

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249550

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง
ด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร

นเรศ ไทญวงค์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตุลาคม 2554

600253962

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



249550

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง
ด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร

นเรศ ไหญ่วงศ์



วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตุลาคม 2554

การประเมินการบอณพุดพันธ์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง
ด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร

นเรศ ไหญ่วงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์


.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสริญ สัมภัตตะกุล


.....กรรมการ
อาจารย์ ดร.ณัฐนี วรยศ


.....กรรมการ
อาจารย์ ดร.ณภัทร จักรวัฒนา


.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสริญ สัมภัตตะกุล

14 ตุลาคม 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อาจารย์ ดร.ณัฐนี วรรณ และ อาจารย์ ดร.ณภัทร จักรวัฒนา ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาในหน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจที่ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และแบ่งปันความรู้จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งให้โอกาสทางการศึกษา และให้กำลังใจตลอดมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และผู้เขียนหวังว่าวิทยานิพนธ์นี้คงเป็นประโยชน์บ้างไม่มากนักน้อยสำหรับผู้สนใจทุกท่าน

นเรศ ใหญ่วงศ์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุ
กระป๋องด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร

ผู้เขียน

นายนเรศ ไหญ่วงศ์

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล

บทคัดย่อ

249550

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง โดยอาศัยหลักการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และวิธีการคัดกรองตัวแปร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดหน่วยหน้าที่ของการศึกษาคือ ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องจำนวน 1 กระป๋อง ขนาด 12 ออนซ์ เพื่อประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงอายุผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน ขั้นตอนกระบวนการผลิต ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องพบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 246 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 94 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิต และผลจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบการคัดกรองตัวแปรพบว่า ค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก (R_{GHG}) เท่ากับ 23.04 คะแนน โดยขั้นตอนกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 26 ของค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก รองลงมาคือ ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ ตามลำดับ แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น จึงควรมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและพัฒนาการใช้วัตถุดิบ และพลังงานให้มีประสิทธิภาพ

249550

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้ง 2 วิธีพบว่า ผลการประเมินมีแนวโน้ม และรูปแบบการประเมินที่แตกต่างกัน การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะเหมาะสมกับองค์กรที่มีความพร้อมทางด้านเงินทุน เพราะต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียด และทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะด้าน ซึ่งมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง และวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบการคัดกรองตัวแปรเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการประเมินและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เนื่องจากมีค่าดำเนินการที่ต่ำ

Thesis Title Carbon Footprint Assessment of Canned Sweet Corn
by Parameter Screening Method

Author Mr. Naret Yaiwong

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Assistant Professor Dr.Sate Sampattagul

Abstract

249550

This research aims to assess the carbon footprint of canned sweet corn by employing two methods Carbon Footprint of Product (CFP) and Parameter Screening Method. This research focuses on appraising the life cycle greenhouse gas emissions from, a typical 12-ounce-canned of sweet corn. The life cycle of this product comprises of the stage of cultivation, transportation from farms to the factory, production, packaging and transportation from factory to the port.

The result, based on CFP, shows that GHG emissions from canned sweet corn is 246 g CO₂-eq. The acquisition of raw material is the stage where the release of GHG emission is the highest (accounted for 94% of total GHG emissions). This is followed by the production stage. Based on the Parameter Screening Method, the result shows that Greenhouse Gas Responsibility (R_{GHG}) of the canned sweet corn is 23.04 points. Here, the production stage has the most GHG emissions, comprising 26% of R_{GHG} . This is followed by the packaging, cultivation, transportation from farms to the factory and transportation from factory to the port, respectively. These results suggest that the measures to mitigate GHG emissions should concentrate on the efficiency improvement, and development of materials and energy consumption.

Comparing the results of these two methods, it was clear that the trend and method of both assessment types were different. The former method, CFP, is appropriate for an organization that

249550

is well-equipped on budget since it has to use very detailed data and relies on specialized knowledgeable/competent human resources. This is likely to results in the high cost of operation. In contrast, the Parameter Screening Method is a simplified tool for assessing the greenhouse gas responsibility of the products. It is therefore more suited the Small and Medium Enterprises (SMEs) as it has a low operating cost.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	11
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เจริญทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์	11
1.5 ขอบเขตการศึกษาวิจัย	11
1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	14
2.1 ข้าวโพดหวาน	14
2.1.1 การเตรียมแปลงปลูก	14
2.1.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์	14
2.1.3 การปลูก	14
2.1.4 การใส่ปุ๋ย	15
2.1.5 การให้น้ำ	15
2.1.6 การเก็บเกี่ยว	15
2.1.7 การขนส่งผลิตผล	15
2.2 กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง	15
2.2.1 กระบวนการผลิตผลไม้กระป๋อง	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.2 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง	18
2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)	19
2.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope)	21
2.3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)	21
2.3.3 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)	21
2.3.4 การแปลผล (Interpretation)	22
2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP)	22
2.4.1 รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	22
2.4.2 ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	23
2.4.3 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	26
2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์อย่างง่าย (Streamlined LCA)	28
2.5.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างง่าย ด้วยวิธี ERPA	29
2.5.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ด้วยวิธี ERPA	30
2.6 สมดุลมวลและสมดุลพลังงาน	32
2.7 การปันส่วน (Allocation)	33
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย	34
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	34
3.1.1 เครื่องชั่งดิจิตอล	34
3.1.2 เครื่องมือตรวจวัดไฟฟ้า	35
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	35
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของผลิตภัณฑ์	36
3.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)	36
3.3.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.3 การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)	41
3.3.4 การแปลผล (Interpretation)	41
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัยในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ วิธีการคัดกรองตัวแปร	41
3.4.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขต	42
3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	43
3.4.3 การสร้าง และประเมินแบบสอบถาม	44
3.4.4 การวิเคราะห์ผล	45
3.5 วิธีการเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ ผลิตภัณฑ์และวิธีการคัดกรองตัวแปร	45
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	47
4.1 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุ กระป๋อง	47
4.1.1 ผลการการจัดทำบัญชีรายการการประเมินการปล่อยก๊าซเรือน กระจก	47
4.1.2 ผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวโพด หวานบรรจุกระป๋อง	60
4.2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุ กระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	63
4.2.1 ผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	63
4.2.2 ผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	64
4.2.3 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าว โพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	69
4.3 ผลการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพด หวานบรรจุกระป๋องจากทั้ง 2 วิธี	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วิเคราะห์ด้วยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	74
4.3.2 การวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	76
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย	79
5.1 สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	79
5.2 สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	80
5.2.1 สรุปผลการประเมินปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์	80
5.2.2 สรุปผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์	80
5.2.3 สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	81
5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องจากทั้ง 2 วิธี	82
5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย	83
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	88
ภาคผนวก ก ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	89
ภาคผนวก ข แบบฟอร์มการเก็บรวบรวมข้อมูล	98
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง การจัดทำบัญชีรายการการจัดเรียงข้อมูล และคัดเลือกสารใน รูปแบบการคัดกรองตัวแปร	118
ภาคผนวก จ แบบสอบถามเพื่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ วิธีการคัดกรองตัวแปร	128
ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพด หวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร	162
ภาคผนวก ช บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่	184
ประวัติผู้เขียน	187

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ผลการคำนวณการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม (M_{ij}) ตลอดช่วงการผลิต กระเจียบแช่แข็ง	6
1.2 เปรียบเทียบผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับการเปลี่ยนแปลง รูปแบบรถยนต์ในช่วงปี 1950s กับปี 1990s	8
1.3 แสดงวิธีวิจัยการประเมินร่องรอยคาร์บอนของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร	12
2.1 การแบ่งระดับความเข้มงวดของการประเมินวัฏจักรชีวิต	28
2.2 ตัวอย่างเมตริกการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์	29
3.1 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	39
3.2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก การขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	39
3.3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรในขั้นตอนการผลิต	40
3.4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรในขั้นตอนการผลิต	40
4.1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร	49
4.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร	55
4.3 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	60
4.4 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิต	61
4.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	62
4.6 ผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	63

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.7	ผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	65
4.8	ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	70
4.9	ค่าผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	75
4.10	ค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธี	75
4.11	การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	77
5.1	สรุปผลการเปรียบเทียบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบการคัดกรองตัวแปร	81
ข1	ข้อมูลรายละเอียดของผลิตภัณฑ์	98
ข2	ข้อมูลขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	98
ข3	ข้อมูลสารขาเข้า – ขาออกในขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	100
ข4	ข้อมูลบัญชีรายการเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของวัสดุ (MSDS) ในขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	102
ข5	ข้อมูลการจัดกากของเสียในขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	102
ข6	ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ	103
ข7	ข้อมูลผู้ติดต่อ/ประสานงาน	103
ข8	ข้อมูลผลิตภัณฑ์	103
ข9	ข้อมูลลักษณะการใช้พลังงาน	104
ข10	ข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า	104
ข11	ข้อมูลรายละเอียดการใช้เชื้อเพลิง	104
ข12	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	105
ข13	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และทำความเย็น	105
ข14	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น คอมพิวเตอร์ ฯลฯ	105

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
ข15	ข้อมูลสารขาเข้า – ขาออกในขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุ กระป๋อง	107
ข16	ข้อมูลบัญชีรายการเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของวัสดุ (MSDS) ในขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	109
ข17	ข้อมูลการจัดกากของเสียในขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุ กระป๋อง	109
ง1	ผลการจัดเรียงและการคัดกรองสารขาเข้า – สารขาออกในขั้นตอน การเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	118
ง2	ผลการจัดเรียงและการคัดกรองสารขาเข้า – สารขาออกในขั้นตอน การขนส่งมายังโรงงาน	122
ง3	ผลการจัดเรียงและการคัดกรองสารขาเข้า - สารขาออกในขั้นตอน กระบวนการผลิต	122
ง4	ผลการจัดเรียงและการคัดกรองสารขาเข้า – สารขาออกในขั้นตอน การบรรจุผลิตภัณฑ์	126
ง5	ผลการจัดเรียงและการคัดกรองสารขาเข้า – สารขาออกในขั้นตอน การขนส่งไปยังท่าเรือ	127
ฉ1	ผลการวิเคราะห์ปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (m_{ij})	166
ฉ2	ผลการวิเคราะห์คะแนนระยะเวลาการเกิดผลกระทบ (Time; t_{ij})	171
ฉ3	ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ (Distance; d_{ij})	174
ฉ4	ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ (Peril; p_{ij})	177
ฉ5	ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ (Exposure; e_{ij})	180

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	3
1.2 แสดงปริมาณคาร์บอนของขนมปังสีขาวแผ่นขนาดกลางที่ผลิตจากข้าวสาลีในพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกัน (ข้าวสาลี 80% ผลิตในอังกฤษ และอีก 20% นำเข้า)	4
1.3 แบบจำลองปริมาณการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศในช่วงระยะเวลา 20, 100 และ 500 ปี	7
1.4 การเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของรถยนต์รุ่นปี 1950s และรุ่นปี 1990s	8
1.5 แสดงตารางเมทริกซ์การประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างง่าย	9
1.6 แสดงขอบเขตการศึกษาของการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	11
2.1 แสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง	16
2.2 แสดงกระบวนการผลิตผลไม้กระป๋อง	18
2.3 แสดงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลไม้กระป๋อง	19
2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	20
2.5 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตามหลัก ISO 14040	20
2.6 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	23
2.7 ขอบเขตของระบบที่อาจกำหนดตามความต้องการขององค์กรตามความเหมาะสม	24
2.8 Target Plot ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการประเมิน	32
3.1 เครื่องชั่งดิจิตอล	34
3.2 Nanovip Power Analyzer	35
3.3 ขอบเขตของระบบในการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	37
3.4 ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	42
3.5 ขอบเขตของระบบในการศึกษาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบวิธีการคัดกรองตัวแปร	43

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
4.1	แผนภาพการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	46
4.2	แผนภาพกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	48
4.3	แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ	61
4.4	แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิต	61
4.5	แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	62
4.6	แสดงผลการประเมินให้คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบ Target plot	64
4.7	แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบ Target plot	66
4.8	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามอาชีพของผู้ประเมินแบบสอบถาม	66
4.9	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามอาชีพของผู้ประเมินแบบสอบถาม	67
4.10	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามความรู้ของผู้ประเมินแบบสอบถาม	67
4.11	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามความรู้ของผู้ประเมินแบบสอบถาม	68
4.12	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามการเข้าร่วมการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน	68
4.13	แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามการเข้าร่วมการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของผู้ประเมินแบบสอบถาม	69
4.14	ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบ Target plot	71

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
4.15	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามอาชีพของผู้ประเมินแบบสอบถาม	71
4.16	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามอาชีพของผู้ประเมินแบบสอบถาม	72
4.17	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามความรู้ของผู้ประเมินแบบสอบถาม	72
4.18	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามความรู้ของผู้ประเมินแบบสอบถาม	73
4.19	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยแบ่งตามการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของผู้ประเมินแบบสอบถาม	73
4.20	แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบ Target plot โดยแบ่งตามการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของผู้ประเมินแบบสอบถาม	74
4.21	การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 2 วิธี	75
ก1	แผนผังวัฏชีวิตของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	90
ข1	แผนภาพกระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน	99
ข2	แผนภาพกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	106
ฉ1	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการเพาะปลูก	166
ฉ2	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน	167
ฉ3	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนกระบวนการผลิต	167
ฉ4	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์	168

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
ฉ5	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ	168
ฉ6	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามเพศ	169
ฉ7	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามอายุ	169
ฉ8	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามอาชีพ	170
ฉ9	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตาม ความรู้ความเข้าใจของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง	170
ฉ10	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามความคิดเห็น ในการวิจัย และพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหา ภาวะโลกร้อน	170
ฉ11	แสดงจำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจำแนกตามเลขผ่าน การอบรมสัมมนาที่เกี่ยวข้องการจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมหรือไม่	171
ฉ12	ผลการวิเคราะห์คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการเพาะปลูก	172
ฉ13	ผลการวิเคราะห์คะแนนระยะเวลาการเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน	172
ฉ14	ผลการวิเคราะห์คะแนนระยะเวลาการเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนกระบวนการผลิต	173
ฉ15	ผลการวิเคราะห์คะแนนระยะเวลาการเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์	173
ฉ16	ผลการวิเคราะห์คะแนนระยะเวลาการเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ	174
ฉ17	ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการเพาะปลูก	175
ฉ18	ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน	175

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
ฉ19 ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ ในขั้นตอนกระบวนการผลิต	176
ฉ20 ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์	176
ฉ21 ผลการวิเคราะห์คะแนนขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ	177
ฉ22 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ ในขั้นตอนการเพาะปลูก	178
ฉ23 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ ในขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน	178
ฉ24 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ ในขั้นตอนกระบวนการผลิต	179
ฉ25 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ ในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์	179
ฉ26 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ ในขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ	180
ฉ27 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการเพาะปลูก	181
ฉ28 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน	181
ฉ29 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนกระบวนการผลิต	182
ฉ30 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์	182
ฉ31 ผลการวิเคราะห์คะแนนระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ ในขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ	183

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
d_{ij}	ขนาดพื้นที่เกิดผลกระทบของปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละแหล่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจักรชีวิต
e_{ij}	ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบของปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละแหล่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจักรชีวิต
m_{ij}	ปัจจัยแนวโน้มที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละแหล่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจักรชีวิต
M_{ij}	ค่าตัวแปรคงที่ด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
p_{ij}	ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรุนแรงของสารที่ใช้ของปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละแหล่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจักรชีวิต
R_{GHG}	ค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก
t_{ij}	ระยะเวลาการเกิดผลกระทบของปัจจัยผลกระทบด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละแหล่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจักรชีวิต