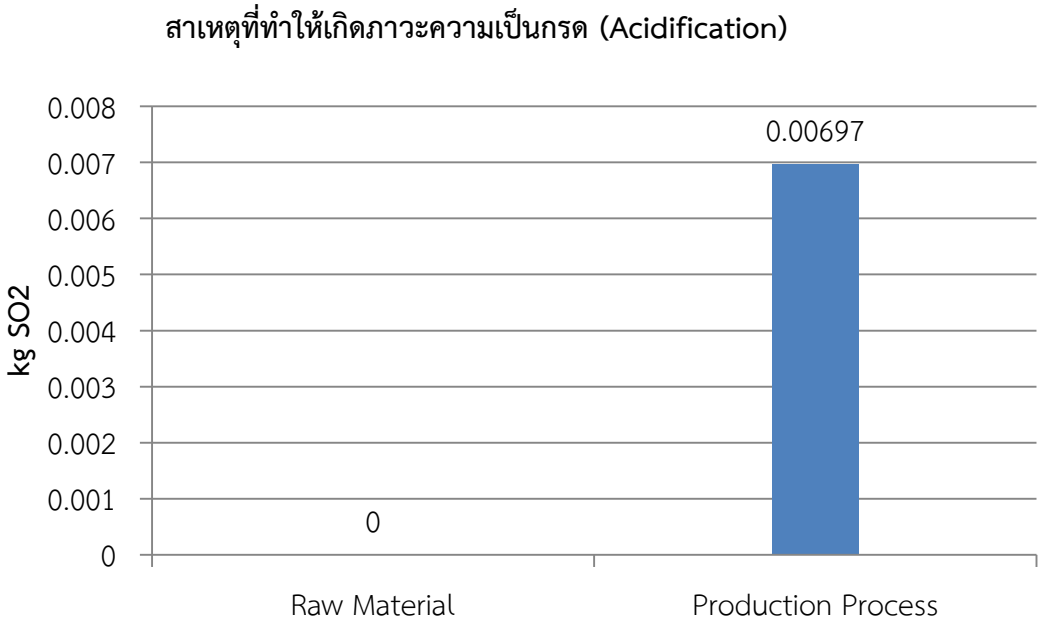
การเกิดภาวะฝนกรดจะเริ่มโดยการที่มีการพัดพากรดที่มาจากการปล่อยเอ็นโทรโพจีนิค 3 สิ่งหลัก ๆ ออกมาทำให้เกิดการสกปรก ซึ่งเอ็นโทรโพจีนิคทั้ง 3 สิ่งจะประกอบด้วย กรดกำมะถัน (SO_2) ก๊าซไนโตรเจน (NO_2) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยที่การพัดพากรดนี้มีผลกระทบในด้านลบซึ่งมีผลต่อแหล่งน้ำ ป่าไม้และพื้นดินอีกทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์สำหรับใช้ในการผลิตพลังงาน และการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถที่ใช้สำหรับในการขนส่งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบต่อการเกิดภาวะฝนกรดอย่างมาก ซึ่งตลอดวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีสัดส่วนวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification) แสดงดังในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification)

Impact Category	Unit	Total
Raw Material	kg SO_2	-
Production Process	kg SO_2	0.0154

จากตารางที่ 4.10 พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า

100.00% โดยที่ภาวะความเป็นกรดเป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการเปิดฝนที่มีสภาวะการเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์และแอมโมเนีย



ภาพที่ 4.9 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด

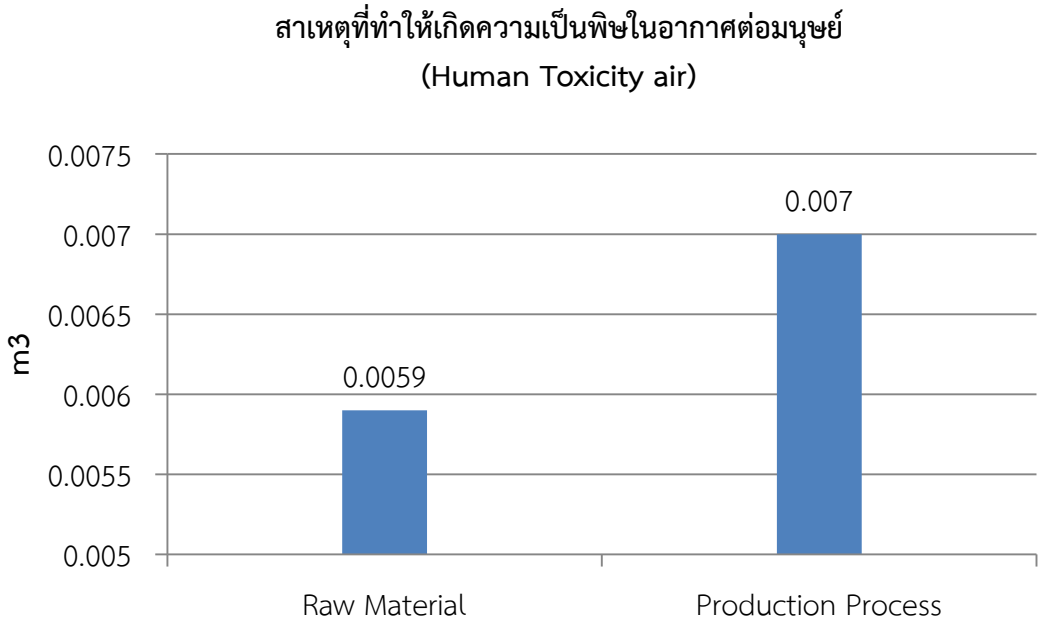
4.2.5.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air)

อากาศที่เป็นพิษเป็นสภาพอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ และถ้าสารเจือปนนี้สะสมอยู่ในอากาศปริมาณมาก ๆ เป็นเวลานาน ๆ เช่นฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหวไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติ อากาศเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เป็นต้น จะทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และพืชผลต่าง ๆ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ที่มีสภาพอากาศที่มีสารเจือปนเหล่านั้นด้วย ซึ่งตลอดวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีสัดส่วนวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air) แสดงดังใน ตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air)

Impact Category	Unit	Total
Raw Material	m^3	0.0059
Production Process	m^3	0.0070

จากตารางที่ 4.11 พบว่าขั้นตอนทั้ง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) และการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) มีค่าส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air) มีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ มีค่า 54.26% และ 45.74% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงาน
อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์

4.2.5.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water)

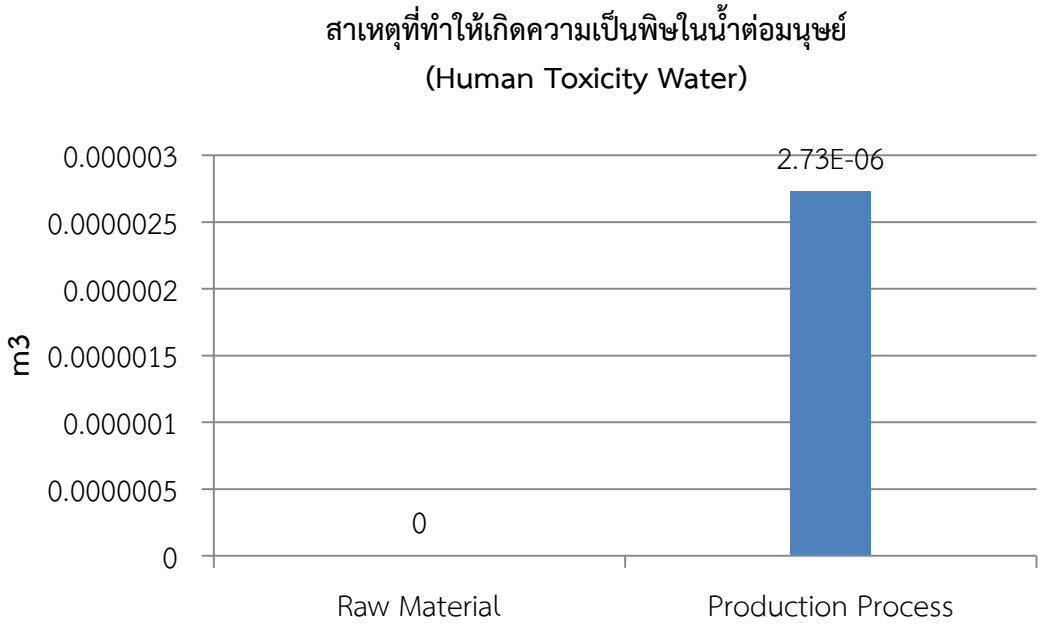
จากการที่ภาวะน้ำที่เสื่อมคุณภาพ หรือมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาตินี้ จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต อีกทั้งยังหมายถึง การที่น้ำมีการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษในปริมาณที่ให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง ซึ่งจะส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และระบบนิเวศ รวมทั้งเกิดผลเสียหายต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม ซึ่งตลอดวัฏจักรของ

การผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีสัดส่วนวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water) แสดงดังใน ตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water)

Impact Category	Unit	Total
Raw Material	m^3	-
Production Process	m^3	2.73053E-06

จากตารางที่ 4.12 พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือ คือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 100.00%



ภาพที่ 4.11 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์

4.2.5.5 สาเหตุที่ทำให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า (Slags-Ashes)

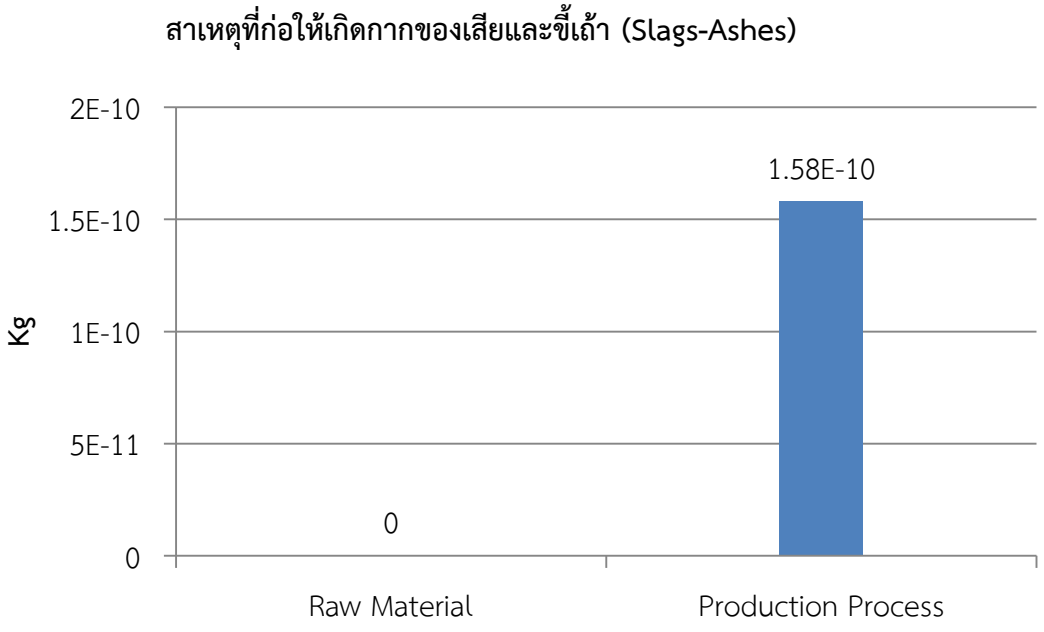
การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณ และจำนวนชนิดของของเสีย ตลอดจนการกระจัดกระจายของของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่เศรษฐกิจเกิดขยายตัว การพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีที่มีเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ต้องหาวิธี ที่จะต้องกำจัดกากของของเสียต่าง ๆ เหล่านั้นให้หมดไป ซึ่งการกำจัดกากของของเสียนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การฝังกลบ การเผา เป็นต้น ซึ่งตลอดในวัฏจักรของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

มีสัดส่วนของวัตถุดิบ และพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ ก่อให้เกิดกากของเสีย และขี้เถ้า (Slags-Ashes) แสดงดังในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า (Slags-Ashes)

Impact Category	Unit	Total
Raw Material	Kg	-
Production Process	Kg	1.5789E-10

จากตารางที่ 4.13 พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบ ที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า (Slags Ashes) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือ คือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 100.00%



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานอันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า

4.2.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ในการล้างกระบะผลิตภัณฑ์ 1 ครั้งต่อวัน โดยใช้น้ำยาล้างจาน และไม่มีการใช้การเป่าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าให้แห้ง แต่เป็นการใช้วิธีการผึ่งลมให้แห้งแทน พบว่า ผลกระทบศักยภาพทำให้โลกร้อน เกิดจากกระบวนการผลิตมากที่สุดเนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ขณะที่กลุ่มผลกระทบอื่น ๆ ได้แก่ ภาวะความเป็นกรด ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ ความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ และเกิดกากของเสียและขี้เถ้า

พบว่า ภาวะความเป็นกรด ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ และเกิดกากของเสียและขี้เถ้าเกิดจากกระบวนการผลิตมากที่สุด สำหรับความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ เกิดจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ท๊อฟฟี่เค้ก ในการล้างกระบะผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ตารางที่ 4.14 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

Impact Category	Unit	Total
สาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน	kg CO_2e	0.0214
สาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด	kg SO_2	0.0123
สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์	m^3	0.0037
สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์	m^3	3.24879E-05

4.2.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก และการขนส่ง

การกำจัดของเสียหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์ ประเมินจากการทิ้งลงสู่ถังขยะและนำไปกำจัดโดยกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดให้ของเสียที่เกิดหลังจากการบริโภค คือ ภาชนะบรรจุเท่านั้น และการกำจัดของเสีย ทำโดยการฝังกลบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการขนส่ง ที่ใช้การขนส่งของเสียไปยังจุดฝังกลบ คือ โรงกำจัดมูลฝอย อ่อนนุช การขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 10 ตัน ระยะทางการขนส่ง 56 กิโลเมตร (ไปกลับ)

ซากภาชนะบรรจุสินค้าหลังบริโภคผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก คือ กล่องใส่ผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาดบรรจุ 20 ชิ้น โดยเป็นกล่องกระดาษ food grade น้ำหนัก 125 กรัม สำหรับน้ำหนักจริงของซากภาชนะบรรจุหลังจากบริโภคอยู่ที่ 130 กรัมโดยประมาณ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาคำนวณช่วงหลังการใช้งาน (Final disposal) คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ได้ดังนี้

จากสูตร

$$E_{EoL} = \sum [(1-R_{R,i}) \times E_{d,I}]+ E_{tW}$$

E_{EoL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการจัดการซากผลิตภัณฑ์

$R_{R,i}$ = อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i

$E_{d,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i

E_{tW} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งซากผลิตภัณฑ์

$$E_{EoL} = \sum [(1-0.59) \times 2.93]+ 0.44$$

E_{EoL} = 1.6 kg CO_2e

ตารางที่ 4.15 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก

Impact Category	Unit	Total	%
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	kg CO_2e	5.8860	77.49
กระบวนการผลิต	kg CO_2e	0.0473	0.62
การใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก	kg CO_2e	0.0214	0.28
การกำจัดซากผลิตภัณฑ์	kg CO_2e	1.6413	21.61
รวม		**7.5960**	**100.00**

จากตารางที่ 4.15 พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่า 77.49% ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบรองลงมาคือ ขั้นตอนของการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ มีค่า 21.61% กระบวนการผลิต มีค่า 0.62% และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก 0.28% ตามลำดับ

4.3 แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต บ่งชี้ว่า กระบวนการผลิต เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน สาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์สูงสุด ในขณะที่สาเหตุที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ บ่งชี้ว่ากระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบสูงสุด โดยแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีประเด็นปัญหามาจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนอันเป็นผลมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ควรมีการบำรุงรักษาเตาอบให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่เสมอ และเมื่อถึงเวลาการปรับเปลี่ยนเตาอบ หากเตาอบหมดสภาพการใช้งาน ควรมีการพิจารณาเลือกใช้เตาอบที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น

กระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ในด้านของการล้างกระบะผลิตภัณฑ์ มีประเด็นปัญหาหลักมาจากการทิ้งน้ำทิ้งจากการล้างที่มีการใช้น้ำยาล้างจาน แนวทางการแก้ปัญหาคือ ควรมีการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ล้างจานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือมีการพัฒนาด้วยการผลิตน้ำยาล้างจานจากวัสดุธรรมชาติไว้ใช้เอง นอกจากนี้ควรมีการคำนวณอัตราส่วนน้ำต่อน้ำยาล้างจานที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ แต่ทั้งนี้ทางโฮมเบเกอรี่ได้มีการจัดการที่ดีในด้านของการจัดทำบ่อดักไขมันก่อน หลังจากล้างกระบะผลิตภัณฑ์เสร็จน้ำที่ใช้แล้วจะผ่านบ่อดักไขมัน

ภาพที่ 4.13 ห้องบ่อดักไขมันของโฮมเบเกอรี่

สำหรับการบริหารจัดการในภาพรวมคณะผู้วิจัยเห็นว่าการดำเนินงานต่าง ๆ ของโฮมเบเกอรี่ดำเนินงานไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลพบว่ามีการแบ่งแยกห้องที่ใช้ในการผลิตอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นห้องทำตัวเค้ก ห้องทำหน้าเค้ก ห้องบรรจุ และห้องล้างกระบะวัตถุดิบ และนอกจากนี้ยังมีระบบการควบคุมสต๊อกวัตถุดิบอย่างดีเพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบระหว่างกระบวนการผลิต ด้วยการทำเครื่องหมายบ่งชี้จำนวนของวัตถุดิบโดยแบ่งเป็น 3 สี สีเขียวคืออยู่ในช่วงปลอดภัย สีเหลืองช่วงเฝ้าระวัง และสีแดงคือ ช่วงวิกฤตต้องซื้อวัตถุดิบมาเติม และจะมีการติดป้ายบ่งชี้ชนิดของวัตถุดิบเพื่อความสะดวก

ภาพที่ 4.14 การแบ่งแยกห้องในกระบวนการผลิตท๊อฟฟี่เค้ก

ภาพที่ 4.15 ระบบการควบคุมสต๊อกวัตถุดิบ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นวิธีที่มุ่งเน้นการประเมินผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต อีกทั้งยังสามารถระบุสิ่งที่ควรปรับปรุงในกระบวนการผลิต การการเลือกใช้วัตถุดิบ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ รวมถึงยังเป็นการลดของเสียที่ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ พบว่า การขนส่งวัตถุดิบมายัง โฮมเบเกอรี่ ในบางชนิดจะเป็นการขนส่งจากบริษัทขายส่งและผู้ผลิตขนมปัง ขนมอบและเค้ก และบางชนิดจะถูกขนส่งจากบริษัทผู้ผลิตมายังโฮมเบเกอรี่โดยตรง สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ประกอบด้วย แป้งสาลีตราพัดโบก จัดซื้อมาจากบริษัท ยู เอฟ เอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด เนยสดชนิดเค็ม บริษัท มะลิกรุ๊ป 2012 จำกัด น้ำตาลทรายขาว จัดซื้อมาจากบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด ไข่ไก่ จัดซื้อมาจากห้างหุ้นส่วนจำกัด สงวนฟาร์ม โกโก้ผง จัดซื้อมาจากบริษัท ซีโนแปซิฟิก เทรนดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด ผงฟู จัดซื้อมาจากบริษัทยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ผงกาแฟ จัดซื้อมาจากบริษัท เนสท์เล่ (ไทย) จำกัด นมข้นจืด จัดซื้อมาจากบริษัท เอฟแอนด์แอ็นแดรี่ส์ (ประเทศไทย) จำกัด และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ จัดซื้อมาจากห้างหุ้นส่วนจำกัด มั่นคง คอมโมดิตี้ จากการศึกษาข้อมูลการขนส่ง พบว่า การขนส่งน้ำตาลทรายขาวใช้ระยะทางขนส่งมากที่สุด คือ 451 กิโลเมตร รองลงมาคือ นมข้นจืด 139 กิโลเมตร และไข่ไก่ 128 กิโลเมตร ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลในส่วนของตัวผลิตภัณฑ์นั้น พบว่า ผลจากการคำนวณการปันส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมการผลิตท๊อฟฟี่เค้กเพื่อให้ได้ท๊อฟฟี่เค้ก ในส่วนของตัวเค้กมีสัดส่วนในการเกิดผลกระทบคิดเป็น 70% (87.5 กรัม) ขณะที่ส่วนของหน้าเค้กมีสัดส่วนในการเกิดผลกระทบคิดเป็น 30% (27.5 กรัม) โดยประมาณ บวกลบไม่เกิน 5 กรัม และเมื่อพิจารณาถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่าต้องใช้วัตถุดิบทั้งหมด 9 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยในกระบวนการผลิตใช้พลังงานไฟฟ้า 123.09 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และเมื่อประเมินการใช้งาน พบว่า กิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กมีการใช้น้ำ 40,000 ลิตร น้ำยาล้างจาน 500 กรัม และพลังงานไฟฟ้า 1.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต จำนวน 124.698 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด จำนวน 123.090 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาคือ การใช้งานผลิตภัณฑ์ จำนวน 1.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เนื่องมาจาก

ในกระบวนการผลิตต้องใช้เตาอบ เครื่องตีเค้ก ซึ่งใช้พลังงานมาก สำหรับในกระบวนการใช้งานมีเพียงหลอดไฟและพัดลม เท่านั้น

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตมีการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด เม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพลังงานไฟฟ้า สำหรับกระบวนการใช้งานพบข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า น้ำ และน้ำยาล้างจาน โดยกระบวนการทั้งหมด ทำให้เกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ และแหล่งน้ำ ได้แก่ Carbon dioxide (CO_2) 0.5532 มิลลิกรัม Sulfur dioxide (SO_2) 0.0154 มิลลิกรัม ความร้อนที่มาจากการใช้เชื้อเพลิง LPG 123.090 จูล Biochemical Oxygen Demand (BOD) 0.139 มิลลิกรัม Chemical Oxygen Demand (COD) 0.348 มิลลิกรัม Suspended Solide (SS) 0.042 มิลลิกรัม Oil& Grease 0.045 มิลลิกรัม Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) 0.00952 มิลลิกรัม และ Sulfide as Hydrogen Sulfide (H_2S) 4.8 มิลลิกรัม เมื่อพิจารณาพบว่ากระบวนการผลิต จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ สำหรับกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ

จากการทำบัญชีรายการ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการต่าง ๆ ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบ ซึ่งทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์มีการใช้ทรัพยากร และปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณเท่าใด การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไปคือการตีความหรือแปลงค่าข้อมูลที่รวบรวมได้ให้อยู่ในรูปของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) เพื่อนำไปแปลผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ซึ่งจะมีการนำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมได้มาทำการประเมินค่าผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการประเมินค่าผลกระทบจะทำการประเมินออกมาในรูปของค่าผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ในการที่จะสามารถได้วัตถุดิบต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กนั้น วัตถุดิบต่าง ๆ ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วทั้งสิ้น และกระบวนการแปรรูปนั้นมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ จะเห็นได้ว่าการได้มาซึ่งวัตถุดิบในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ที่เกิดจากกระบวนการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้ง 9 ชนิด รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 914 กิโลเมตร เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์

ในขณะที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีการนำพลังงานต่าง ๆ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยในด้านของความสะดวก และรวดเร็วในการผลิต นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กยังปล่อยมลสารต่าง ๆ ออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งพลังงานที่ใช้ และมลสารต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่พบในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า มีค่าสูงถึง 0.5532 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเมื่อรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เข้าไปในร่างกายมากเกินไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถ

รวมตัวกับเฮโมโกลบินได้ในสภาวะปกติ ดังนั้น ร่างกายของผู้ที่ปฏิบัติงานอาจจะเกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ เพราะว่าสมองได้รับออกซิเจนเข้าไปน้อยกว่าสภาวะปกติ สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ในส่วนนี้การขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการขายหน้าร้าน และสถานที่ผลิตกับหน้าร้านโฮมเบเกอรี่อยู่ติดกัน จากสาเหตุดังกล่าวจึงไม่มีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กนั้น ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กจะประกอบไปด้วย 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กล้วนแต่มีส่วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้าน และในแต่ละช่วงจะมีส่วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากหรือน้อยก็มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก โดยในตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ ส่วนสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านอื่น ๆ มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

และหากพิจารณาถึงสัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละประเภท พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) มากที่สุดคือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) มีค่า 99.20% ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบรองลงมาคือ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 0.80% ตามลำดับ โดยศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาจากปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอนไนตรัสออกไซด์ สำหรับขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือ คือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 100.00% โดยที่ภาวะความเป็นกรดเป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการเปิดฝนที่มีสภาวะการเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์และแอมโมเนีย และขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) และการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) มีค่าส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ (Human Toxicity air) มีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ มีค่า 54.26% และ 45.74% ตามลำดับ รวมถึงขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity Water) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 100.00% ตลอดจนขั้นตอนที่ส่งผลกระทบ ที่ก่อให้เกิดกากของเสียและขี้เถ้า(Slags Ashes) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) มีค่า 100.00%

จากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ในการล้างกระบะผลิตภัณฑ์ 1 ครั้งต่อวัน โดยใช้น้ำยาล้างจาน และไม่มีการใช้การเป่าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าให้แห้ง แต่เป็นการใช้วิธีการผึ่งลมให้แห้งแทน พบว่า ผลกระทบศักยภาพทำให้โลกร้อนเกิดจากกระบวนการผลิตมากที่สุดเนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ขณะที่กลุ่มผลกระทบอื่น ๆ ได้แก่ ภาวะความเป็นกรด ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ ความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์

และเกิดกากของเสียและขี้เถ้า พบว่า ภาวะความเป็นกรด ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์ และเกิดกากของเสียและขี้เถ้า เกิดจากกระบวนการผลิตมากที่สุด สำหรับความเป็นพิษในน้ำต่อมนุษย์ เกิดจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ในการล้างกระบะผลิตภัณฑ์มากที่สุด ในขณะที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก และการขนส่งจากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานพบว่าปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.6 $kgCO_2e$ จากการพิจารณาสัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละประเภท พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) มากที่สุดคือขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่า 77.49% ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบรองลงมาคือ ขั้นตอนของการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ มีค่า 21.61% กระบวนการผลิต มีค่า 0.62% และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก 0.28% ตามลำดับ สำหรับในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูง ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรมีการคัดเลือกผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่อยู่ไม่ไกลจากสถานที่ผลิตมากนัก เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง อันนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม ของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตมีการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต ได้แก่ แป้งสาลี เนยสดชนิดเค็ม น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ โกโก้ผง ผงฟู ผงกาแฟ นมข้นจืด เม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพลังงานไฟฟ้า สำหรับกระบวนการใช้งาน พบข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า น้ำ และน้ำยาล้างจาน โดยกระบวนการทั้งหมด ทำให้เกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ และแหล่งน้ำ เมื่อพิจารณาพบว่ากระบวนการผลิต จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่อากาศ สำหรับกิจกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ จะส่งผลกระทบต่อการเกิดสารมลพิษปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก กระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก มีการนำพลังงานต่าง ๆ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อช่วยในด้านของความสะดวก และรวดเร็วในการผลิต นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กยังปล่อย มลสารต่าง ๆ ออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งพลังงานที่ใช้ และมลสารต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่พบในช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า มีค่าสูงถึง 0.5532 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเมื่อรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เข้าไปในร่างกายมากเกินไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรวมตัวกับเฮโมโกลบินได้ในสภาวะปกติ ดังนั้น ร่างกายของผู้ที่ปฏิบัติงานอาจจะเกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ เพราะว่าสมองได้รับออกซิเจนเข้าไปน้อยกว่าสภาวะปกติ สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก พบว่า ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก ในส่วนนี้การขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กของโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการขายหน้าร้าน และสถานที่ผลิตกับหน้าร้านโฮมเบเกอรี่อยู่ติดกัน จากสาเหตุดังกล่าวจึงไม่มีส่วนในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการขนส่งผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กนั้นตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กจะประกอบไปด้วย ช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ช่วงของการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก และช่วงการใช้งาน โดยในแต่ละช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กล้วนแต่มีส่วนส่งผลกระทบต่อส่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้าน สำหรับกระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ในด้านของการล้างกระบะผลิตภัณฑ์ ควรมีการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ล้างจานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือมีการพัฒนาด้วยการผลิตน้ำยาล้างจานจากวัสดุธรรมชาติไว้ใช้เอง เพื่อไม่ให้เป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไขมันที่มีค่อนข้างเยอะ ดังนั้นในขั้นตอนก่อนล้างน้ำควรมีการใช้ผ้าหนา ๆ เช็ดคราบไขมันที่ยังอยู่ออกให้หมด แล้วจึงค่อยล้างออกตามปกติ ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของกันต์กนิษฐ์ อรุณพานิช (2553) ได้ประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ขนมปังปอนด์ในอุตสาหกรรมขนมอบ พบว่า วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ขนมปังปอนด์ช่วงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ ช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ตามด้วยช่วงการผลิต ส่วนช่วงชีวิตที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดคือ ช่วงการขนส่ง โดยได้เสนอแนะแนวทางปรับปรุงแก้ไขคือ ช่วงการผลิตให้เปลี่ยนบรรจุภัณฑ์มาใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น ถุงพลาสติกย่อยสลาย

และหากพิจารณาถึงสัดส่วนของวัตถุดิบและพลังงานที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละประเภท พบว่าขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) มากที่สุดคือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) รองลงมาคือ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) โดยศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน สำหรับขั้นตอนที่ส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification) พบว่า มี 1 กระบวนการ คือ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) โดยที่ภาวะความเป็นกรดเป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการเกิดฝนที่มีสภาวะการเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์และแอมโมเนีย และขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Production Process) และการขนส่งจากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานพบว่าปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1.6 $kgCO_2e$ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Michael Bimpeh และคณะ (2006) ได้ศึกษาการประเมินวงจร (LCA) การผลิตขนมปัง พบว่า การผลิตขนมปังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ระดับอากาศบริสุทธิ์ลดลง ปรากฏการณ์ Eutrophication เป็นพิษกับมนุษย์และเกิดภาวะความเป็นกรด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากการพิจารณาในกระบวนการผลิตและกระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์พบว่ากระบวนการใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่ากระบวนการผลิตและการได้มาซึ่งวัตถุดิบมาก ส่วนหนึ่งมาจากไม่มีการใช้เครื่องจักร และในระบบของการทำห้องล้างกระบะมีการใช้แสงจากธรรมชาติช่วยจึงทำให้ประหยัดพลังงาน อีกทั้งในกระบวนการผลิตยังมีการใช้เตาอบซึ่งเตาที่ใช้มีอายุการใช้งานที่นานทำให้ในบางจุดมีการเสื่อมสภาพไป ควรมีการบำรุงรักษาเตาอบให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่เสมอ

และเมื่อถึงเวลาการปรับเปลี่ยนเตาอบ หากเตาอบหมดสภาพการใช้งาน ควรมีการพิจารณาเลือกใช้เตาอบที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น

สำหรับกระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ในด้านของการล้างกระบะผลิตภัณฑ์ ควรมีการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ล้างจานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือมีการพัฒนาด้วยการผลิตน้ำยาล้างจานจากวัสดุธรรมชาติไว้ใช้เอง เพื่อไม่ให้เป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไขมันที่มีค่อนข้างเยอะ ดังนั้นในขั้นตอนก่อนล้างน้ำ ควรมีการใช้ผ้าหนา ๆ เช็ดคราบไขมันที่ยังอยู่ออกให้หมด แล้วจึงค่อยล้างออกตามปกติ

สำหรับในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในผลิตผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้ก (Raw Material) พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูง ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรมีการคัดเลือกผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่อยู่ไม่ไกลจากสถานที่ผลิตมากนัก เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง อันนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) นี้เป็นเพียงการประเมินผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กขนาด 20 ชิ้น ต่อหนึ่งกล่อง น้ำหนัก 125 กรัม ของโฮมเบเกอรี่เท่านั้น ซึ่งถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ท๊อฟฟี่เค้กจะเป็นผลิตภัณฑ์ยอดนิยมของโฮมเบเกอรี่ แต่ในพื้นที่ผลิตเดียวกันยังมีผลิตภัณฑ์อีกหลายตัวที่เป็นเบเกอรี่ ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) กับเบเกอรี่ชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เพื่อจะได้หาแนวทางในการพัฒนาหรือการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโฮมเบเกอรี่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). *ชุดยุทธศาสตร์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการ*. กรุงเทพฯ : กรมควบคุมมลพิษ.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2556). *อิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการ.กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กันต์กนิษฐ์ อรุณพานิช. (2553). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ขนมปังปอนด์ในอุตสาหกรรมขนมอบ*. การค้นคว้าด้วยตนเอง หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กฤษกร เจียมจำรัสศิลป และคณะ. (2557). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง*. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด (2548). *กรณีศึกษาเรื่อง การเตรียมฐานข้อมูลเพื่อการออกแบบเชิงนิเวศฐานเศรษฐกิจ ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตโรตารี่คอมเพรสเซอร์ (เอกสารประกอบการสัมมนา)*. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2555). *ข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดการเป็น “เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ”*. กรุงเทพฯ : การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

จันจิรา หะยียามา. (2547). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้วัสดุทดแทนพีวีซี. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมความปลอดภัย)*. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

จิตรลดา โกสินทรานนท์. (2549). *แนวทางการเลือกซื้อสินค้าอุปโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. โครงงานศึกษาทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เจิด สุวรรณรัตน์. (2551). *ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม*. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2559. จาก http://tccnature.wordpress.com/2008/01/07/ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม.

ชนาทิป อ่อนหวาน. (2553). *ความรู้ความเข้าใจและทัศนคติที่มีผลต่อแนวโน้มพฤติกรรมการซื้อสินค้าที่มีฉลากคาร์บอนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร*. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชลิตา สุวรรณ. (2554). การประเมินวัฏจักรชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 21*(2). น. 463-471

ดารณี เจริญสุข. (8 เมษายน 2552). *คาร์บอนเครดิต/ฉลากคาร์บอน/คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ช่วยลดภาวะโลกร้อน*. ผู้จัดการออนไลน์.

เทียนไชย จงพีร์เพียร. (2553). *ทำไมต้องกระจายชนิดเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า(ตอนที่ 1)*. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2553, จากhttp://www.eppo.go.th/Thaienergynews/Energy_blog/showdetailblog.aspx?ObjectID=53.

ธนัท ชัยสุขโกศล. (2551). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วน Header Assembly ในเครื่องปรับอากาศ*. สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.ถ่ายเอกสาร.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2551). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม. (2555). *วอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรรัตน์ รอดประเสริฐ. (2548). *การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). ขอนแก่น :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.ถ่ายเอกสาร.

ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์ และปุณณมี สัจจกมล (2558). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี*. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์.

ปริญญ์ บุญกนิษฐ อรรคเจตต์ อภิขจรศิลป์และเก่งพล อรรถกร (2549). *การปรับปรุงผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจในระดับแนวคิดด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์อย่างง่ายกรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตบัลลาสอิเล็กทรอนิกส์*. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 16 (4) ต.ค.-ธ.ค. 2549.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. (2552). *ข้อมูล Home Bakery โครงการอาหารกลางวัน 2 สืบค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2557*. จากhttp://www.dusit.ac.th.

รมณี วังเมือง. (2555). *การศึกษาปริมาณการใช้น้ำโดยวิธีร่องรอยการใช้น้ำและการประเมินวัฏจักรชีวิต กรณีศึกษาแป้งข้าว*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง. (2552). *คาร์บอนฟุตพริ้นต์และฉลากคาร์บอนช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างไร*. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา ลาวัณย์ทักษิณ . (2549). *การขับเคลื่อนเพื่อนวัตกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมศูนย์เทคโนโลยีแห่งชาติและวัสดุแห่งชาติ*. คู่มือก้าวแรกต้องเข้าใจกฎระเบียบอย่างถ่องแท้ RoHs Compliance. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีแห่งชาติและวัสดุแห่งชาติ.

วราพร พันธุ์จันทร์ดี และ ปุณณมี สัจจกมล. (2556). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของมะม่วงและมังคุดในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2546). *การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม (คู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์)*. กรุงเทพฯ: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554. *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ห้า พ.ศ. 2525-2529*.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2556). *อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมยานยนต์. การประชุมเชิงปฏิบัติการและการดูงาน*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2555). *มติคณะรัฐมนตรี*. 26 พฤษภาคม 2555, ค้นเมื่อ 28 กุมภา 2557 จาก http://www.ereport.energy.go.th/cabinet.html.

สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์. (2548). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). กรุงเทพ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรื่องกระจก (องค์การมหาชน). (2558). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรื่องกระจก.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

A Little Catz's Weblog. (2008). *Toffee Cake*. ค้นเมื่อ 26 January 2017. จาก https://alittlecatz. wordpress.com\

Heeres, R. R. (2004). Eco-Industrial Park Initiatives in the USA and the Netherlands: First Lessons. *Journal of Cleaner Production. 12*: 985–995. Retrieved October 13 2013 from Science Direct.

Henrik, W., Michael, H & Leo, A. (1997). *Environmental Assessment of Products. Vol*, 1: Methodology.

Liwarska-Bizukojc, E. 2008. The Conceptual Model of an Eco-Industrial Park Based Upon Ecological Relationships. *Journal of Cleaner Production. 17*: 732–741. Retrieved October 13, 2013 from Science Direct.

M. Asif, T. & et al. (2007). *Life Cycle Assessment : A Case Study of A Dwelling Home in Scotland*. Building and Environment, 2007, pp. 1391-1394

Michael, B., & et al., (2006). *Life Cycle Assessment (LCA) of the Production of Home made and Industrial Bread in Sweden*, 2006.

Namy, E., S. Heinz. & A. Adisa. (2011). The carbon footprint of bread. The International *Journal of Life Cycle Assessment 16*(4): 351-365

IPCC. (2007). Climate *change 2007 The Physical Science Basis*. The press syndicate of the University of Cambridge. Cambridge. First, 2001.

Thomas E. Graedel. (1998). Streamlined Life Cycle Assessment.*Published by Prentice-Hall, Inc.*

Thiriez & Gutowski. (2006). *Electrical energy requirements for manufacturing processes. In Proceedings of the 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering (pp. 623-627)*, Cambridge, MA.

United Nations Environment Programme Industry and Environment. (1996). *Life cycle assessment: What it is and how to do it.* United Nations Environment Programme Industry and Environment.

World Resource Institutes. (2002). *working 9 to 5 on Climate Change: An Office Guideline*. United State.

Yamane Taro. (1973). *Statistics an introduction analysis (2nded.).* New York: Harper & Row Publisher.

Zhuoying, Z., Y. Hong. and S. Minjun. (2011). *Analyses of water footprint of Beijing in an interregional input–output framework. Ecological Economics 70: 2494-2502*.

ภาคผนวก

กระบวนการ :		**แผ่นข้อมูลสิ่งแวดล้อม**	
แหล่งข้อมูล :		วันที่ : .....เดือน.....ปี.....	
สารขาเข้า(ข้อมูลต่อตันของผลิตภัณฑ์)		**สารขาออก**(ข้อมูลต่อตันของผลิตภัณฑ์)	
วัตถุดิบ	**ก.ก./ตัน**	**ผลิตภัณฑ์**	**ก.ก./ตัน**
วัตถุดิบจากธรรมชาติ		1.	.....
1.	.....	2.....	.....
2.	.....	3.	.....
3.	.....	4.....	.....
4.....	.....	**ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์**	**ก.ก./ตัน**
5.	.....	1.	.....
6.	.....	2.	.....
วัตถุดิบที่สั่งซื้อเข้า		3.	.....
1.	.....	4.	.....
2.	.....	**ของเสียประเภทของแข็ง**	**ก.ก./ตัน**
3.	.....	1.	.....
4.	.....	2.	.....
5.	.....	3.	.....
6.	.....	4.	.....
พลังงาน	**กิกะจูล/ตัน**	**ของเสียประเภทของเหลว**	**ก.ก./ตัน**
1.	.....	1.	.....
2.	.....	2.	.....
3.	.....	3.	.....
4.	.....	4.	.....
5.	.....	**สารขาออกด้านสิ่งแวดล้อม**	**ก.ก./ตัน**
6.	.....	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่อากาศ*	
การขนส่ง(เส้นทางน้ำหนักบรรทุกระยะทาง)	**ตัน.กม./ตัน**	1.	.....
1.	.....	2.	.....
2.	.....	3.	.....
3.	.....	4.	.....
4.	.....	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่น้ำ*	
5.	.....	1.	.....
6.		2.	.....
สารขาเข้าอื่นๆ	**..../ตัน**	3.	.....
1.	.....	4.	.....
2.	.....	*มลพิษที่ปล่อยไปสู่ดิน*	
3.	.....	1.	.....
4.	.....	2.	.....
5.	.....	3.	.....
6.	.....	4.	.....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิทักษ์ จันทร์เจริญ

Asst. Prof. Pitauk Chancharoen, Ed.D

E-Mail: chancharoen_p@hotmail.com

Tel.: 085 252 1494

Fax.: 0 2243 5779

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547	Ed.D. (Education Administration)	The University of Northern Philippines
พ.ศ. 2528	วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2524	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวพรธิดา เทพประสิทธิ์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Porntida Tepprasit
หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก	ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่ 228-228/113 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพ 10700 โทร. 02- 423-9407-10 โทรสาร 02-423-9409 E-mail : ptd_t@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต สศ.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช วท.ม. (พลังงานทดแทน) มหาวิทยาลัยนเรศวร