การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION AND FOSSIL ENERGY DEMAND FROM COCONUT MILK ICE CREAM: A CASE STUDY FROM ICE CREAM FACTORY, PHRAE PROVINCE

นางสาว นนทวรรณ พิทักษ์วินัย รหัส 57365638

นางสาว ศุภิสรา จินดามณี รหัส 57365836

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวขอโครงงาน การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาว นนทวรรณ พิทักษ์วินัย รหัส 57365638

นางสาว ศุภิสรา จินดามณี รหัส 57365836

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.สุชาดา อยู่แก้ว

ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.สุชาดา อยู่แก้ว)

.....ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(ดร. ปณัฐพงศ์ บุญนวล)

.....กรรมการ

(ดร. วีรวรรณ วีรชัยพิเชษฐ์กุล)

ชื่อหัวขอโครงงาน	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม : กรณีศึกษา โรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาว นนทวรรณ พิทักษ์วินัย รหัส 57365638 นางสาว ศุภิสรา จินดามณี รหัส 57365836
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.สุชาดา อยู่แก้ว
ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ เพื่อเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยทำการศึกษา ณ โรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่ ขอบเขตของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยจะเริ่มจากขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว ขั้นตอนการขนส่งมะพร้าวมายังโรงงาน ขั้นตอนการทำกะทิ ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนการขนส่งไอศกรีมกะทิเพื่อนำจำหน่ายในจังหวัดแพร่ การบริโภค และการกำจัดซาก ซึ่งผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิจะแสดงในหน่วย 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 0.552 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ การผลิตไอศกรีม > การขนส่ง > การเพาะปลูกมะพร้าว > การกำจัดซาก > การเก็บรักษา > การบริโภค ซึ่งขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 0.415 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ และในส่วนของความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 4.756 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ โดยการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของแต่ละขั้นตอนเรียงลำดับจากปริมาณที่มากที่สุดไปยังน้อยที่สุด การผลิตไอศกรีมกะทิ > การขนส่ง > การเพาะปลูก > การเก็บรักษา > การกำจัดซาก ตามลำดับ โดยในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 3.018 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ ซึ่งในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีวัตถุดิบขาเข้าที่หลากหลาย โดยวัตถุดิบบางชนิดมีปริมาณสารขาเข้าที่มาก การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบแต่ละชนิดนั้นได้คำนวณการหาปริมาณพลังงานตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบหลัก จึงทำให้ปริมาณความต้องการพลังงานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบมีค่าที่สูง การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และการใช้ก๊าซหุงต้มเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน ที่เกิดขึ้นของการผลิตไอศกรีมทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ ความกรุณา การสนับสนุนและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าจากผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ ดร.สุชาดา อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และอาจารย์ ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหา รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด

นอกจากนี้ขอขอบคุณโรงงานผลิตไอศกรีม ตรานางฟ้า ตำบลทุ่งกวาว อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ และขอขอบคุณวิทยาลัยสงฆ์พุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ข้อมูลของการเพาะปลูกมะพร้าว ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าไปเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเป็นบุคคลที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา ความรัก กำลังใจ และการดูแลเอาใจใส่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด รวมไปถึงสถาบันการศึกษาอันทรงเกียรติที่มอบโอกาสในการศึกษาหาความรู้แก่คณะผู้จัดทำ

ผู้ดำเนินโครงงาน
นนทวรรณ พิทักษ์วินัย
ศุภิสรา จินดามณี

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ก
สารบัญตาราง (ต่อ) ..... ข
สารบัญรูป ..... ค
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming) 5
2.1.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) 5
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) 9
2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition) 10
2.2.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) 11
2.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assesment 12
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 24

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย 24
3.1.1 ศึกษาการคำนวณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน 24
3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 24
3.2 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ (Life Cycle Assessment: LCA) 25
3.2.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) 25
3.3 ขอบเขตของระบบ (System boundary) 26
3.4 การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) 28
3.5 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) 28
3.5.1 การเพาะปลูกมะพร้าว 28
3.5.2 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม 30
3.5.3 ขั้นตอนการเก็บรักษา 36
3.5.4 การขนส่ง 36
3.5.5 การบริโภค 38
3.5.6 ขั้นตอนการกำจัดซาก 38
3.6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 38
3.7 การแปลความหมายของผลลัพธ์และการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม 39
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 40
4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ 40
4.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว 41
4.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ 42
4.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ 45
4.1.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่ง 45
4.1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการบริโภค 46
4.1.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ 46

4.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ.....46
4.2.1 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว 47
4.2.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ 48
4.2.3 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ.....51
4.2.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการขนส่ง.....51
4.2.5 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์....52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 54
5.1 สรุปผลการทดลอง 54
5.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ.....54
5.1.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ 55
5.2 ข้อเสนอแนะในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงาน.....55
เอกสารอ้างอิง 57
ภาคผนวก ก.....60
ภาคผนวก ข.....62
ภาคผนวก ค.....78
ภาคผนวก ง 91
ภาคผนวก จ.....102
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 108

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย..... 4

ตารางที่ 2.1 ตารางการแสดงศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ในช่วงระยะเวลา 100 ปี..... 6

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของไอศกรีมและหน้าที่หลักของส่วนประกอบ..... 17

ตารางที่ 2.3 แหล่งและส่วนประกอบของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน..... 18

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมในการเพาะปลูกมะพร้าว..... 30

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการขูดเนื้อมะพร้าว..... 31

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการทำกะทิ..... 32

ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการผลิตไอศกรีม..... 35

ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการเก็บรักษา..... 36

ตารางที่ 3.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการขนส่ง..... 37

ตารางที่ 3.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการกำจัดซาก..... 38

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการเพาะปลูกมะพร้าวจากวารสาร..... 61

ตารางที่ ข.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว..... 63

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ..... 64

ตารางที่ ข.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเก็บรักษา..... 70

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง..... 71

ตารางที่ ข.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการกำจัดซาก..... 77

ตารางที่ ค.1 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว..... 79

ตารางที่ ค.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ..... 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ ค.3 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิใน
ขั้นตอนการเก็บรักษา..... 83
ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิใน
ขั้นตอนการขนส่ง..... 84
ตารางที่ ค.5 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิใน
ขั้นตอนการกำจัดซาก..... 90

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์..... 9

รูปที่ 3.1 ขอบเขตการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจาก
เชื้อเพลิงของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ..... 27

รูปที่ 3.2 แผนผังการเพาะปลูกมะพร้าว..... 29

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำกะทิ..... 33

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ..... 34

รูปที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ..... 41

รูปที่ 4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว..... 42

รูปที่ 4.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ..... 43

รูปที่ 4.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบในขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ..... 44

รูปที่ 4.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบในขั้นตอนการต้มวัตถุดิบก่อนการผสม
และขั้นตอนการผสมวัตถุดิบไอศกรีมกะทิ..... 44

รูปที่ 4.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่ง..... 45

รูปที่ 4.7 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ..... 47

รูปที่ 4.8 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว..... 48

รูปที่ 4.9 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการผลิตไอศกรีม..... 49

รูปที่ 4.10 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบในขั้นตอนการผลิต
ไอศกรีมกะทิ..... 50

รูปที่ 4.11 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบในขั้นตอนการผลิต
ไอศกรีมกะทิโดยไม่คิดวัตถุดิบขาเข้า..... 51

รูปที่ 4.12 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการขนส่ง..... 52

รูปที่ ฉ.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรม SimaPro..... 103

รูปที่ ฉ.2 การสร้างโปรเจคใหม่..... 103

รูปที่ ฉ.3 เลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้..... 104

รูปที่ ฉ.4 การค้นหาข้อมูลที่ต้องการในโปรแกรม SimaPro 8.4.0.0..... 104
รูปที่ ฉ.5 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล..... 105
รูปที่ ฉ.6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการ IPCC 2013 GWP 100a..... 105
รูปที่ ฉ.7 ผลที่ได้แสดงดังตาราง..... 106
รูปที่ ฉ.8 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการ Cumulative Energy Demand..... 106
รูปที่ ฉ.9 ผลที่ได้แสดงดังตาราง..... 107

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกของเรามีการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะภูมิอากาศเป็นอย่างมาก โดยอุณหภูมิของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนไม่สามารถหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงได้ ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของมนุษยชาติ โดยสาเหตุหลักของปัญหานี้เกิดจากก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เนื่องจากมลภาวะจากก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับพลังงานความร้อนที่สะท้อนจากโลกกลับสู่ชั้นบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น [1] ผลจากภาวะโลกร้อนดังกล่าวทำให้ทั่วโลกได้ตระหนักถึงผลกระทบของปัญหา จึงทำให้หลายๆ ประเทศทั่วโลกจัดทำสนธิสัญญาข้อตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับสภาวะโลกร้อน โดยจัดตั้งอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) และในการประชุมสมัชชารัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (Conference of the Parties : COP 21) ประเทศไทยมีแผนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 25 ภายในปี ค.ศ. 2030 โดยมุ่งลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล หันมาใช้พลังงานทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [2]

ประเทศไทยได้จัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 ในปี พ.ศ. 2553 [3] โดยอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มถูกจัดอยู่ในแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ 256.44×10^9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (คิดเป็นร้อยละ 73.13 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ) รองลงมาคือภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 55.71×10^9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (คิดเป็นร้อยละ 15.89) สำหรับภาคที่มีการปล่อยเป็นอันดับที่ 3 คือ ภาคอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มีการปล่อยเท่ากับ

33.50×10^9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (คิดเป็นร้อยละ 9.55) โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [4] สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและเครื่องดื่ม พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ และ อุตสาหกรรมการผลิตปิโตรเคมีและคาร์บอนแบล็ค [5]

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน ซึ่งอัตราการบริโภคไอศกรีมของคนไทยอยู่ที่ 1.7 ลิตรต่อคนต่อปี [6] ไอศกรีมที่เป็นที่นิยมในประเทศไทยนั้นคือไอศกรีมโบราณ [7] มีส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตคือกะทิจากมะพร้าว ซึ่งวัตถุดิบหลักของการทำไอศกรีมกะทินั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากทางด้านการเกษตร ที่สามารถส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกมะพร้าว เป็นต้น จากการศึกษาการผลิตไอศกรีมตลอดวัฏจักร โดยเริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบหลักในการผลิตไอศกรีม การขนส่งวัตถุดิบหลักมายังโรงงาน ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม การกระจายสินค้า และการบริโภค [8] ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการดำเนินวิจัยในเรื่องการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.2.2 เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และหาค่าความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.3.2 ทราบถึงความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

1.3.3 ทราบแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานฟอสซิลจากผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยจะเริ่มจากขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว ขั้นตอนการขนส่งมะพร้าวมายังโรงงาน ขั้นตอนการทำกะทิ ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนการขนส่งไอศกรีมกะทิเพื่อนำจำหน่ายในจังหวัดแพร่ ขั้นตอนการบริโภค และขั้นตอนการกำจัดซาก ซึ่งผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิจะรายงานในหน่วย 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

1.4.2 การเก็บข้อมูลสารขาเข้าและขาออกจะทำการศึกษา ณ โรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่

1.4.3 ก๊าซเรือนกระจกที่สนใจศึกษามี 3 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซมีเทน (CH_4) เพราะก๊าซทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นก๊าซที่ถูกปล่อยออกมามากที่สุด ในกลุ่มของก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน ซึ่งพบมากในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลา																											
	ต.ค. 60				พ.ย.60				ธ.ค. 60				ม.ค. 61			ก.พ. 61				มี.ค. 61				เม.ย. 61			
1. ศึกษางานวิจัย วารสารที่เกี่ยวข้อง	*	*	*	*	*	*	*																					
2. เก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตไอศกรีม				*	*	*							*	*		*	*											
3. เก็บข้อมูลขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว					*	*	*									*	*											
4. คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์													*	*		*	*	*	*									
5. สรุปผลงานวิจัย																			*	*	*	*	*					
6. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์				*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*	*		

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน หมายถึง การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกมีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งจะรวมไปถึงค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำในมหาสมุทร อันเนื่องมาจากปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นจากกิจกรรมที่ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการเผาเชื้อเพลิงและถ่านหินเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน การทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานเกษตรกรรม รวมไปถึงการทำปศุสัตว์ ที่ส่งผลให้ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นและลอยรวมตัวกันอยู่ที่ชั้นบรรยากาศ ทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ไม่ได้สะท้อนกลับอย่างที่ควรเป็นทำให้เกิดการสะสมของเหล่ารังสี จึงเป็นที่มาของอุณหภูมิที่สูงขึ้น [2]

2.1.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่สามารถห่อหุ้มโลกเหมือนกับเรือนกระจก และมีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟาเรด ทำหน้าที่ที่รักษาอุณหภูมิของบรรยากาศโลกให้คงที่ แต่ถ้าหากก๊าซเรือนกระจกของบรรยากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้อุณหภูมิของบรรยากาศโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ก๊าซเรือนกระจกนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติและก๊าซเรือนกระจกจากการทำอุตสาหกรรม ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น [2]

ซึ่งจะสามารถคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมได้ดังสมการ 2.1 [9]

$$GHG_{(CO2)} = A \times EF \quad \textbf{(2.1)}$$

เมื่อ $GHG_{(CO2)}$ = ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกิจกรรมนั้นๆ (kg CO_2 eq)

A = กิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Unit)

EF = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม ($kg\ CO_2\ eq/Unit$)

โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละกิจกรรมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณได้จากสมการ 2.2

$$EF = E \times GWP \quad \textbf{(2.2)}$$

เมื่อ E = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม ($kg\ GHG/Unit$)

GWP = ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกนั้น ($kg\ CO_2\ eq/kg\ GHG$)

ตารางที่ 2.1 ตารางการแสดงศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ในช่วงระยะเวลา 100 ปี [9]

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ในช่วงระยะเวลา 100 ปี (เทียบเท่ากับ CO_2)
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)	200-450	1
ก๊าซมีเทน (CH_4)	9-15	21
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	120	310

ที่มา : บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

2.1.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นเองตามวิถีของธรรมชาติและเกิดจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การหายใจของมนุษย์ สัตว์ หรือสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกษตรนั้นโดยส่วนมากมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของเครื่องจักรในการไถพรวนดิน การสูบน้ำ การเก็บเกี่ยว รวมไปถึงการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่พืช

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย ดังสมาการ 2.3 [9]

$$CO_2 \text{ (kg } CO_2 \text{ eq)} = M \times EF \quad \textbf{(2.3)}$$

เมื่อ M = ปริมาณปุ๋ยยูเรีย (kg)

EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปุ๋ย

2.1.2.2 ก๊าซมีเทน (Methane)

ก๊าซมีเทนถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยมากที่สุดจากการเกษตร ก๊าซมีเทนนั้นเกิดได้จากกิจกรรมหลากหลายทาง เช่น การหมักโดยการที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน การเผาชีวมวล โดยจะสามารถคำนวณก๊าซมีเทนจากการเผาชีวมวล ดังสมการ 2.4 [9]

$$CH_4 = C \times 0.005 \times 16/12 \quad \textbf{(2.4)}$$

เมื่อ CH_4 = ปริมาณก๊าซมีเทนจากการเผาชีวมวล (kg CH_4)

C = ปริมาณการปล่อยคาร์บอนรวม

0.005 = ค่า Emission ratio ของก๊าซ CH_4

16/12 = สัดส่วนน้ำหนักโมเลกุล CH_4 ต่อน้ำหนักโมเลกุล C

2.1.2.3 ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide)

ก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่สามารถทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 298 เท่า ก๊าซนี้ถูกปล่อยออกมาโดยธรรมชาติจากมหาสมุทรและดิน จากการย่อยสลายไนโตรเจนของจุลินทรีย์ และกิจกรรมของมนุษย์ก่อให้เกิดกำลังเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซชนิดนี้ขึ้นเรื่อยๆ จากการเกษตรกรรม (ส่วนมากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน) และอุตสาหกรรม และยังเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งจะสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกจากการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยอินทรีย์ ดังสมการต่อไปนี้ [9]

$$N_2O_{Direct} = (F_c + F_O + M) \times EF_D \times 44/28 \quad \textbf{(2.5)}$$

$$N_2O_{(L)} = (F_c + F_O + M) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_L \times 44/28 \quad \textbf{(2.6)}$$

$$N_2O_{(ATD)} = [((F_c + M) \times Frac_{GASF_1}) + (F_O \times Frac_{GASM})] \times EF_V \times 44/28 \quad \textbf{(2.7)}$$

เมื่อ N_2O_{Direct} = การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรง (kg N_2O)

$N_2O_{(L)}$ = การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการชะล้าง (kg N_2O)

$N_2O_{(ATD)}$ = การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการสูญเสียในรูปของ NH_3+NO_x (kg N_2O)

F_c = ปริมาณปุ๋ยที่ใช้จากปุ๋ยเคมี (kg)

F_o = ปริมาณปุ๋ยที่ใช้จากปุ๋ยอินทรีย์ (kg)

M = ปริมาณของมูลสัตว์และปัสสาวะสัตว์ (kg)

44/28 = สัดส่วนน้ำหนักโมเลกุล N_2O ต่อน้ำหนักโมเลกุล N_2

EF_D = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปุ๋ยเคมีทางตรง = 0.01

EF_L = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปุ๋ยเคมีจากการชะล้าง = 0.0075

EF_V = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปุ๋ยเคมีจากการระเหยรูปของ NH_3 + NO_x = 0.01

$Frac_{LEACH-(H)}$ = สัดส่วนของปุ๋ยเคมีจากการชะล้าง = 0.3

$Frac_{GASF_1}$ = สัดส่วนของปุ๋ยเคมีที่สูญเสียในรูปของ NH_3 + NO_x = 0.1

$Frac_{GASM}$ = สัดส่วนของปุ๋ยอินทรีย์ที่สูญเสียในรูปของ NH_3 + NO_x = 0.2

และสามารถคำนวณปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการเผาชีวมวลได้ดังนี้

$$N_2O = C \times C/N \times 0.007 \times 44/28 \quad \textbf{(2.8)}$$

เมื่อ C = ปริมาณการปล่อยคาร์บอนรวม

C/N = สัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

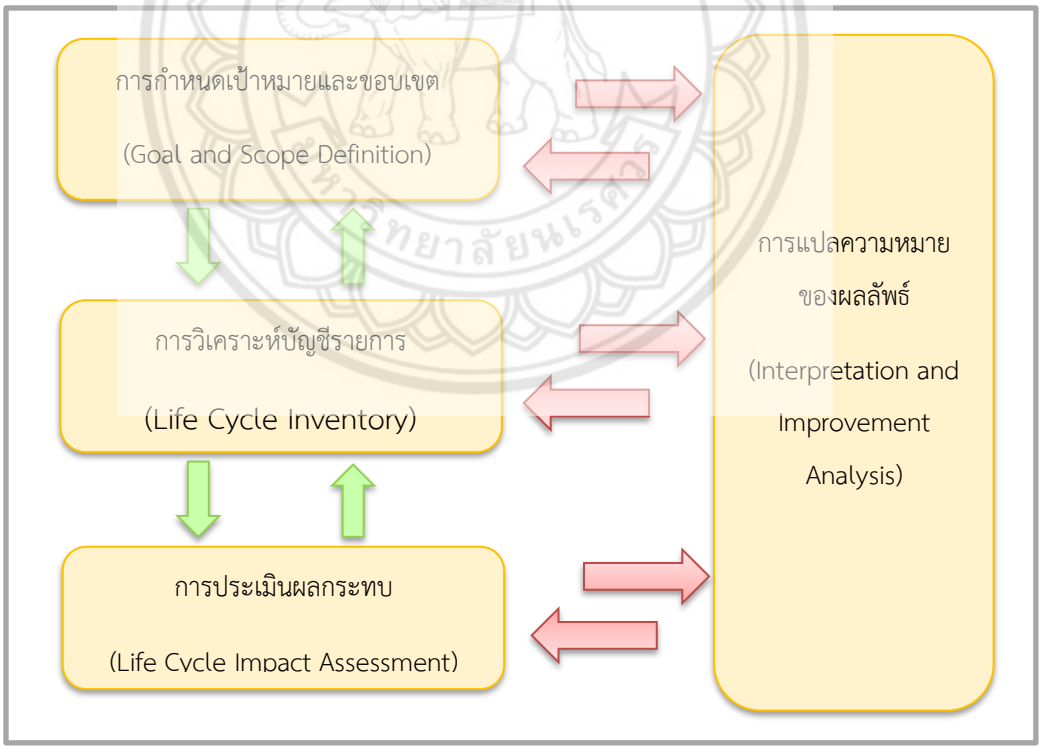
0.007 = ค่า Emission ratio ของก๊าซ N_2O

44/28 = สัดส่วนน้ำหนักโมเลกุล N_2O ต่อน้ำหนักโมเลกุล N_2

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะคิดตลอดช่วงชีวิตของการผลิตผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบหลัก ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การบริโภค และการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จะบอกถึงปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มี 4 ขั้นตอนและแสดงดังรูปที่ 2.1 ดังนี้ [10, 11]

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)
2) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)
3) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)
4) การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ที่มา : สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. คู่มือการฝึกอบรมการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยจะต้องประกอบด้วยส่วนเหล่านี้ [11]

1) การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal)
2) การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope)
3) การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit)
4) ขอบเขตระบบ (System boundaries)
5) คุณภาพของข้อมูล (Data Quality)

2.2.1.1 การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะจะต้องตั้งเป้าหมายให้ชัดเจนพร้อมทั้งจะต้องมีเหตุผลของการศึกษา การนำเสนอผล และผู้ให้ผลการศึกษา

2.2.1.2 การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope)

เป็นขั้นตอนของการกล่าวถึงสิ่งที่จะต้องการจะประเมิน โดยจะมีการกำหนดขอบเขตที่แน่ชัด หน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ รวมไปถึงระบบที่ต้องการศึกษาจะต้องระบุขอบเขต วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการทราบ คุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น รวมไปถึงสมมติฐานที่ใช้ เพื่อให้แน่ใจต่อการเก็บข้อมูลให้พียงพอ

2.2.1.3 การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit)

หน่วยหน้าที่จะถูกใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออกของระบบ โดยหน่วยหน้าที่จำเป็นต้องมีการระบุที่ชัดเจนและสามารถวัดค่าได้

2.2.1.4 ขอบเขตระบบ (System boundaries)

เป็นการกำหนดการบวนการของข้อมูลขาเข้าและขาออกที่อยู่ในระบบการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยขอบเขตของระบบ จะเป็นขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อม กล่าวคือสามารถแบ่งวัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบก่อนจะถูกเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการต่างๆ

2.2.1.5 คุณภาพของข้อมูล (Data Quality)

คุณภาพของข้อมูลจะใช้สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ โดยคุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ตามหัวข้อดังนี้ คุณภาพของข้อมูลในบัญชีรายการ ช่วงเวลาใน

การศึกษา เทคโนโลยีของการศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล วิธีในการได้มาของข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูล

2.2.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

การจัดทำบัญชีรายการเป็นขั้นตอนถัดมาจากการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วย [11]

2.2.2.1 การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection)

เป็นการวิเคราะห์รายการและคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการใช้วัตถุดิบ ของเสียของมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมด

2.2.2.2 การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining System Boundaries)

ขอบเขตของระบบจะถูกคัดกรองจากการเก็บข้อมูลในชุดแรก โดยจะมีกระบวนการช่วยตัดสินใจช่วยในการคัดกรอง การเพิ่มเติมหรือการตัดออกของข้อมูลที่ให้ความสำคัญต่อการวิเคราะห์ผล

2.2.2.3 การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data)

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยสามารถตรวจสอบได้จากระหว่างการเก็บข้อมูล หรือจากการคัดเลือกข้อมูลเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ การตรวจสอบข้อมูลจำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์เพื่อแสดงให้ข้อมูลมีความใกล้เคียงกับกระบวนการอื่นๆ

2.2.2.4 การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data to the specific system)

เป็นการเชื่อมโยงพื้นฐานของข้อมูลขาเข้าและขาออก บางครั้งอาจจะเป็นหน่วยที่กำหนดเองของทางโรงงาน ซึ่งอาจมีหรือไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

2.2.2.5 การจัดสรรข้อมูล (Allocation)

เป็นการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ระบบมีความซับซ้อน ไม่สามารถที่ครอบคลุมผลที่ได้จากขอบเขตของระบบได้ ซึ่งจะแก้ไขปัญหานี้คือ การเพิ่มขอบเขตของระบบและการจัดสรรผลกระทบสิ่งแวดล้อมตรงที่มีปัญหากับการศึกษา เพื่อเป็นการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบ

2.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

ในขั้นตอนนี้เราจะทราบถึงข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการผลิต โดยข้อมูลที่ได้รับทราบนั้นจะมีทั้งข้อมูลที่เป็นประโยชน์และไม่ ดังนั้น จำเป็นต้องตีความข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการก่อน โดยการตีความจะกล่าวเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากร สภาพการทำงานของสิ่งแวดล้อม การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการประเมินผลมีขั้นตอนดังนี้ [11]

2.2.3.1 การจัดกลุ่มผลกระทบและการประเมิน (Classification and Characterization)

งานวิจัยนี้จะศึกษากลุ่มของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล จะมีการคำนวณดังนี้

ก. การคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการผลิตไอศกรีมตลอดวัฏจักร

ข. การคำนวณความต้องการใช้พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังสมการนี้ [12]

$$FED = (V_A \times HHV_A) + (V_B \times HHV_B) + (V_C \times HHV_C) + \ldots + (V_K \times HHV_K) \quad \textbf{(2.9)}$$

เมื่อ FED = ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (เมกะจูล)

V = ปริมาณเชื้อเพลิง (L หรือ kg)

HHV = ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิล (MJ/LหรือMJ/kg)

2.2.3.2 การเทียบหน่วย (Normalization)

เป็นขั้นตอนที่จะต้องพิจารณาการใช้ทรัพยากรและผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมมีผลต่อความสัมพันธ์กับกิจกรรมของสังคม โดยจะมองเป็นภาพรวม เฉลี่ยหรือจากขั้นตอนการจัดกลุ่มผลกระทบและการประเมินมาเปรียบเทียบผลกระทบที่ได้ใน 1 วันหรือช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งจากประชากร 1 คน

2.2.3.3 การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

ขั้นตอนนี้ทำการเปรียบเทียบว่าทรัพยากรใดส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะนำค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญมาคูณกับค่าที่ได้จากขั้นตอนการเทียบหน่วย สัดส่วนน้ำหนักความสำคัญเกิดจากการคำนวณของความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

2.2.4 การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)

เป็นการนำผลที่ได้จากการทำบัญชีข้อมูลและการประเมินผลกระทบมารวมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อเสนอแนะตามเป้าหมายของขอบเขตการศึกษาที่ได้มีการกำหนดไว้ข้างต้น การปรับปรุงผล อาจมีการทำซ้ำไปมาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงและคุณภาพของข้อมูลนั้นจะต้องตามเป้าหมายที่กำหนด

2.3 วัฏจักรการทำความเย็น

ระบบการทำความเย็นแบบกดดันไอ หรือแบบอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration Unit) จะใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง ก่อนถ่ายโอนความร้อนออกเพื่อให้เกิดการกลั่นตัว จากนั้นลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง แล้วใช้คอมเพรสเซอร์อัดเพื่อป้อนงานให้กับระบบสำหรับกระบวนการและการนำไปใช้งานกับระบบเครื่องปรับอากาศ โดยการนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อนออกมาจากพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น [13]

2.3.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอ ซึ่งสารทำความเย็นจะดูดความร้อนในขณะที่ระเหยในอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) และสารทำความเย็นจะถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ให้ มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ไอของสารทำความเย็นจะอยู่ในสภาพความร้อนยิ่งยวด (Super Heated Compress Gas) จากนั้นคอมเพรสเซอร์จะส่งจ่ายไอสารทำความเย็นเข้าไปในคอนเดนเซอร์ (Condenser) ต่อไป [13]

2.3.2 เครื่องระเหยสารทำความเย็น (Evaporator)

อีวาโปเรเตอร์หรือที่เรียกกันอีกชื่อคือ เครื่องทำระเหย เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและแลกเปลี่ยน ความร้อน ระหว่างสารทำความเย็นกับภาระความร้อนในระบบ โดยความร้อนในระบบจะทำให้สารทำ ความเย็นในสถานะของเหลวเดือดกลายเป็นไอที่ความดันต่ำแล้วส่งผ่านไปยังด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ [13]

2.3.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์มีหน้าที่ในการลดปริมาณไอของสารทำความเย็นลงแล้วทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว นั่นคือการถ่ายโอนความร้อน ออกจากระบบ ซึ่งสารทำความเย็นจะถูกระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ จึงทำให้ความร้อนถูกระบายออกสู่บรรยากาศ [13]

2.3.4 อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (Expansion Valve)

เป็นอุปกรณ์ลดความดัน โดยจะทำหน้าที่ควบคุมสารทำความเย็นให้ไหลผ่านไปในอัตราที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันการระเบิด ในทางทฤษฎีอุปกรณ์นี้จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนเลย [13]

2.4 มะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลปาล์ม มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย [14]

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นทรงกระบอก เจริญเติบโตทางสูงขึ้นด้านบน ลำต้นไม่มีเยื่อที่เจริญเป็นกิ่งแตกข้างลำต้น เป็นไม้เนื้ออ่อน ลำต้นเป็นปล้องมีเปลือกหุ้มลำต้น ใบมีลักษณะเป็นแฉกๆ คล้ายขนนก แผ่กว้างตามขนาดของใบ รากเป็นระบบรากฝอยไม่มีรากแก้ว โดยแผ่กว้างรอบโคนต้น และหยั่งลึกลงไปจากผิวดินถึงใต้ดิน 1-2 เมตร มะพร้าวจะให้ผลเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่ปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ สิ่งแวดล้อม และภูมิอากาศ [14]

2.4.2 ประเภทของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ อาจแบ่งมะพร้าวออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทต้นเตี้ยและประเภทต้นสูง [14]

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง ตามปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อย ๆ ทยอยบาน และร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบาน จึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือเพื่อทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช ลักษณะทั่วไปของประเภทต้นสูง ลำต้นใหญ่ โคนต้นมีสะโพกใหญ่ ต้นสูง โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร ทางใบใหญ่และยาว ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 5-6 ปี อายุยืนให้ผลผลิตนานประมาณ 80 ปี มะพร้าวต้นสูงมีผลโตเนื้อหนาปริมาณเนื้อมาก มีลักษณะภายนอกหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ผลขนาดกลางขนาดใหญ่ รูปผลกลม ผลรี บางพันธุ์เปลือกมีลักษณะพิเศษ คือ ในขณะที่ผลยังไม่แก่ เปลือกตอนส่วนหัวจะมีรสหวานใช้รับประทานได้ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ได้แก่พันธุ์กะโหลก มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เปลือกหวานและมะแพร้ว มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมแม้ว่ามะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิม จะมีลักษณะดีหลายอย่าง เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโต และทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี [14]

2.5 ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่ได้จากการผสมส่วนผสมที่ฆ่าเชื้อ แล้วนำไปปั่นในที่เย็นจัด (freezer) โดยอาศัยเครื่องปั่นไอศกรีมเพื่อให้อากาศเข้าไป และทำให้เกิดรูปร่างข้นหนืดอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปเก็บในที่เย็นจัด ไอศกรีมเป็นส่วนผสมของนม ไขมัน น้ำตาล นำ สารให้ความคงตัวหรือสารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน สารที่ให้กลิ่นและสีหรือนมที่ใช้อาจแทนด้วยนมที่ปราศจากไขมัน นมข้นหวาน นมผง ส่วนไขมันอาจเป็นครีม หรือเนย สำหรับน้ำตาลส่วนใหญ่ใช้น้ำตาลซูโครสหรืออาจใช้น้ำตาลซูโครสผสมซูโครสไซรัปก็ได้ และอาจมีการเติมไข่ หรือผลิตภัณฑ์จากไข่ และสารให้ความคงตัว องค์ประกอบของไอศกรีมที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของตลาดและชุมชนในแต่ละท้องถิ่นโดยส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมอาจแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นนมและ ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่

นม ครีม หางนมผง และนมระเหย เป็นต้น และส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำตาล สารให้ความคงตัว สารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน สารให้กลิ่นรส และ สี เป็นต้น [15]

2.5.1 ชนิดของไอศกรีม

ชนิดของไอศกรีมตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2552 [15] ได้แบ่งไอศกรีมเป็น 5 ชนิดดังนี้

(1) ไอศกรีมนม หมายถึงไอศกรีมที่ทำจากน้ำนม หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม (dairy product)

(2) ไอศกรีมดัดแปลง หมายถึง ไอศกรีมที่ผลิตโดยใช้ไขมันชนิดอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวกะทิ แทนมันเนย (milk fat) บางส่วน หรือทั้งหมด

(3) ไอศกรีมผสมหมายถึงไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลงที่มีการเติม ผลไม้ น้ำผลไม้ ถั่ว ช็อกโกแลต เป็นต้น

(4) ไอศกรีมหวานเย็นหมายถึง ไอศกรีมที่ไม่มีส่วนผสมของนม ภาษาอังกฤษเรียกว่า water ice มีส่วนผสมหลัก คือ น้ำตาล น้ำเครื่องปรุงรสและกลิ่น ไม่มีส่วนผสมของไขมันมีปริมาณน้ำมากที่สุด สีและรส เป็นส่วนผสมสำคัญเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีสัน และรสชาติที่ต้องการส่วนใหญ่มี ลักษณะ เป็นแท่ง

(5) ไอศกรีมผง หรือไอศกรีมเหลว หรือไอศกรีมกึ่งสำเร็จรูป หมายถึงส่วนผสมของไอศกรีมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยอาจอยู่ในรูปผง ซึ่งต้องนำมาเติมน้ำ ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วผสมปั่นให้เข้ากัน แล้วแช่เยือกแข็ง (freezing) ก่อนนำมาบริโภค

2.5.2 ส่วนประกอบของไอศกรีม

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมมีหลายชนิด แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ วัตถุดิบที่มาจากส่วนประกอบของน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นม เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญเป็นส่วนประกอบพื้นฐานในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ส่วนประกอบเหล่านี้ได้แก่ ไขมัน และของแข็งที่ ไม่ใช่ไขมัน ได้แก่ นมสด นมข้นระเหย เนย นมผง และหางนมผง ส่วนวัตถุดิบที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำ น้ำตาล และสารให้ความคงตัว [15] ส่วนประกอบของไอศกรีมและหน้าที่ของส่วนประกอบแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของไอศกรีมและหน้าที่หลักของส่วนประกอบ [16]

ส่วนประกอบ	หน้าที่หลัก
ไขมัน	ให้กลิ่นรส เนื้อ เนื้อสัมผัส และความรู้สึกสัมผัสด้วยปาก
ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน	ให้เนื้อ เนื้อสัมผัส ความหวาน และอากาศที่แทรกอยู่
น้ำตาล	ให้ความหวาน และปรับปรุงเนื้อสัมผัส
สารให้กลิ่นรส	ให้กลิ่นรสที่ไม่ได้มาจากผลิตภัณฑ์นม
สี	ปรับปรุงลักษณะปรากฏและส่งเสริมให้กลิ่นรสเด่นชัดขึ้น
สารให้ความคงตัว	ปรับปรุงความหนืด อากาศที่แทรกอยู่ เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติทางด้านจุดหลอมเหลว

ที่มา : Milk and Milk Products:Technology,Chemistry and microbiology.

2.5.2.1 ไขมัน (Fat)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ ครีมสดเป็นแหล่งไขมันเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ให้ลักษณะมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม อย่างไรก็ตามครีมสดมีราคาแพงและเสื่อมเสียได้ง่าย อาจมีการใช้ครีมแช่เยือกแข็งแทน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ นมสดเป็นทั้งแหล่งไขมันและของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันที่เหมาะสมที่สุด ให้กลิ่นรสที่ดี ไขมันนมนอกจากเป็นตัวให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นที่พอใจ ยังเกี่ยวข้องกับกลิ่นรสที่ซับซ้อน และเป็นตัวช่วยเสริมกลิ่นรสที่เติมลงไป

2.5.2.2 ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Milk Solid Non-Fat)

ประกอบด้วยโปรตีน แล็กโทส แร่ธาตุ และส่วนประกอบอื่นๆ ช่วยปรับปรุง คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการตีขึ้นฟูของไอศกรีม โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โปรตีน ซึ่งมีบทบาทสำคัญ คือ ความสามารถในการจับน้ำและคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แหล่งและส่วนประกอบของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน [17]

ชนิด	ส่วนประกอบของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (ร้อยละ)			
	ไขมัน	โปรตีน	แล็กโทส	น้ำ
หางนม	0.1	3.3	4.8	91.0
หางนมผง	1.0	37.0	52.0	3.0
เวย์ผง	1.0	13.0	73.0	4.0
เวย์โปรตีนเข้มข้น	2.0	35.0	51.0	5.0

ที่มา : Ice Cream and Aerated Dessert.

น้ำตาลแล็กโทสเป็นตัวจำกัดปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน โดยใช้ได้เพียงร้อยละ 10 - 11 เท่านั้น เนื่องจากแล็กโทสละลายได้ค่อนข้างต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงจะตกผลึกเป็นผลึกขนาดใหญ่ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะสากเหมือนทราย ซึ่งให้ความรู้สึกที่ไม่ดีเมื่อรับประทาน หางนมผงมีการใช้มากในอุตสาหกรรมการผลิตไอศกรีม มีข้อดี คือ ทำให้อายุการเก็บนานภายใต้สภาวะการเก็บที่ดี นมผงที่ผ่านความร้อนปานกลางจะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติในการอิมัลซิไฟล์ และการดูดซับน้ำ นมผงพร้อมมันเนยใช้เป็นแหล่งของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน แต่เสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย จึงนำผลิตภัณฑ์จากเวย์มาใช้เป็นแหล่งของของแข็งไม่ใช่ไขมันเพิ่มมากขึ้น เวย์ผงสามารถใช้ทดแทนหางนมผงบางส่วนได้เป็นอย่างดี แต่ใช้ปริมาณมากไม่ได้เนื่องจากมีแร่ธาตุอยู่ในปริมาณสูง ทำให้มีรสเค็ม และมีปริมาณแล็กโทสสูง ทำให้เกิดการตกผลึก ในปัจจุบันแหล่งที่เหมาะสมของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน คือ ของผสมระหว่าง หางนมผงและเวย์โปรตีน

2.5.2.3 สารให้ความหวาน (Sweeteners)

ความหวานที่ได้จากน้ำตาลแล็กโทสในน้ำนมไม่เพียงพอ ดังนั้น ต้องมีการเติม สารให้ความหวานจากแหล่งอื่นลงไป ปริมาณที่เติมขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภค แต่จะมีผลต่อจุดเยือกแข็ง ลักษณะเนื้อ และเนื้อสัมผัสของไอศกรีม สารให้ความหวานเป็นตัวควบคุม ปริมาณน้ำที่แข็งตัว และความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยสารให้ความหวานจากแหล่งอื่นที่ใช้คือ ซูโครสนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาถูก โดยอาจใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ผสมกับสารให้ความหวานตัวอื่น เช่น น้ำเชื่อมข้าวโพด มักใช้ในปริมาณร้อยละ 30 ร่วมกับซูโครส น้ำเชื่อมข้าวโพดจะช่วย

ปรับปรุงเนื้อ สัมผัสของไอศกรีม แต่จะแตกต่างกันไปตามค่า Dextrose equivalent (DE) ของน้ำเชื่อมข้าวโพดที่ใช้ กล่าวคือ การเพิ่มค่า DE จะทำให้ความหนืด จุดเยือกแข็ง การเสียความคงตัวของไขมัน และความหนาแน่น น้ำเชื่อมข้าวโพดฟรุกโทสสูงทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด และเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตไอศกรีมที่สามารถบริโภคได้ทันทีที่นำออกจากตู้แช่เยือกแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำมาก

2.5.2.4 สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

สารให้ความคงตัวจะช่วยปรับปรุงความคงตัวของไอศกรีมระหว่างการเก็บรักษา ชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง นอกจากนี้ยังช่วยให้ส่วนผสมมีความข้นหนืด ให้ความมันเมื่อบริโภค และเกี่ยวข้องกับอากาศที่แทรกอยู่ภายในเนื้อ เนื้อสัมผัส จุดหลอมเหลวของไอศกรีม การต้านทานการละลายของไอศกรีม และการป้องกันการแยกตัวของเวย์ในระหว่างการละลาย โดยชนิดและปริมาณของสารให้ความคงตัวที่ใช้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ และอายุการเก็บรักษา

2.5.2.5 สีและสารให้กลิ่นรส

สีและกลิ่นสังเคราะห์ใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีต แต่ในปัจจุบันมีแนวโน้มจะใช้สารจากธรรมชาติมากขึ้น ไอศกรีมรสธรรมชาติ ไม่มีการปรุงแต่ง (Plain ice-cream) โดยทั่วไปมี น้ำตาลประมาณร้อยละ 15 ไอศกรีมรสผลไม้ มีน้ำตาลร้อยละ 17-18 สารให้รสเปรี้ยว เช่น กรดซิตริก จะใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีม ให้กลิ่นรสโดยการเติมผลไม้ที่เป็นกรด ไอศกรีมชอกโกแลตใช้สีและกลิ่นจากผงโกโก้ร้อยละ 2 - 3 อุณหภูมิในการบริโภคมีผลต่อกลิ่นรส ที่อุณหภูมิต่ำ กลิ่นรสจะอ่อนลง การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยการเติมชิ้นผลไม้ จะเติมลงไปก่อนหรือหลังการแช่เยือกแข็ง

2.5.3 การผลิตไอศกรีมทั่วไป

2.5.3.1 ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ

การผสมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนการที่นำวัตถุดิบทุกชนิดที่เป็นส่วนผสมทั้งหมดของไอศกรีมมารวมกัน ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เป็นทั้งของเหลวและเป็นผง โดยส่วนผสมที่เป็นของเหลวจะ

เติมลงในหม้อผสมโดยตรง ส่วนผสมที่เป็นของแห้ง จะมีปัญหาในการกระจายตัว อาจต้องเตรียมเป็นของเหลวข้นก่อน [15] ซึ่งขั้นตอนการผสมเป็นระบบอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานโดยระบบคอมพิวเตอร์

2.5.3.2 ขั้นตอนการโฮโมจีไนซ์

หลังจากผ่านขั้นตอนการผสม ส่วนผสมที่ได้จะถูกส่งต่อมายังขั้นตอนการโฮโมจีไนซ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนในการทำให้เม็ดไขมันที่รวมอยู่ในส่วนผสมมีขนาดเล็กลง และเพื่อให้อิมัลซิไฟเออร์ที่เติมลงไปกระจายอยู่ในส่วนผสมอย่างสม่ำเสมอ เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติในการตีให้ขึ้นฟูและการเติมอากาศ โดยให้โปรตีนถูกดูดซับที่ผิวหน้าของเม็ดไขมัน ซึ่งไอศกรีมมีการใช้ปริมาณไขมันสูง โดยขั้นตอนการโฮโมจีไนซ์จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 80 องศาเซลเซียส [15]

2.5.3.3 ขั้นตอนการพาสเจอไรซ์

ขั้นตอนนี้เป็นการใช้ความร้อนกับส่วนผสมไอศกรีมจะใช้ในระดับที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และจำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็จะลดลงด้วย ปริมาณความร้อนต่ำสุดที่ใช้จะแตกต่างกันในแต่ละประเทศ การพาสเจอไรซ์ในโรงงานผลิตไอศกรีมจะใช้การพาสเจอไรซ์ในการให้ความร้อนแบบ LTLT (Long Temperature Long Time) เป็นการพาสเจอไรซ์ทำโดยวิธีอุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน โดยใช้หม้อต้มไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 70 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 10 - 30 นาที ซึ่งประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ดังต่อไปนี้ ต้องผ่านกรรมวิธีหนึ่งวิธีใดดังนี้ ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5 องศา เซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี่ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 25 วินาที หลังจากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ โดยในระหว่างการพาสเจอไรซ์ สารให้ความคงตัวที่ต้องอาศัยความร้อนจะละลาย ทำให้คุณสมบัติในการอิมัลซิไฟล์และการให้ความคงตัวของเวย์โปรตีนเพิ่มขึ้น การให้ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งมีผลดีต่อคุณภาพของไอศกรีม ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นครีมมากกว่า เนื้อสัมผัสเรียบและเนื้อดีกว่า หากให้ความร้อนที่มากเกินไปจะทำให้เกิดกลิ่นต้มและกลิ่นคาราเมลขึ้น

2.5.3.4 การบ่ม

หลังการผ่านการโฮโมจีไนซ์และการพาสเจอไรซ์แล้ว ส่วนผสมจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว จนถึงอุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส ในสหราชอาณาจักรกำหนดให้ใช้เวลาในการลดอุณหภูมิได้ ไม่เกิน 1.5 ชั่วโมง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0 - 5 องศา เซลเซียส ระยะเวลาในการบ่มที่เหมาะสม 24 ชั่วโมง ไม่ควรบ่มนานกว่านี้ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มไซโครฟิลิก ในระหว่างการบ่มจะมีการเปลี่ยนแปลง [15] ดังนี้

ก. ส่วนผสมที่เป็นของแห้งจะดูดซับน้ำอย่างสมบูรณ์ ซึ่งส่งผลต่อความหนืดของส่วนผสม ทำให้ไอศกรีมที่ได้มีความมัน ความต้านทานการละลาย และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างเก็บรักษามากขึ้น

ข. การตกผลึกของไขมัน จะทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพและความคงตัวในการเก็บรักษามากขึ้น

ค. โปรตีนจะคายน้ำจากผิวหน้าของเม็ดไขมัน ซึ่งขั้นตอนการคายน้ำต้องอาศัยเวลา ซึ่งจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการบ่ม

2.5.3.5 การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง

การแช่เยือกแข็งทำหลังจากการบ่ม โดยส่วนผสมที่ผ่านการบ่มมาแล้วจะถูกจัดเก็บในถังเก็บที่อุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างใช้เวลา (ข้อมูลจากโรงงานผลิตไอศกรีม) เมื่อส่วนผสมออกจากเครื่องแช่เยือกแข็ง ไอศกรีมจะยังไม่แข็งตัวทั้งหมด จำเป็นต้องนำไปแช่เยือกแข็งต่อไป เพื่อรักษาเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของไอศกรีมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปั่นให้เป็นน้ำแข็งไว้ ทำการบรรจุไอศกรีมลงในถ้วยพลาสติก ถ้วยกระดาษ และแม่พิมพ์ เข้าสู่ขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง ขั้นการบ่มแข็ง โดยให้ไอศกรีมเคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์ที่มีอากาศเย็น อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ส่วนประกอบที่มีอยู่จะอยู่ในรูปที่ไม่แข็งตัวทั้งหมด ในระหว่างการบ่มจะเกิดโครงสร้างที่แข็ง ซึ่งจะขัดขวางการรวมตัวกันของเซลล์อากาศ นอกจากนี้การบ่มแข็งยังช่วยลด การเกิดเนื้อสัมผัสที่สากอีกด้วย ระหว่างการบ่มแข็งอุณหภูมิของไอศกรีมจะลดลงจนถึง -18 องศาเซลเซียส โดยห้องบ่มควรมีอุณหภูมิคงที่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส [15]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเสริฐสุข จามรมาน [18] ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมะพร้าวน้ำหอมบรรจุขวดขนาด 473 มิลลิลิตร ของวิสาหกิจชุมชนเดชาธรผลิตผลไม้ปลอดสารพิษ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ใน พ.ศ. 2556 โดยศึกษาในขอบเขต Cradle to grave จากการศึกษาพบว่า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์มะพร้าวน้ำหอมบรรจุขวดขนาด 473 มิลลิลิตร เท่ากับ 658 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้จากขั้นตอนดังนี้ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการกำจัดซาก เท่ากับ 352.98 6.83 205.29 83.15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด คือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 53.65 โดยมาจากการใช้ปุ๋ยขี้วัว และปุ๋ยสูตร 16-16-16 เนื่องจากมีการใช้เป็นจำนวนมาก และรองลงมา คือ การกระจายสินค้า ร้อยละ 31.20 เนื่องจากในการขนส่ง จากประเทศไทยถึงสหรัฐอเมริกามีระยะทาง 20,189.14 กิโลเมตร

Zheng, Wanli. [19] ทำการศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการจัดส่งผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในประเทศจีน โดยมีจุดมุ่งหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ซึ่งทำการศึกษาจากระบบฟาร์มเลี้ยงโคนมตลอดจนการเก็บรักษา จากผลการศึกษา พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของส่วนผสมหลักที่เป็นนม เท่ากับ 2.4 - 3.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม และมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 11.6 - 21.0 เมกะจูลต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากขั้นตอนการผลิตน้ำนมวัวในฟาร์ม กระบวนการผลิตในโรงงาน และการเก็บรักษา ส่วนใหญ่มาจากการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไอศกรีม และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการขนส่ง การจำหน่ายไอศกรีมไปยังจุดขายที่มีระยะทางไกล ๆ อาจส่งผลให้เกิดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ดังนั้น ในการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีประสิทธิภาพที่สุด จะเริ่มจากการกำจัดมูลสัตว์ในฟาร์มโคนมและการใช้นมสดจากผลิตภัณฑ์วัวแทนนมผง

บริษัท Ben & Jerry (2007) [20] ทำการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไอศกรีมจำนวน 20 รสชาติ โดยศึกษา การผลิต การขนส่ง ตลอดจนการค้า

ปลีก พบว่า ไอศกรีมที่ทำขึ้นทั้งหมดจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมของไอศกรีม โดยจากการศึกษา พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นของวงจรชีวิตไอศกรีมที่ส่งผลกระทบในด้านสภาพภูมิอากาศเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ การปลูกและการผลิตส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ 54, การขนส่งไอศกรีมจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าคิดเป็นร้อยละ 14, การแช่แข็งที่ร้านค้าคิดเป็นร้อยละ 10, บรรจุภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 10 และการดำเนินงานของขั้นตอนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 7 จากข้อมูลสามารถประเมินการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับแต่ละรสชาติ เช่น ในการผลิตไอศกรีมที่มีส่วนผสมของคุกกี้ช็อคโกแลตชิป ในส่วนของการผลิตคุกกี้ช็อคโกแลตชิปนั้นหากมีแหล่งที่ที่ใกล้ที่สุดสามารถผลิตได้ จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Elauria และคณะ [21] ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะพร้าวแก่ ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าวและไบโอดีเซล (CME) พบว่า ก๊าซเรือนกระจกมาจากทุกขั้นตอนในกระบวนการผลิตไบโอเซล ได้แก่ การปลูกมะพร้าวตลอดจนการเก็บเกี่ยวผลผลิต กระบวนการทำมะพร้าวแห้ง กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว และกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ในแต่ละขั้นตอนนั้นมาจากการใช้ปุ๋ยในขั้นตอนของการเพาะปลูก การเผาเปลือกมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง การขนส่งน้ำมันมะพร้าวไปยังโรงงานแปรรูปน้ำมัน โรงงานไฟฟ้าต่างๆที่ผลิตกระแสไฟฟ้าและจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งสำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยมีก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 50 มาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าวตลอดจนกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานวิจัยของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยขอบเขตของการศึกษางานวิจัยนี้จะศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว ขั้นตอนการส่งมะพร้าวมายังโรงงานผลิตไอศกรีม ขั้นตอนการทำกะทิ ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ ขั้นตอนการเก็บรักษา ขั้นตอนการขนส่งไอศกรีมกะทิ ขั้นตอนการบริโภค และขั้นตอนการกำจัดซาก ซึ่งงานวิจัยนี้จะเก็บข้อมูลและศึกษาดูงานจากโรงงานผลิตไอศกรีมกะทิ จังหวัดแพร่

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์หาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ มีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาการคำนวณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน

ขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยจะสำรวจจากแหล่งข้อมูลว่ามีขั้นตอนการส่วนใดบ้างที่ต้องนำไปคำนวณเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลสามารถเก็บข้อมูลได้จาก

3.1.2.1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการเก็บข้อมูลจากในโรงงาน

3.1.2.2 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการศึกษาข้อมูลที่ได้มาจากงานวิจัย หรือวารสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือสอบถามจากเจ้าหน้าที่ของโรงงานโดยตรง โดยงานวิจัยมีการเก็บข้อมูลดังนี้

3.1.2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลการเพาะปลูกมะพร้าว

ในขั้นตอนนี้เป็นส่วนหนึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนที่จะนำไปทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งจะทำการ

เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะปลูกมะพร้าว ได้แก่ ปริมาณมะพร้าว ปริมาณการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) โพแทสเซียม(K) สารเคมี เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

3.1.2.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตไอศกรีม

การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสารขาเข้าและขาออกของขั้นตอนการในการผลิตไอศกรีม ได้แก่ 5 ขั้นตอน คือ การทำกะทิ การผสม การปั่นแห้ง การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง และการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.2 - ตารางที่ 3.4

3.1.2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลการขนส่ง

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการขนส่ง 3 ขั้นตอน ได้แก่

ก. การขนส่งผลิตภัณฑ์

- การขนส่งมะพร้าวไปยังโกดัง
- การขนส่งมะพร้าวไปยังโรงงานผลิตไอศกรีม
- การขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย

ข. การขนส่งวัตถุดิบ

- การขนส่งวัตถุดิบในขั้นตอนการเพาะปลูกไปยังสวนมะพร้าว
- การขนส่งวัตถุดิบอื่นๆไปยังโรงงานผลิตไอศกรีมกะทิ

ค. การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์

- การขนส่งซากผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีกำจัดซาก

3.2 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ (Life Cycle Assessment: LCA)

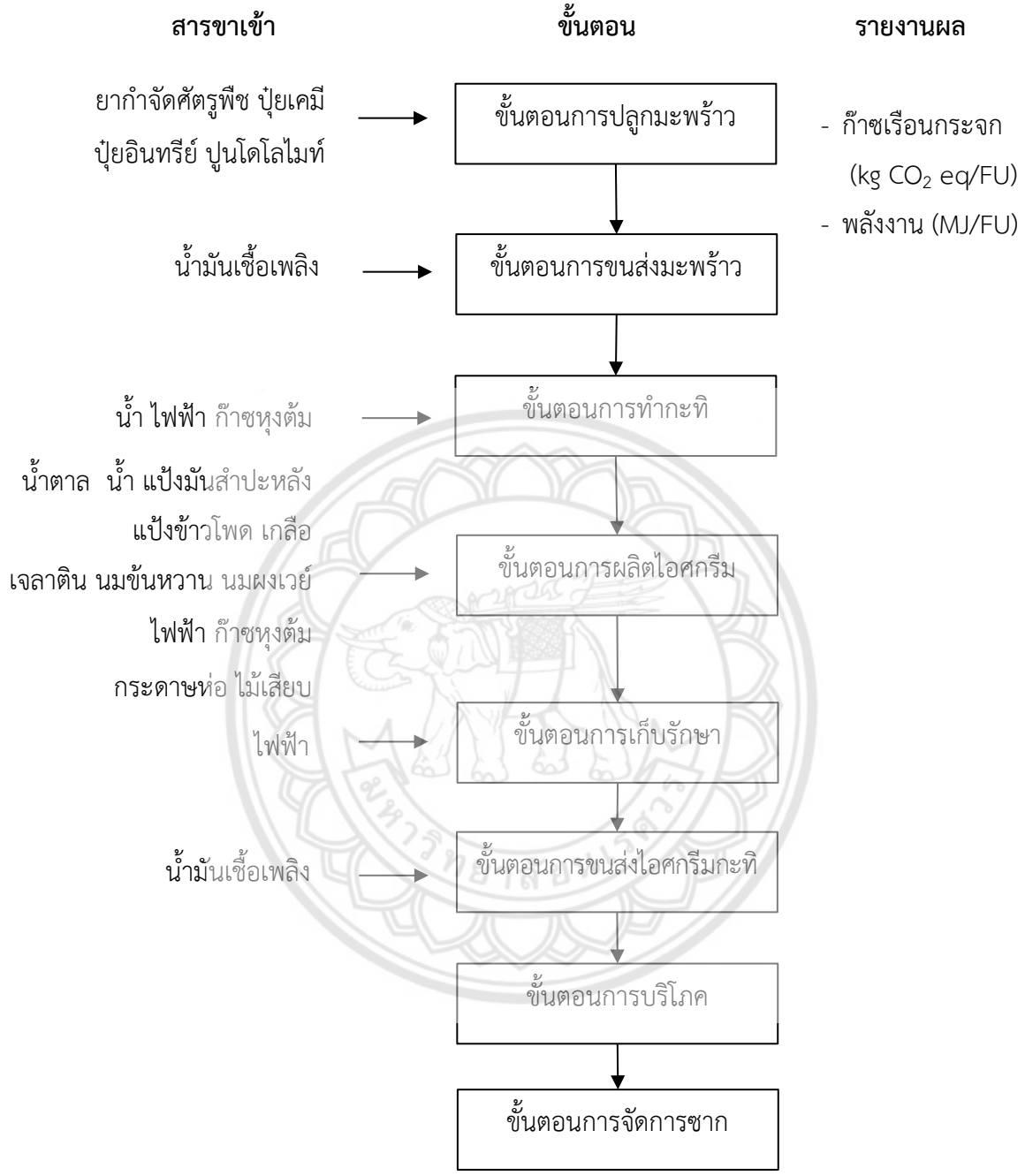
3.2.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

สำหรับงานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มจากการเก็บข้อมูลการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวมะพร้าว การขนส่งมะพร้าวไปยังโรงงาน การผลิตไอศกรีม การบรรจุ

ภัณฑ์ไอศกรีม การขนส่งไอศกรีมไปยังแหล่งจำหน่าย และการกำจัดซาก โดยการเก็บข้อมูลจะทำการเก็บปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนการผลิตตลอดวัฏจักรไอศกรีม ส่วนขั้นตอนการผลิตไอศกรีมนั้นจะทำการเก็บข้อมูลที่โรงงานผลิตไอศกรีมกะทิที่จัดตั้งอยู่ในจังหวัดแพร่ และก๊าซเรือนกระจกที่ต้องการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซมีเทน

3.3 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

ขอบเขตของการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะเป็นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยจะเริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบหลัก การขนส่งมะพร้าวมายังโรงงาน ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังแหล่งจำหน่าย การบริโภค ตลอดจนการกำจัดซาก โดยตั้งสมมติฐานว่าปริมาณของน้ำล้างอุปกรณ์และภายชนะ (ในขั้นตอนการคั้นน้ำกะทิ และการผสมวัตถุดิบ) จะไม่นำมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้มีปริมาณที่น้อยมาก [22] รวมไปถึงแรงงานจากคนและหลอดไฟที่เปิดในโรงงานขณะทำงานจะไม่นำมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขอบเขตการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ 1 กิโลกรัม

3.4 การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit)

เป็นหน่วยการทำงานที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการเก็บข้อมูลขาเข้าและขาออกของระบบ สำหรับงานวิจัยนี้มีหน่วยการทำงานคือ 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

3.5 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

เป็นการรวบรวมข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนการผลิตตลอดวัฏจักรไอศกรีม โดยจะเริ่มจากการเก็บข้อมูลของการเพาะปลูกมะพร้าว การเก็บลูกมะพร้าว การขนส่งมะพร้าวมาโรงงาน การผลิตไอศกรีม การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังแหล่งจำหน่าย การขนส่งและการกำจัดซาก ซึ่งการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ได้มากจากการสัมภาษณ์ และศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดที่จะแสดงดังต่อไปนี้

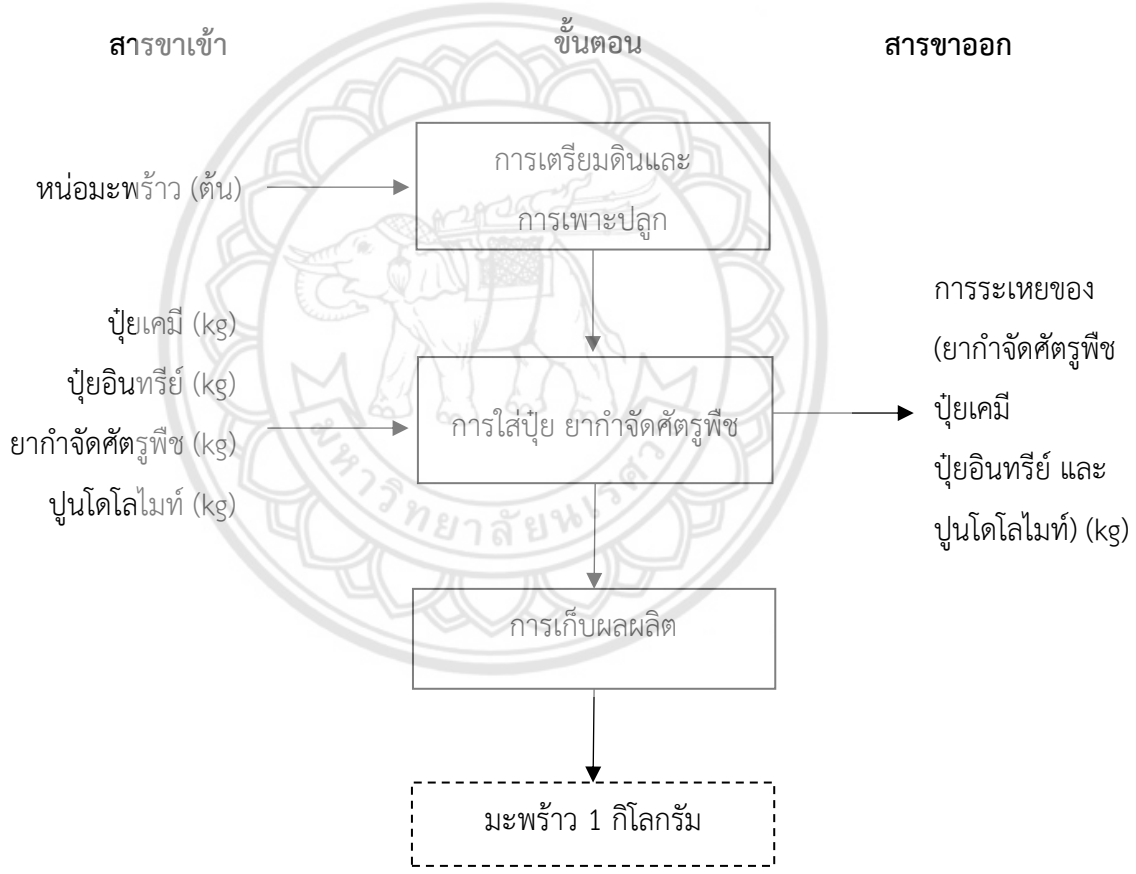
3.5.1 การเพาะปลูกมะพร้าว

เนื่องจากมะพร้าวที่เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกะทิมีสถานที่เพาะปลูกอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่สามารถสัมภาษณ์จากเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูก ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลที่ได้โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกมะพร้าวจากวารสาร [23]

ขั้นตอนการปลูกมะพร้าวจะเริ่มจากการเตรียมหลุมปลูกซึ่งจะเริ่มขุดเตรียมไว้ในฤดูแล้ง โดยจะปลูกบนที่ลุ่มและดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งจะขุดหลุมกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และลึก 1 เมตร โดยในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนในการขุดหลุม จากนั้นใส่ดินผสมกับปุ๋ยคอกใส่หลุมละ 25 กิโลกรัม ใส่ดินและปุ๋ยที่ผสมกันแล้วจนเต็มหลุมและทิ้งไว้จนถึงฤดูปลูก โดยจะทำการเพาะปลูกในช่วงฤดูฝน เมื่อถึงฤดูปลูกให้นำหน่อมะพร้าววางลงในหลุมเอาดินกลบและเหยียบดินข้างๆ ให้แน่น หลังจากปลูกควรเกลี่ยดินปากหลุมให้เรียบร้อย สำหรับการใส่ปุ๋ยในมะพร้าวนั้นจะเริ่มใส่ตั้งแต่มะพร้าวมีอายุ 6 เดือน โดยโรยปุ๋ยรอบโคนต้น ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง โดยจะใส่ทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์จำพวกมูลวัวมูลควาย ใส่ต้นละ 20 กิโลกรัมต่อปี มูลไก่แบ่งใส่ 2 ครั้งต่อปี ครั้งละ 10 กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ทุก 6 เดือน โดยปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยผสมสูตร 13 : 13 : 21 ร่วมกับการใส่ปูนโดโลไมท์ที่มีอัตราการใส่ 4 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี เนื่องจากมะพร้าวถูกปลูกที่ภาคใต้ของประเทศไทย ดังนั้น การให้น้ำแก่ต้นมะพร้าวจะใช้แบบธรรมชาติคือปลูกฤดูฝนและรอฝนจากธรรมชาติ เนื่องจากในฤดูนี้มีความชื้นเพียงพอที่จะช่วยละลายปุ๋ย และรากของมะพร้าวกำลังเจริญเติบโตเต็มที่สามารถดูดปุ๋ยไป

ใช้ได้ดี มะพร้าวจะสามารถเก็บผลได้เมื่อมีอายุ 5 ปีขึ้นไป ในการเก็บมะพร้าวจะใช้แรงงานคนในการเก็บ [22]

เนื่องจากผลผลิตของมะพร้าวจะเริ่มออกในปีที่ 5 ของการเพาะปลูกพบว่าการเพาะปลูกมะพร้าว 1 ไร่ มีจำนวนต้นมะพร้าวทั้งหมด 24 ต้น คิดเป็นลูกมะพร้าวทั้งหมด 2,014 ลูก หรือ 4,131 กิโลกรัมมะพร้าว โดยงานวิจัยนี้มีสมมุติฐานให้การเก็บข้อมูลในการเพาะปลูกมะพร้าวที่ 1 ฤดูกาลออกผล ซึ่งขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกของวัตถุดิบ แสดงดังตาราง 3.1



รูปที่ 3.2 แผนผังการเพาะปลูกมะพร้าว 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมในการเพาะปลูกมะพร้าว (ต่อ 1 กิโลกรัมมะพร้าว)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
สารขาเข้า		
ปุ๋ย		
- ไนโตรเจน (N) (kg)	0.003	
- ฟอสฟอรัส (P_2O_5) (kg)	0.003	
- โพแทสเซียม (K_2O) (kg)	0.005	เก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย และวารสาร [23]
- ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว) (kg)	0.116	
- ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่) (kg)	0.116	
สารเคมี		
- ยาฆ่าแมลง (kg)	1.4×10^{-5}	
ปูนโดโลไมท์ (kg)	0.023	
สารขาออก		
มะพร้าว (kg)	1.000	

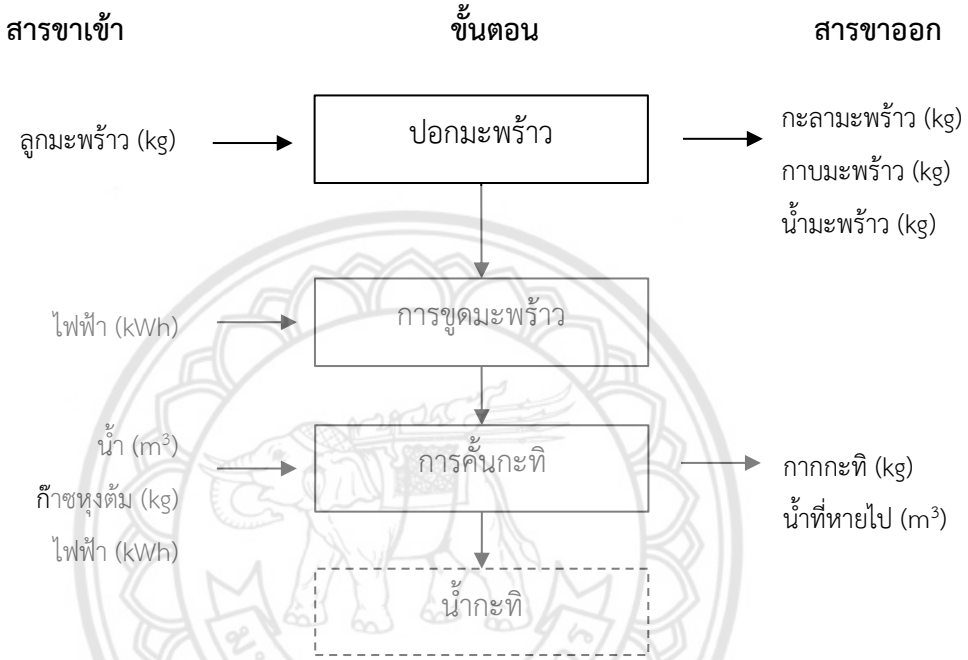
3.5.2 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

ในขั้นตอนการผลิตไอศกรีม จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการทำกะทิ และขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

3.5.2.1 ขั้นตอนการทำกะทิ

หลังจากที่มีการขนส่งมะพร้าวมายังโรงงานผลิตไอศกรีมกะทิแล้ว จะเริ่มขั้นตอนการทำกะทิ โดยขั้นตอนแรกจะปอกเปลือกมะพร้าวซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคน หลังจากนั้นจะเฉาะกะลามะพร้าวเป็น 2 ส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการแยกเนื้อมะพร้าวออกจากกะลา เนื้อมะพร้าวที่ได้จะนำไปเข้าสู่ขั้นตอนการขูดมะพร้าวเพื่อให้ได้เนื้อมะพร้าวสำหรับคั้นทำกะทิ ในขั้นตอนนี้จะใช้เครื่องขูดมะพร้าว ต่อมาจะเป็นขั้นตอนการคั้นน้ำกะทิ โดยจะนำเนื้อมะพร้าวที่ผสมกับน้ำร้อนมาทำการคั้นโดยใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ได้น้ำกะทิ ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการได้ดังรูปที่ 3.3

ปริมาณสารขาเข้าและขาออกของขั้นตอนการขูดเนื้อมะพร้าวและขั้นตอนการคั้นน้ำกะทิ โดยขั้นตอนการขูดเนื้อมะพร้าวคิดต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม ซึ่งจะใช้มะพร้าว 1 ลูก มีปริมาณเนื้อมะพร้าว 0.779 กิโลกรัม แสดงข้อมูลดังตาราง 3.2 และในขั้นตอนการคั้นน้ำกะทิใช้เนื้อมะพร้าว 3 กิโลกรัม เพื่อผลิตน้ำกะทิ 8 กิโลกรัมกะทิ แสดงข้อมูลดังตาราง 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำกะทิ

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการขูดเนื้อมะพร้าว (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
<u>สารขาเข้า</u> ลูกมะพร้าว (kg) ไฟฟ้า (kWh)	 0.269 3.44×10^{-4}	สัมภาษณ์จาก ผู้ประกอบการ

<u>สารขาออก</u>		
เนื้อมะพร้าว (kg)	0.102	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ
น้ำมะพร้าว (kg)	0.046	
กาบมะพร้าว (kg)	0.085	
กะลามะพร้าว (kg)	0.036	

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการทำกะทิ (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
<u>สารขาเข้า</u>		
เนื้อมะพร้าว (kg)	0.102	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ
น้ำ (m^3)	2.66×10^{-4}	
ก๊าซหุงต้ม (kg)	7.10×10^{-5}	
ไฟฟ้า (kWh)	0.002	
<u>สารขาออก</u>		
น้ำกะทิ (kg)	0.272	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ
กากกะทิ (kg)	0.085	
น้ำที่หายไป (m^3)	1.1×10^{-5}	

3.5.2.2 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

หลังจากผ่านขั้นตอนการทำกะทิแล้ว ต่อไปจะเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ จำนวนทั้งสิ้น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมและการผสมวัตถุดิบ 2) การปั่นแห้ง 3) การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง และ 4) การบรรจุภัณฑ์ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมและการผสม ก่อนที่จะเริ่มผสมวัตถุดิบต่างๆ ลงในเครื่องผสมนั้นจะต้องนำน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพดไปต้มกับน้ำก่อน โดย

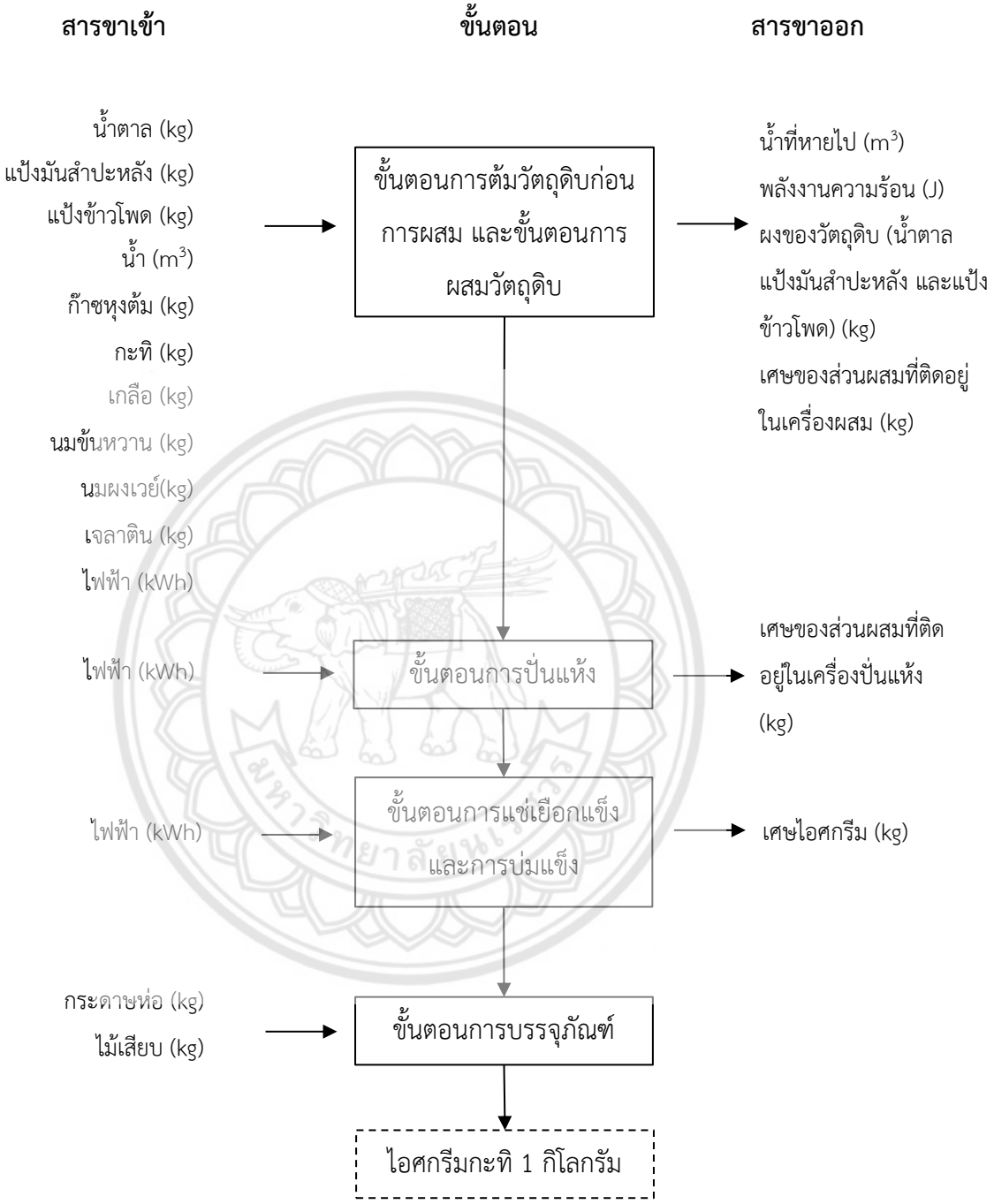
จะใช้เวลาในการต้ม 30 นาที และก๊าซหุงต้มจะถูกใช้เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน ส่วนขั้นตอนการผสมเป็นขั้นตอนที่นำส่วนผสมที่ผ่านการต้มและวัตถุดิบที่เหลือ (กะทิ เกลือ นมข้นหวาน ฯลฯ) มาผสมกันในเครื่องผสม โดยใช้เวลาในการผสม 6 นาที เพื่อให้ได้เนื้อไอศกรีม 29.36 กิโลกรัมไอศกรีม ต่อ 1 ล็อตการผลิต และในการเติมวัตถุดิบส่วนผสมต่างๆ ลงในเครื่องจะใช้แรงงานคน โดยตัวเครื่องผสมจะมีกำลังไฟฟ้า 0.37 กิโลวัตต์

2. การปั่นแห้ง เนื้อไอศกรีมจะถูกส่งต่อมายังเครื่องปั่นแห้ง โดยเครื่องปั่นแห้งมีกำลังไฟฟ้า 1.12 กิโลวัตต์ ใช้ระยะเวลาที่ทำให้ไอศกรีมขึ้นฟู 52.66 นาทีต่อหนึ่งของล็อตการผลิต (29.36 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ) ในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนในการยกส่วนผสมมายังเครื่องปั่นแห้ง

3. การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง เป็นขั้นตอนที่ทำให้ไอศกรีมทั้งหมดแข็งตัว ซึ่งเนื้อไอศกรีมที่ได้จากขั้นตอนการปั่นแห้งจะถูกบรรจุใส่ลงในแม่พิมพ์ไอศกรีม ในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนในการบรรจุลงในพิมพ์ การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็งจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 48 นาที ต่อ 1 ล็อตการผลิต (29.36 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ) และในขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้า 3 ชนิด (อีวาโปเรเตอร์ เครื่องคอนเดนเซอร์ และเครื่องคอมเพรสเซอร์) มีกำลังไฟฟ้าของเครื่อง 1.12 กิโลวัตต์เท่ากันทุกเครื่อง

4. การบรรจุภัณฑ์ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็งแล้วจะใช้แรงงานคนในการนำแท่งไอศกรีมที่ได้ออกมาจากแท่งพิมพ์ จากนั้นจะใช้แรงงานคนในการบรรจุโดยจะนำไอศกรีมมาห่อด้วยกระดาษห่อไอศกรีมและนำไม้เสียบไอศกรีมมาเสียบกับแท่งไอศกรีม ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมจะแสดงในรูปที่ 3.4

ปริมาณของสารขาเข้าและขาออกของขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมกะทิ โดยคิดต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ ดังแสดงในตาราง 3.4 ซึ่งข้อมูลจริงที่ได้จากขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมจะมีปริมาณของสารขาเข้าเป็นน้ำกะทิ 8 กิโลกรัมกะทิ และปริมาณของไอศกรีมที่ได้เท่ากับ 29.36 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมต้องเก็บรวบรวมของขั้นตอนการผลิตไอศกรีม (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
<u>สารขาเข้า</u>		
วัตถุดิบ		
- กะทิ (kg)	0.272	
- น้ำตาล (kg)	0.170	
- เกลือ (kg)	0.004	
- นมผงเวย์ (kg)	0.034	
- แป้งมันสำปะหลัง (kg)	0.034	
- แป้งข้าวโพด (kg)	0.010	
- น้ำ (m^3)	0.580	
- นมข้นหวาน (kg)	0.013	
- เจลาติน (kg)	0.002	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ
- ก๊าซหุงต้ม (kg)	1.4×10^{-4}	
- กระดาษห่อ (kg)	0.005	
- ไม้เสียบไอศกรีม (kg)	0.002	
พลังงานไฟฟ้า (kWh)		
- การผสมวัตถุดิบ (kWh)	0.001	
- การปั่นแห้ง (kWh)	0.034	
- การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง (kWh)	0.207	
<u>สารขาออก</u>		
ไอศกรีมกะทิ (kg)	1.000	
น้ำที่หายไป (m^3)	0.12	

3.5.3 ขั้นตอนการเก็บรักษา

หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ผ่านขั้นตอนการผลิตแล้วจะถูกนำไปไว้ในตู้แช่แข็ง จำนวน 1 ตู้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในตู้แช่แข็งเพื่อเก็บรักษาคือ -20 ถึง -25 องศาเซลเซียส โดยตู้แช่แข็งจะมีกำลังไฟฟ้า 0.4 กิโลวัตต์ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไอศกรีม 1 ล็อตการผลิต (ปริมาณ 29.36 กิโลกรัม) จะอยู่ที่ 3 วัน เพื่อรอให้ไอศกรีมแข็งตัว จากนั้นจึงเริ่มขนส่งไอศกรีมไปยังแหล่งจำหน่ายในขั้นตอนถัดไป โดยงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าการทำงานของตู้แช่แข็งเป็นร้อยละ 30 ของระยะเวลา 3 วัน เนื่องจากการทำงานของตู้แช่แข็งไม่ได้ใช้ไฟในการทำงานตลอดเวลา ดังนั้นระยะเวลาในการทำงานของตู้แช่แข็ง คือ 21 ชั่วโมง ซึ่งการเก็บรักษาจะแสดงดังตารางที่ 3.5 ดังนี้

ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการเก็บรักษา (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
พลังงานไฟฟ้า - ตู้แช่ไอศกรีมหน้าโรงงาน (kWh)	0.037	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ

3.5.4 การขนส่ง

การขนส่งของงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

3.5.4.1 ขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1) การขนส่งมะพร้าวจากสวนไปยังโกดังที่ใช้เก็บมะพร้าว มีระยะทาง 0.65 กิโลเมตร ซึ่งจะขนส่งด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

2) การขนส่งมะพร้าวจากโกดังไปยังโรงงานทำไอศกรีม มีระยะทาง 881 กิโลเมตร ซึ่งจะขนส่งด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ จากอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ไปยังโรงงานผลิตไอศกรีม อำเภอเมืองจังหวัดแพร่ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

3) การขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย โดยงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่าไอศกรีมกะทิถูกจำหน่ายทั้ง 19 ตำบล ในอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ และรถที่ขนส่งไอศกรีมเป็นรถบรรทุก 4 ล้อ ที่มีระบบทำความเย็นอยู่ภายในตัวรถ ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4

3.5.4.2 ขั้นตอนการขนส่งของวัตถุดิบ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1) การขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในการเพาะปลูกมะพร้าว ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ยากำจัดศัตรูพืช และปูนโดโลไมท์ ไปยังสวนมะพร้าวในอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีสมมติฐานว่าร้านค้าที่จำหน่ายวัตถุดิบตั้งอยู่ที่ศูนย์กลางของอำเภอทับสะแก การขนส่งวัตถุดิบจากร้านค้าไปยังสวนมะพร้าวมีระยะทาง 12 กิโลเมตร และรถที่ใช้ในการขนส่งเป็นรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4

2) การขนส่งวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตไอศกรีมกะทิ ได้แก่ นม ผงเวย์ และเจลาติน ถูกขนส่งมาจากจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีระยะทาง 623 กิโลเมตร และสำหรับวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาล เกลือ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และนมข้นหวาน จะถูกขนส่งมาจากตลาดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับโรงงานผลิตไอศกรีม ตำบลทุ่งกวาว อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ โดยใช้ระยะทางเฉลี่ยระหว่างตำบลในเวียงและตำบลเหมืองหม้อ ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ มีระยะทาง 3.6 กิโลเมตร ซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดนี้จะถูกขนส่งด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4

3.5.4.3 ขั้นตอนการขนส่งของซากของผลิตภัณฑ์

การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีกำจัดซาก เป็นการขนส่งซากของผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นหลังจากการบริโภคไอศกรีม ได้แก่ กระดาษห่อไอศกรีม และไม้เสียบไอศกรีม โดยซากของผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีกำจัดซากที่อยู่ในตำบลนั้น หรือตำบลที่อยู่ใกล้เคียงกัน โดยรถที่ใช้ขนส่งซากของผลิตภัณฑ์จะเป็นรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ดังแสดงในตาราง 3.6

ตารางที่ 3.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการขนส่ง (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม)

รายการ	ชนิดพาหนะ	ระยะทางเฉลี่ย (km)	ที่มาของข้อมูล
การขนส่งวัตถุดิบไปยังสวนมะพร้าว	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	12	สัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ
การขนส่งมะพร้าวไปยังโกดัง	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.65	

*การขนส่งในขั้นตอนการเพาะปลูก การผลิตไอศกรีม และการกำจัดซาก แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4

3.5.5 การบริโภค

เนื่องจากมีสมมติฐานว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสามารถบริโภคได้เลยโดยไม่ต้องแช่เย็น จึงไม่มีการใช้วัตถุดิบหรือพลังงานใดๆ เข้าไประหว่างการบริโภค ดังนั้น จะไม่นำขั้นตอนการบริโภคมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.5.6 ขั้นตอนการกำจัดซาก

จากการศึกษางานวิจัยทำให้ทราบว่าตลอดขั้นตอนการผลิตไอศกรีมจะเหลือเศษของมะพร้าว อาทิเช่น กะลา กาบมะพร้าว กากมะพร้าว จากขั้นตอนการทำกะทิ ไม้เสียบไอศกรีม และกระดาษห่อไอศกรีมที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม สำหรับงานวิจัยนี้จะนำซากของไม้เสียบไอศกรีม และกระดาษห่อไอศกรีมที่ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์มาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน โดยงานวิจัยนี้ถูกตั้งสมมุติฐานว่ามีการจัดการซากเป็นแบบการนำไปฝังกลบ ในขณะที่สารขาออกจากขั้นตอนการทำกะทิ ได้แก่ กะลา กาบมะพร้าว และกากมะพร้าวจะไม่นำมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเนื่องจากเศษซากเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อ ดังแสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องเก็บรวบรวมของการกำจัดซาก (ต่อ 1 กิโลกรัมไอศกรีม)

รายการ	ปริมาณ	ที่มาของข้อมูล
- กระดาษห่อไอศกรีม (kg)	0.005	สัมภาษณ์จาก
- ไม้เสียบไอศกรีม (kg)	0.002	ผู้ประกอบการ

3.6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบของงานวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะเป็นขั้นตอนการคำนวณข้อมูลที่เก็บมาจากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะแสดงในหน่วยของกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และการประเมินความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลจะแสดงในหน่วยพลังงานเมกะจูล

3.7 การแปลความหมายของผลลัพธ์และการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม

การแปลความหมายของผลลัพธ์เป็นขั้นตอนที่จะบอกให้ทราบถึงผลลัพธ์ของงานวิจัยว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง สามารถทราบว่าขั้นตอนใดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และมีแนวทางในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนของกระบวนการเพื่อที่จะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานน้อยที่สุดที่เป็นไปได้

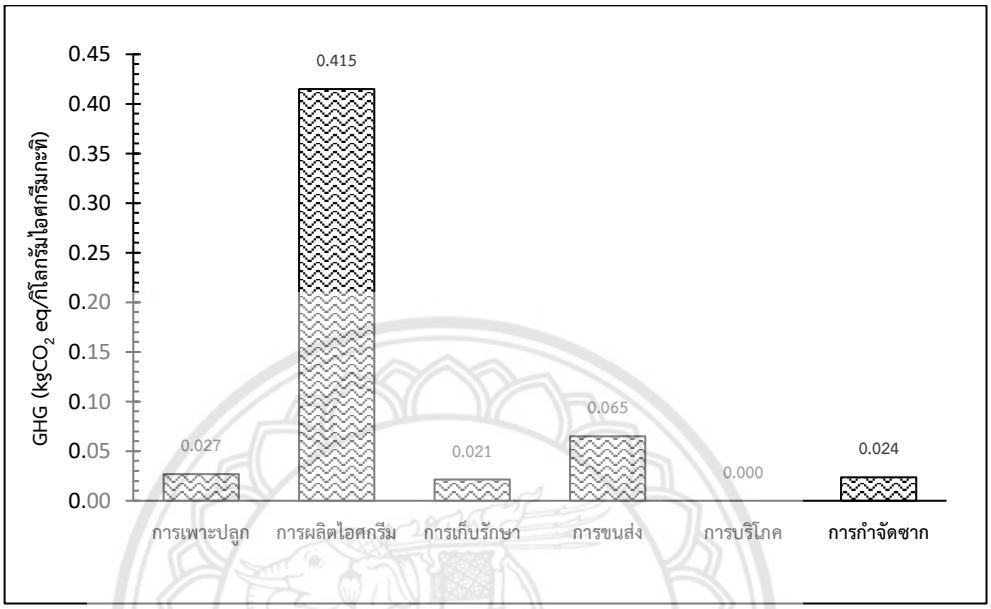
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยจะเริ่มศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว การขนส่งมะพร้าวมายังโรงงาน ขั้นตอนการทำกะทิ ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนการขนส่งไอศกรีมกะทิเพื่อจำหน่ายในจังหวัดแพร่ ขั้นตอนการบริโภค และขั้นตอนการกำจัดซาก ซึ่งงานวิจัยนี้จะบอกถึงปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล จะรายงานในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิและเมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 0.552 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ ซึ่งเป็นผลรวมมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ การผลิตไอศกรีม > การขนส่ง > การเพาะปลูกมะพร้าว > การกำจัดซาก > การเก็บรักษา > การบริโภค ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.415 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 75 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมมีวัตถุดิบสารขาเข้าสำหรับขั้นตอนการผสมวัตถุดิบที่หลากหลาย การใช้พลังงานไฟฟ้าต่างๆ รวมถึงการใช้ก๊าซหุงต้มเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน ที่เกิดขึ้นของการผลิตไอศกรีม ขั้นตอนการขนส่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดย รวมระยะทางการขนส่งทั้ง 3 ขั้นตอน (ขนส่งผลิตภัณฑ์ ขนส่งวัตถุดิบ และขนส่งซากของผลิตภัณฑ์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.065 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 12 เนื่องจากขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์มะพร้าวถูกขนส่งมาจากภาคใต้ไปยังโรงงานผลิตไอศกรีมทางภาคเหนือ ซึ่ง

เป็นระยะทาง 881 กิโลเมตร จึงส่งผลให้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับสอง รายละเอียดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนต่างๆ จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

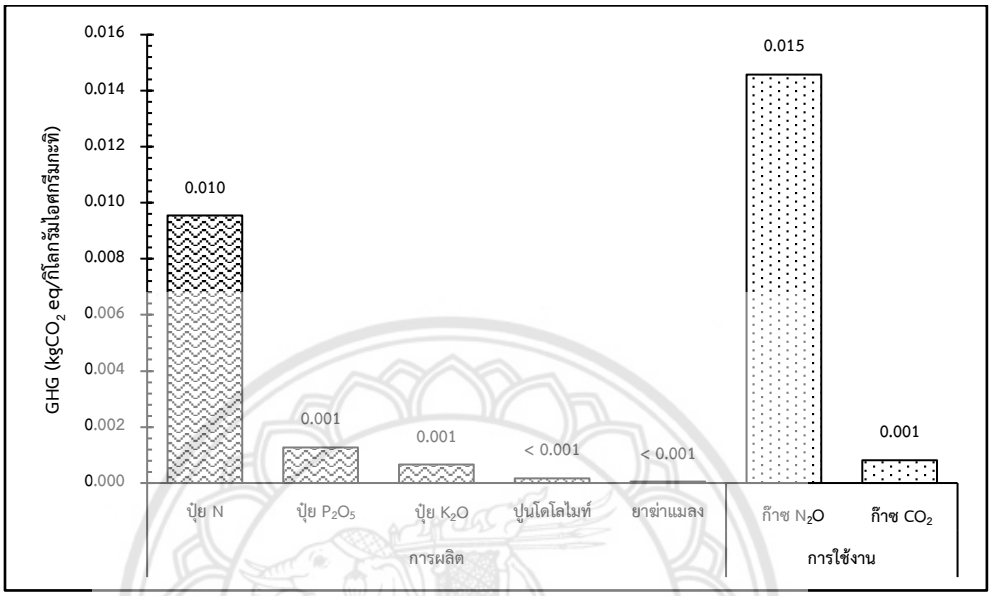


รูปที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

4.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเพาะปลูกมะพร้าว สามารถแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม ของการเพาะปลูกมะพร้าวที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งาน แสดงดังรูป 4.2 ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนนี้มีค่าเท่ากับ 0.027 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้งาน โดยมีค่าเท่ากับ 0.015 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 54 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และปุ๋ยอินทรีย์ ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขณะที่ปุ๋ยเข้าไปในดิน [24] การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปุ๋ยไนโตรเจน (ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รองลงมา มีค่าเท่ากับ 0.010 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 35 ซึ่งขั้นตอนการเพาะปลูกจะใช้ปุ๋ยN เป็นปริมาณที่มาก ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ใช้ในปริมาณมากกว่าปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ยเคมี

ไนโตรเจน มีค่าการปล่อยที่มาก (3.304 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมNของปุ๋ย) โดยรายละเอียดของปริมาณปล่อยก๊าซเรือนของขั้นตอนนี้จะแสดงดังภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1

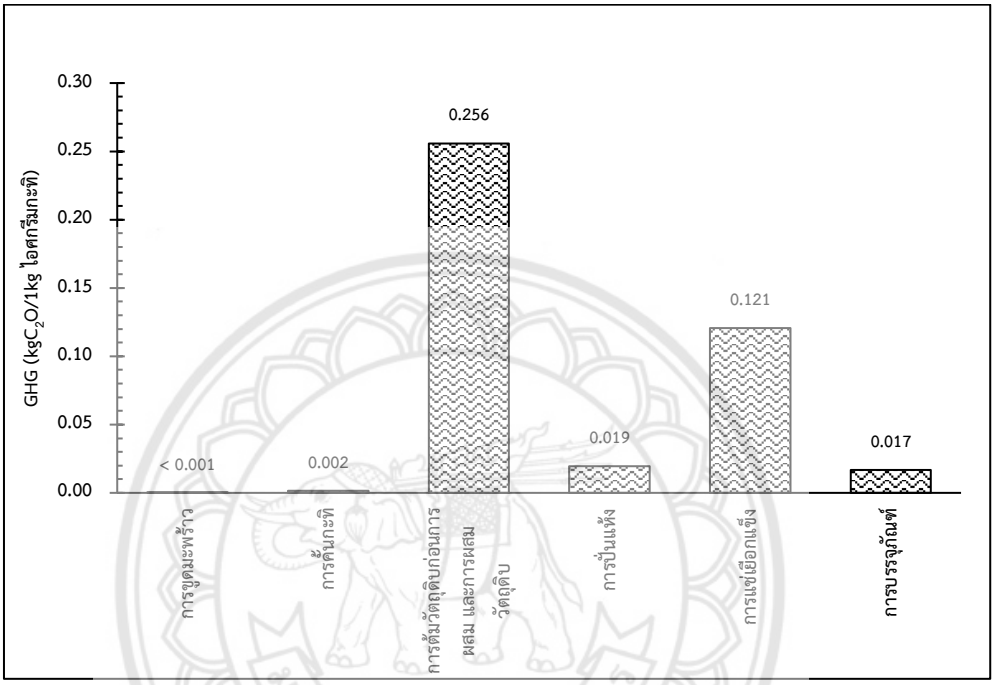


รูปที่ 4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

4.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 0.415 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 75 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ดังแสดงดังรูป 4.3 โดย พบว่า ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด เท่ากับ 0.256 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ เนื่องจากในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบได้แบ่งออกเป็น 2 สาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้ คือ วัตถุดิบที่ใช้เป็นสารขาเข้าสำหรับขั้นตอนการผสมไอศกรีม แสดงดังรูปที่ 4.4 และอีกสาเหตุมาการการใช้ไฟฟ้าในการผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน โดยมีการปล่อยเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนผสมวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 0.3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ โดยรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2 ขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสอง คิดเป็นร้อยละ 29 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าของขั้นตอนนี้มี

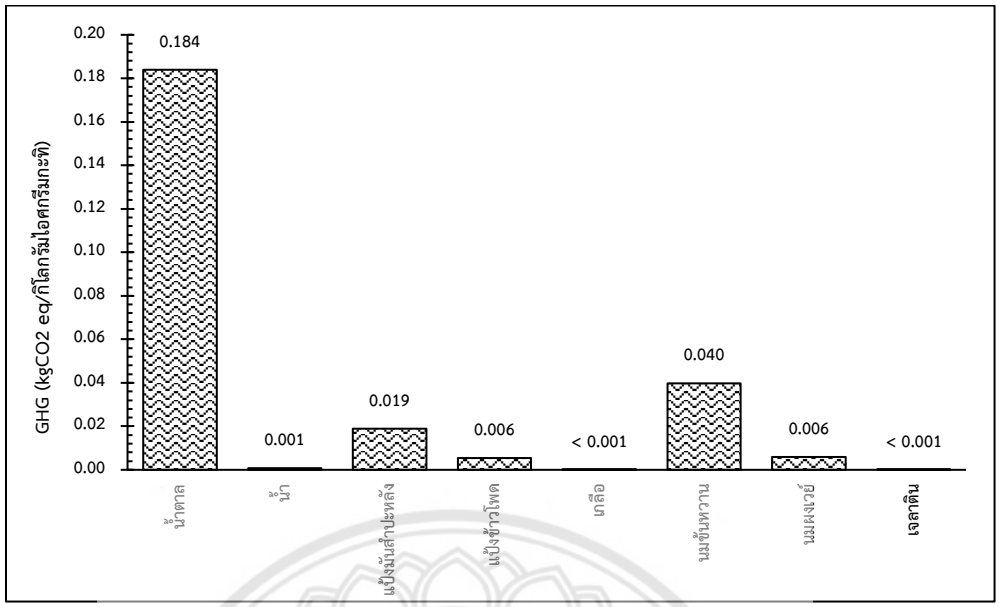
เครื่องใช้ไฟฟ้า 3 เครื่อง ได้แก่ เครื่องคอมเพลสเซอร์ เครื่องคอนเดนเซอร์ และเครื่องอีวาโปเรเตอร์ โดยแต่ละเครื่องมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นร้อยละ 9.7 ขั้นตอนการปั่นแห้งและขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 5 และ 4 ตามลำดับ เมื่อเทียบจากขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิทั้งหมด



รูปที่ 4.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

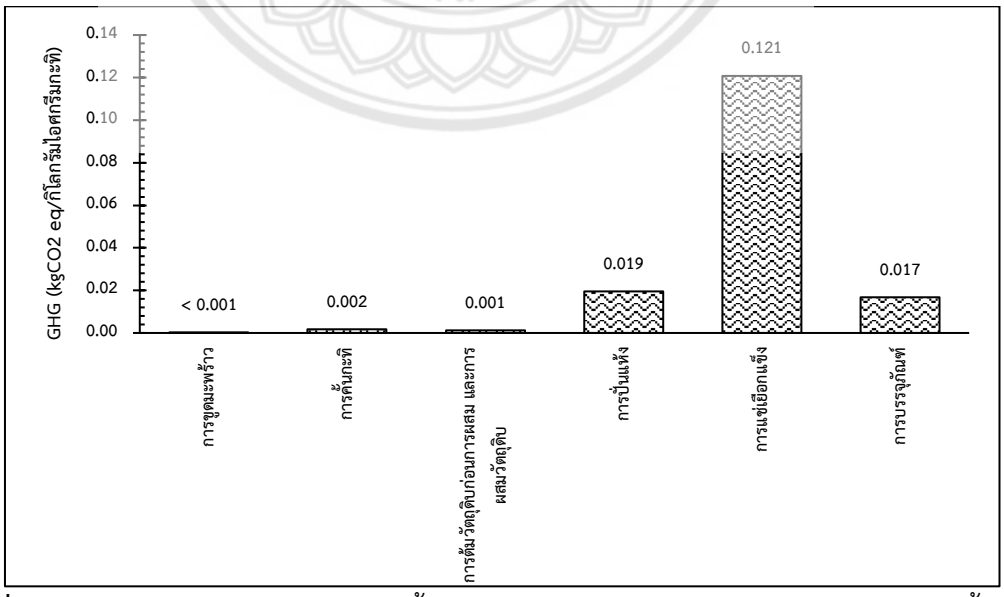
รูปที่ 4.4 แสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ

โดยพบว่าวัตถุดิบที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ น้ำตาล เนื่องจากปริมาณของน้ำตาลได้ถูกใช้ในปริมาณมากสำหรับขั้นตอนการผสมไอศกรีม (ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ของบทที่ 3) รวมไปถึงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำตาลซึ่งมีค่ามาก (ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำตาลเท่ากับ 1.08 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมน้ำตาล) จึงส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำตาล คิดเป็นร้อยละ 72 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ ซึ่งเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุด นอกจากนี้ การปล่อยเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนผสมวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 0.3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ โดยรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2



รูปที่ 4.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผสมไอศกรีมกะทิ

ในขั้นตอนการต้มวัตถุดิบก่อนการผสมและขั้นตอนการผสมวัตถุดิบไอศกรีมกะทิ เมื่อไม่คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบขาเข้าก่อนขั้นตอนการผสม (คิดเพียงพลังงานไฟฟ้าของเครื่องผสมวัตถุดิบและก๊าซหุงต้มสำหรับให้พลังงานความร้อน) มีค่าเท่ากับ 0.160 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิโดยไม่คิดวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผสม

4.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.021 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดย พบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนนี้

4.1.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่ง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่งแสดงดังรูป 4.4 การขนส่ง มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.065 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งการขนส่งผลิตภัณฑ์มะพร้าวจากโกดังมายังโรงงานผลิตไอศกรีมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.060 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 91 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่ง พบว่า สาเหตุหลักมาจากระยะทางของการขนส่งผลิตภัณฑ์มะพร้าวจากภาคใต้มายังโรงงานผลิตไอศกรีมที่ภาคเหนือ ซึ่งรายละเอียดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเภทจะแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.4

รูปที่ 4.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่ง

4.1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการบริโภค

เนื่องจากในขั้นตอนของการบริโภคไอศกรีมกะทิสามารถบริโภคได้เลย ไม่มีต้องผ่านการแปรรูป หรือมีการใช้พลังงานเพิ่มเติม จึงทำให้ในขั้นตอนการบริโภคประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

4.1.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์

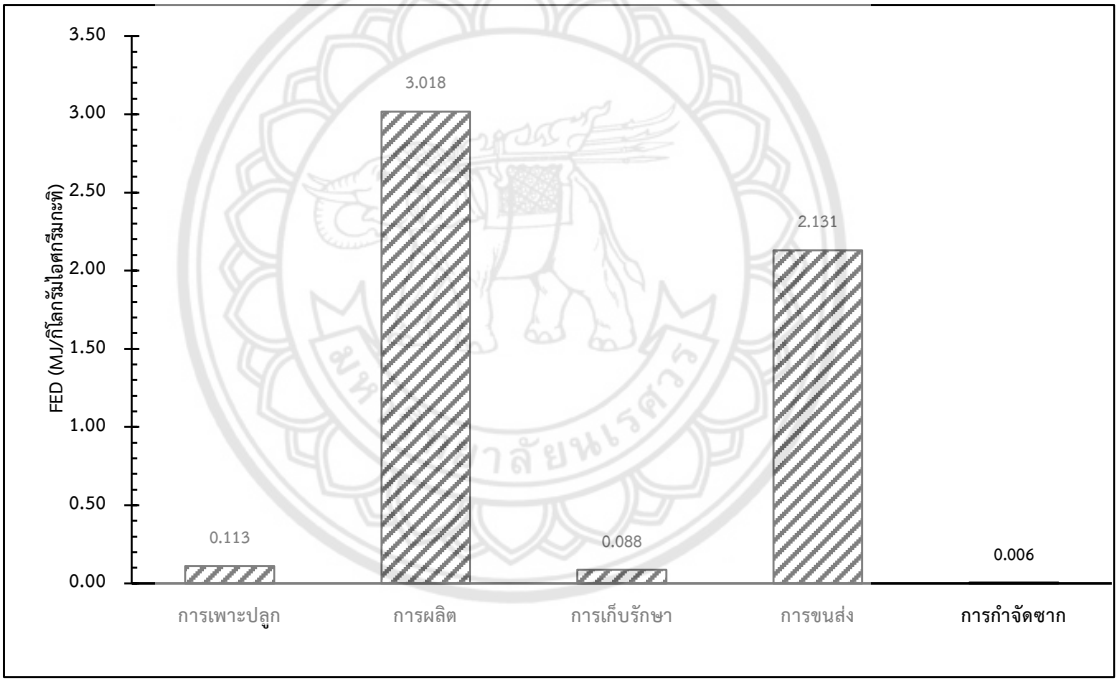
ซากของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิแบ่งออกเป็น 2 ชนิด แสดงดังตาราง 3.7 โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซากแบบฝังกลบมีค่า 0.024 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของซากกระดาษห่อไอศกรีมคิดเป็นร้อยละ 66 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของซากไม้เสียบคิดเป็นร้อยละ 34 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์

4.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

การประเมินค่าความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นการคำนวณโดยใช้วิธี Cumulative Energy Demand (CED) เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการเก็บข้อมูลของค่าการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนั้น จึงอ้างอิงข้อมูลจาก ecoinvent 3.0 ฐานข้อมูลของ SimaPro 8.4 โดยค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะแสดงผลในหน่วยของเมกะจูล

ผลจากการศึกษา พบว่า ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 4.756 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีม โดยการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของแต่ละขั้นตอนเรียงลำดับจากปริมาณที่มากที่สุดไปยังน้อยที่สุด การผลิตไอศกรีมกะทิ > การขนส่ง > การเพาะปลูก > การเก็บรักษา > การกำจัดซาก ตามลำดับ แสดงดังรูป 4.7 โดยในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 3.018 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 56 เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีวัตถุดิบขาเข้าที่หลากหลาย โดยวัตถุดิบบางชนิดมีปริมาณสารขาเข้าที่มาก อีกทั้งกระบวนการได้มาของวัตุดิบต่างๆมีการใช้พลังงานที่สูงในการผลิต จึงทำให้ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด โดยมีรายละเอียดของความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ขั้นตอนการขนส่งมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 2.131 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 40 พบว่า ในการขนส่งมะพร้าวมายังโรงงานถูกขนส่งโดยรถกระบะบรรทุกที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขนส่ง โดยการได้มาของน้ำมันดีเซลนั้นมาจากการแปรรูปของน้ำมันดิบซึ่งเป็นเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ส่งผลให้การได้มาของวัตถุดิบในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานที่มาก รวมถึงมีระยะทางในการขนส่งที่ไกล ส่งผลให้มีการใช้พลังงานมากตามไปด้วย โดยรายละเอียดความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของแต่ละขั้นตอนจะถูกกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

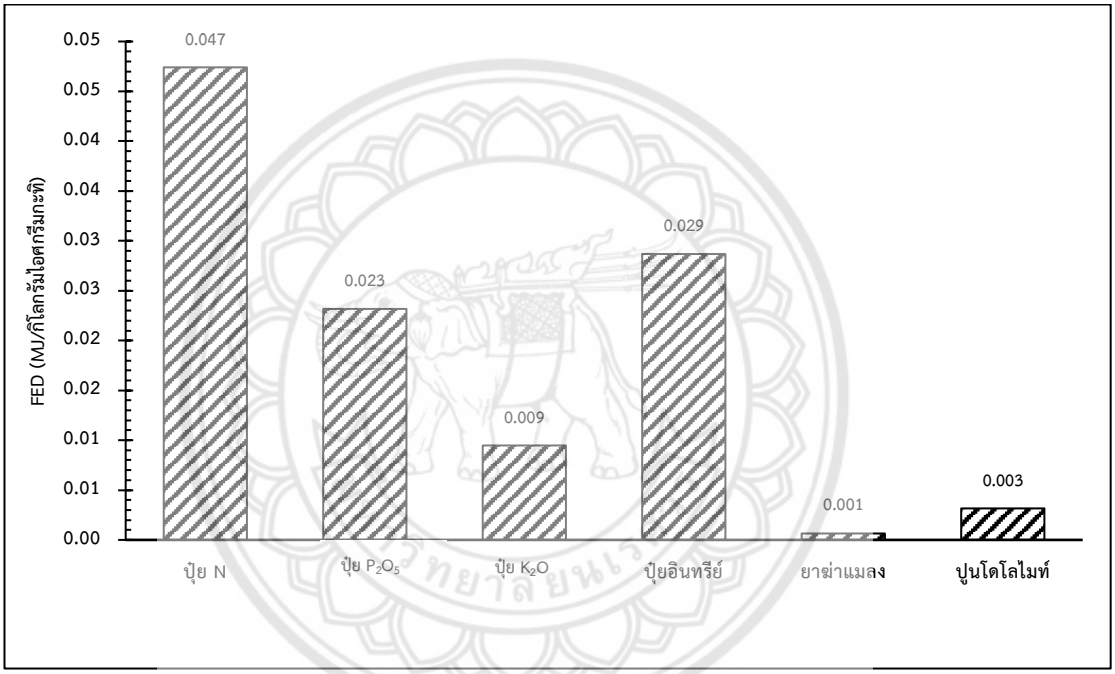


รูปที่ 4.7 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

4.2.1 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าวทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.122 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ แสดงดังรูป 4.8 โดยปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในขั้นตอนในการเพาะปลูกมะพร้าวที่มากที่สุดคือปุ๋ยเคมีไนโตรเจน มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่ากับร้อยละ 42 เนื่องมาจากการได้มาของ

วัตถุดิบ ซึ่งกระบวนการผลิตปุ๋ยยูเรียมีแอมโมเนียเป็นสารตั้งต้น ซึ่งมีการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตที่สูง จึงทำให้มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด โดยมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 0.049 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไก่และมูลวัวมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่ากับร้อยละ 26 โดยในขั้นตอนการเพาะปลูกนั้นปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกมีปริมาณมาก จึงทำให้มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากตามไปด้วย โดยจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1

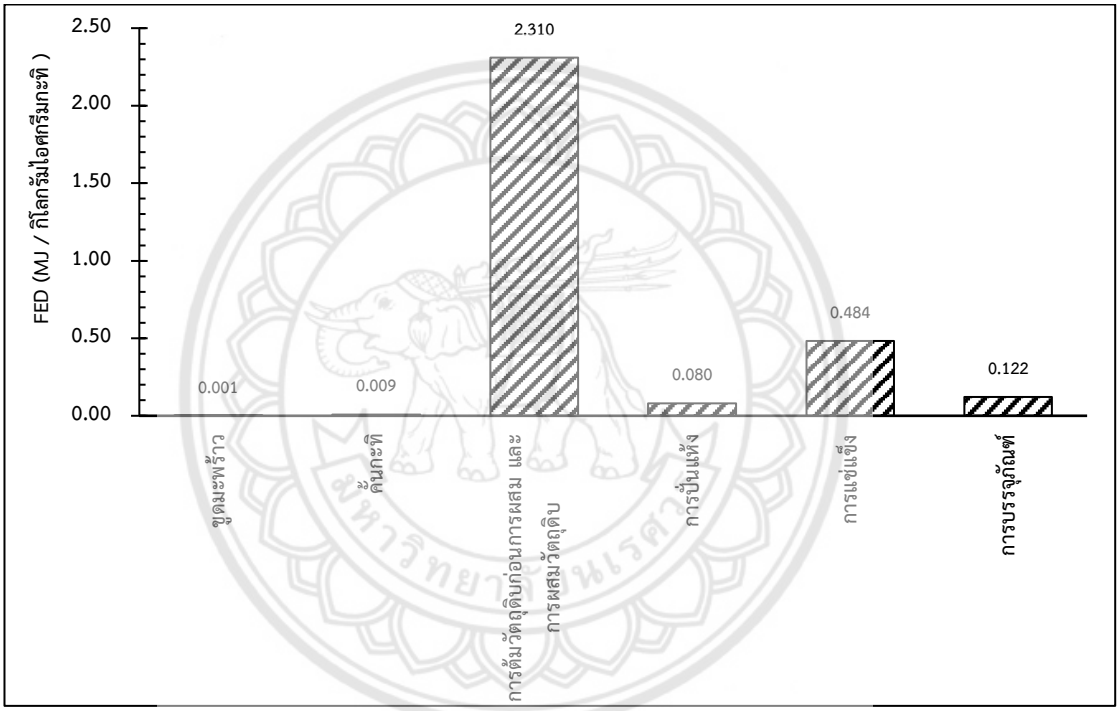


รูปที่ 4.8 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

4.2.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

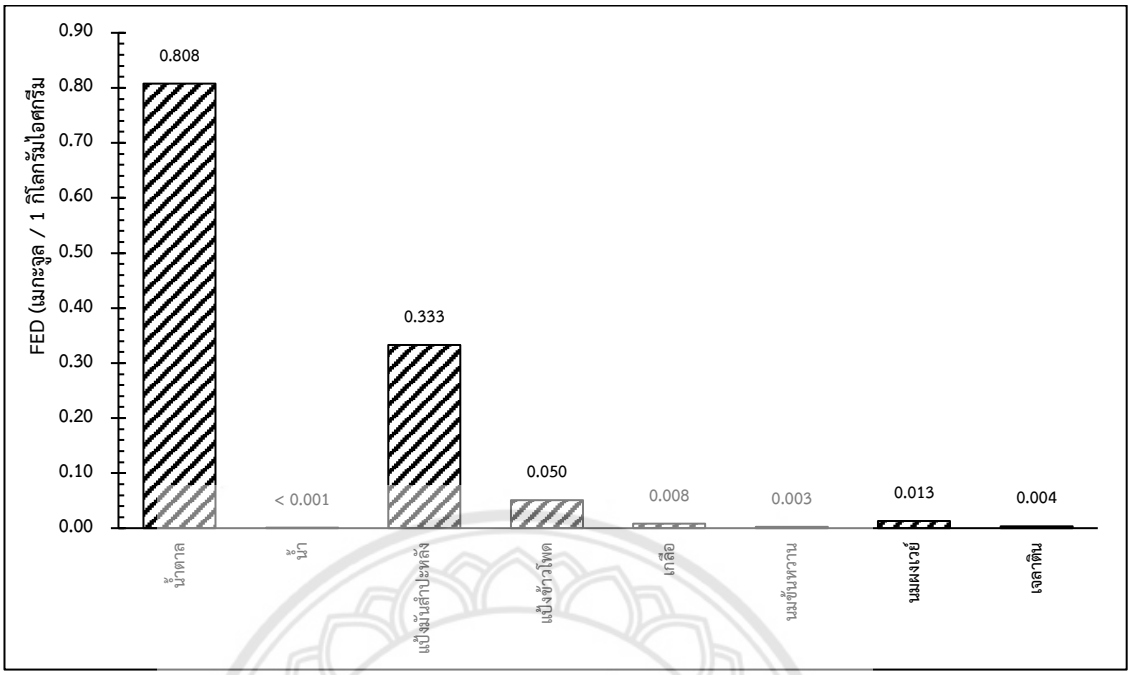
ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่ากับ 3.018 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ แสดงดังรูป 4.9 โดยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่ากับร้อยละ 77 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีสารขาเข้าอื่นๆนอกเหนือจากวัตถุดิบหลักเป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 ชนิด ได้แก่ น้ำตาล น้ำ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด ก๊าซหุงต้ม ไฟฟ้า เกลือ นมข้นหวาน นม

ผงเวย์ และเจลาติน โดยเจลาตินและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด จึงทำให้ปริมาณความต้องการพลังงานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบมีค่าที่สูง รองลงมาคือขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก ซึ่งเกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องอีวาโปเรเตอร์ เครื่องคอนเดนเซอร์ และเครื่องคอมเพลสเซอร์ ซึ่งมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่ากับร้อยละ 5 เท่ากันทุกเครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 16 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ สำหรับรายละเอียดในขั้นตอนนี้จะแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.2



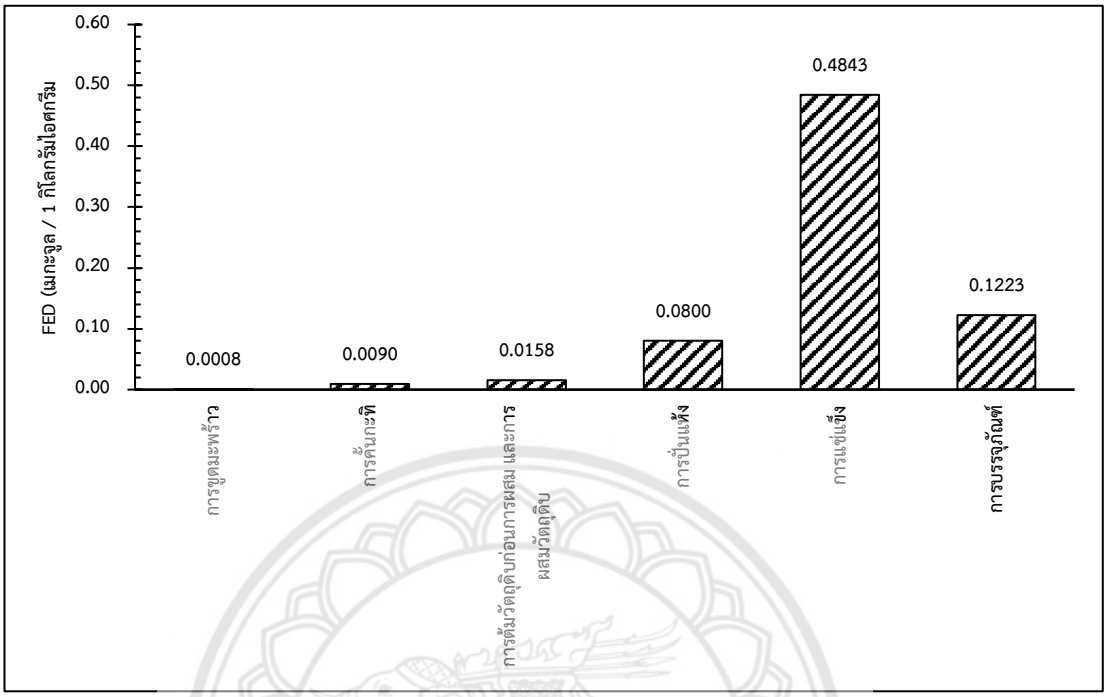
รูปที่ 4.9 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

เนื่องจากในขั้นตอนการผสมวัตุดิบมีวัตถุดิบอื่นๆนอกเหนือจากน้ำกะทิเป็นจำนวนทั้งสิ้น 8 ชนิด ได้แก่ น้ำตาล น้ำ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด เกลือ นมข้นหวาน นมผงเวย์ และเจลาติน โดยน้ำตาลและแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด โดยมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 0.808 และ 0.333 ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 66 และร้อยละ 27 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ จึงทำให้ปริมาณความต้องการพลังงานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบมีค่าที่สูง แสดงดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

รูปที่ 4.11 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผลิตไอศกรีมโดยคิดเพียงพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากก๊าซหุงต้ม ส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีค่าเท่ากับ 0.712 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ ซึ่งขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็งมีการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องอีวาโปเรเตอร์ เครื่องคอนเดนเซอร์ และเครื่องคอมเพลสเซอร์ จึงทำให้มีค่าพลังงานสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.11 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิโดยไม่คิดวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการผสม

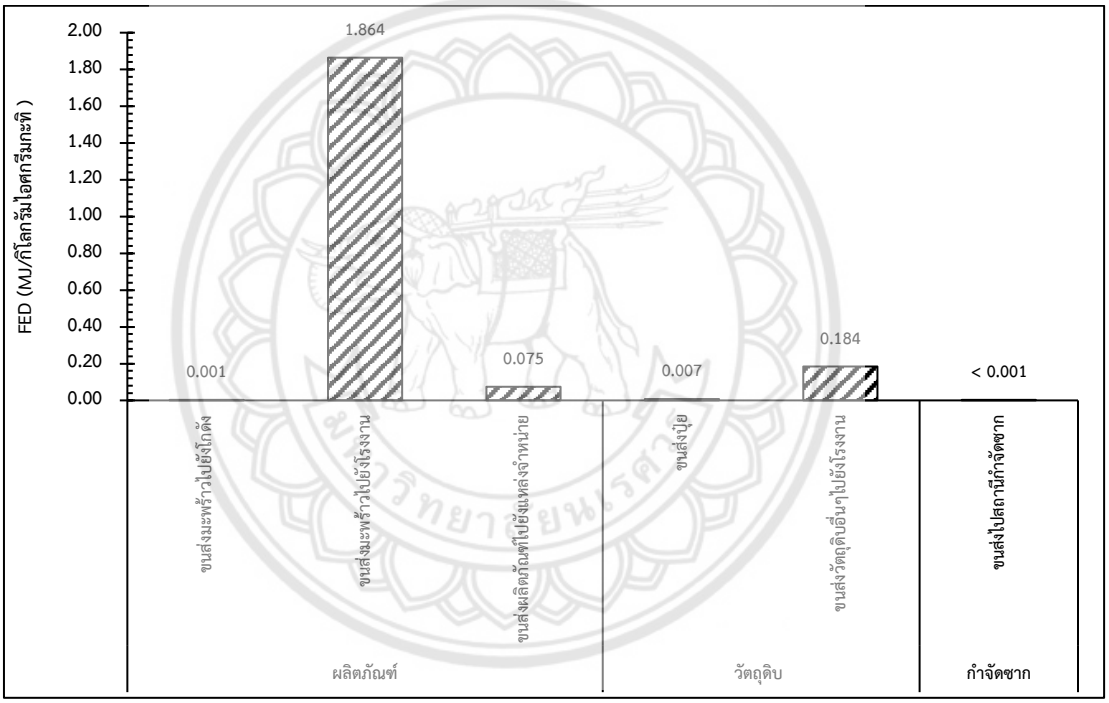
4.2.3 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ

ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ มีค่าเท่ากับ 0.088 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ หรือคิดเป็นร้อยละ 2 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยปริมาณของพลังงานที่ได้นี้ขึ้นอยู่กับค่าพลังงานจากฟอสซิลของไฟฟ้าที่ใช้ โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในขั้นตอนการเก็บรักษาไอศกรีมกะทิ โดยจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.3

4.2.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการขนส่ง

ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการขนส่งมีค่าเท่ากับ 2.131 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ แสดงดังรูป 4.12 การขนส่งผลิตภัณฑ์มีการใช้พลังงานเท่ากับ 1.940 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ คิดเป็นร้อยละ 91 โดยการขนส่งผลิตภัณฑ์มี

การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด เนื่องจากในการขนส่งมะพร้าวมายังโรงงานถูกขนส่งโดยรถกระบะบรรทุกที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขนส่ง โดยการได้มาของน้ำมันดีเซลนั้นมาจากการแปรรูปของน้ำมันดิบซึ่งเป็นเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ส่งผลให้การได้มาของวัตถุดิบในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานที่มาก อีกทั้งยังขนส่งผลิตภัณฑ์ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งที่มาก โดยมีการขนส่งมะพร้าวซึ่งถูกขนส่งมาจากภาคใต้ของประเทศไทย และการขนส่งผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิจากโรงงานผลิตไปยังแหล่งจำหน่ายไอศกรีมทุกตำบลของอำเภอเมือง ในจังหวัดแพร่ โดยจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.4



รูปที่ 4.12 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการขนส่ง

4.2.5 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์

ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของขั้นตอนการกำจัดซาก พบว่า ในขั้นตอนกำจัดซากมีปริมาณความต้องการใช้พลังงานเท่ากับ 0.006 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ โดยเป็นการกำจัดซากแบบฝังกลบ ซึ่งค่าพลังงานที่ได้จากการฝังกลบนั้นจะถูกพิจารณาจากค่าความต้องการใช้พลังงานของกระดาษห่อไอศกรีม และไม้เสียบไอศกรีมมีค่าพลังงานเท่ากับ 1.014

เมกะจูลต่อกิโลกรัมกระดาษห่อไอศกรีม และ 0.268 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไม้เสียบไอศกรีม ตามลำดับ โดยค่าเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากกระบวนการกำจัดขยะมูลฝอย โดยแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.5

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตไอศกรีมกะทิ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตลอดวัฏจักรไอศกรีมกะทิมีค่า 0.552 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิตลอดวัฏจักรโดยเรียงลำดับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้ การผลิตไอศกรีมปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 75 การขนส่งปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 12 การเพาะปลูกมะพร้าวปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 5 การกำจัดซากปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 4 การเก็บรักษาปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 4 และการบริโภคปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 0 ตามลำดับ

ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้วัตถุดิบในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบที่หลากหลายของสารขาเข้าของขั้นตอนการผลิตไอศกรีม จึงส่งผลให้ในขั้นตอนนี้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามากที่สุด

ขั้นตอนการขนส่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับที่สอง สาเหตุมาจากระยะทางที่ใช้ในการขนส่งมะพร้าวเป็นระยะทาง 881 กิโลเมตร จากสวนมะพร้าว อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ไปยังโรงงานผลิตไอศกรีม ที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ซึ่งระยะที่มากส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากเช่นกัน

5.1.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเทียบเท่าปริมาณไอศกรีมกะทิ 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 5.355 เมกะจูลต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของแต่ละขั้นตอนของการผลิตไอศกรีมกะทิตลอดวัฏจักรโดยเรียงปริมาณที่มากที่สุดไปยังน้อยที่สุดได้ดังนี้ การผลิตไอศกรีมโดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 56 การขนส่งโดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 40 การเพาะปลูกมะพร้าวโดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 2 การเก็บรักษาโดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 2 การกำจัดซากโดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 0 ตามลำดับ

ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีวัตถุดิบขาเข้าที่หลากหลาย โดยวัตถุดิบบางชนิดมีปริมาณสารขาเข้าที่มาก อีกทั้งยังมีปริมาณการใช้พลังงานที่สูง จึงทำให้ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด

ขั้นตอนการขนส่งมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากเป็นอันดับที่ 2 มีสาเหตุมาจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขนส่ง โดยการได้มาของน้ำมันดีเซลนั้นมาจากการแปรรูปของน้ำมันดิบซึ่งเป็นเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ส่งผลให้การได้มาของวัตถุดิบในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานที่มาก ดังนั้น ในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณมากตามไปด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงาน

การผลิตไอศกรีมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนของการผลิตไอศกรีมมีการใช้วัตถุดิบที่หลากหลายในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ โดยเฉพาะน้ำตาลที่ใช้ในขั้นตอนการต้มวัตถุดิบก่อนการผสม เป็นน้ำตาลประเภทน้ำตาลทรายขาวบริสุทธ์ ซึ่งผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนทำให้มีปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาก อีกทั้งยังมีราคาแพง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงอยากเสนอแนะให้เปลี่ยนประเภทของน้ำตาลที่ใช้ในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบเป็นน้ำตาลทรายขาวธรรมดา เพราะมีการผ่านกระบวนการผลิตคล้ายกับน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ แต่จะมีความบริสุทธิ์น้อยกว่าเนื่องจากผ่านกระบวนการผลิตที่น้อยกว่า อีกทั้งยังมีราคาที่ถูกกว่า นอกจากจะเป็นการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย (การเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตอาจส่งผลให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิต่าง

ไปจากเดิม รวมไปถึงอาจมีความจำเป็นในการปรับปรุงสูตรการทำไอศกรีม) การใช้ก๊าซหุงต้มเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน รวมไปถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในขั้นตอนการผลิต เนื่องจากการจัดวางเครื่องใช้ไฟฟ้าของทางโรงงานผลิตไอศกรีมนั้นอยู่ในบริเวณที่แสงแดดสามารถส่องถึงซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ทำให้เครื่องคอนเดนเซอร์ทำงานหนักกว่าปกติ จึงอาจส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเยอะขึ้น ดังนั้น ควรมีการย้ายเครื่องใช้ไฟฟ้าไปยังตำแหน่งที่แสงแดดไม่สามารถส่งเข้ามาในตัวอาคารได้ (การย้ายเครื่องใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องคำนึงถึงความคุ้มทุนของค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม) นอกจากนี้อาคารที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมควรเป็นอาคารแบบปิด เพราะการผลิตไอศกรีมมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาอุณหภูมิภายในตัวอาคารตลอดเวลาในการผลิต นอกจากนี้ในขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานหลักจากการใช้ไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายชนิด ได้แก่ เครื่องอีวาโปเรเตอร์ เครื่องคอนเดนเซอร์ และเครื่องคอมเพลสเซอร์ สำหรับในส่วนของเครื่องคอนเดนเซอร์นั้น ควรมีการดูแลรักษา หากเครื่องสกปรกและมีฝุ่นจับอยู่หนา เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการรักษาความสะอาดควรใช้แปรงปัดฝุ่น หรือใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาด และท่อส่งความเย็นระหว่างอุปกรณ์ในขั้นตอนนี้ควรมีการหุ้มฉนวนที่ตัวท่อ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนที่มากเกินจำเป็น

ในขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นมะพร้าว โดยขนส่งมะพร้าวจากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มายังโรงงานการผลิตไอศกรีมจังหวัดแพร่ จากระยะทางที่ไกลจึงส่งผลให้การขนส่งผลิตภัณฑ์มะพร้าวปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับการขนส่งอื่นๆ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงอยากเสนอแนะให้เลือกซื้อมะพร้าวจากแหล่งจำหน่ายที่ใกล้เคียงกับโรงงานผลิตไอศกรีม เพราะนอกจากจะเป็นการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้อีกด้วย (การเปลี่ยนสถานที่ในการซื้อมะพร้าวอาจส่งผลให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิต่างไปจากเดิม)

เอกสารอ้างอิง

[1] ชนิตพล ผลกล้า. (2556). **ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases).** สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2560. จาก http://tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=2572& pageid =4&read=true&count=true

[2] สำนักสนธิสัญญาและยุทธศาสตร์. (2555). **ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Inventory).** สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2560. จาก http://ghg.diw.go.th/ghgtempfile/ Web/index .php/11-ghg/5-ghg.

[3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2555). **อภิธานศัพท์และคำย่อด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ปี 2554**. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

[4] ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก. (2556). **ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขาระหว่างปี พ.ศ.2543-2555**. องค์การบริหารการเกิดก๊าซเรือนกระจก.

[5] วรุณ รักสกุลกานต์. (2559). **การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย**. ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก.

[6] อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิเพื่อสถาบันอาหาร. (2558). **ตลาดไอศกรีม.** สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2560, จาก http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=76.

[7] ดา นานาวัน. (2554). **อุตสาหกรรมสาร**. สารวารสารของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, หน้า 11-13.

[8] Ben & Jerry's. (2010). **การทำไอศกรีม**. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2561, จาก https:// www.benjerry.co.th/flavours/how-we-make-ice-cream#1timeline .

[9] บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม. (2555). **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10] รพรรณ บุญพร้อม. (2552). **LCA.** สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2560, จาก http://www.en.mahidol.ac.th/EI/1089_4.html.

[11] ณัฐกานต์ สมตัว. (2553). **การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พัดซกอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[12] Xiaoyu Yan and Roy J. Crookes. (2008). **Reduction potentials of energy demand and GHG emissions in China's road transport sector.** Energy Policy, p. 658-668.

[13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(2547) **ระบบการทำความเย็น (Refrigeration)**. สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2560. จาก http://www.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay29%20Refrigeration.pdf.

[14] ประสงค์ ทองยงค์. (2556). **มะพร้าวน้ำหอม**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว Vol. 38, หน้า 141-175

[15] อรพิน ชัยประสพ. (2544). **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[16] Varnam, Sutherland. (1994). **Milk and Milk Products:Technology,Chemistry and microbiology.** (2nd ed). London: Chapman & Hall.

[17] Andreasen and Nielsen. (1992). **Ice Cream and Aerated Dessert** In The Technology of Dairy Products. (1st ed). R. New York: VCH Publishers.

[18] ประเสริฐสุข จามรมาน. (2558). **การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมะพร้าวบรรจุขวดของวิสาหกิจเดชาธร (ภายใต้โครงการเมืองเกษตรสีเขียว จ.ราชบุรี)**. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

[19] Zheng, Wanli. (2010). **The carbon footprint of ice cream and its mitigating options for Unilever in China.** Default journal.

[20] Ben & Jerry's. (2016). **A Life Cycle Analysis Study of Some of Our Flavors.** สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2560, จาก http://www.benjerry.com/values/issues-we-care-about/ climate-justice/life-cycle-analysis.

[21] Elauria and J.C. (2011). **Life cycle greenhouse gas (GHG) assessment of coconut for iodiesel production in the Philippines**, Inst. of Agricultural Engineering. Los Baños, College, Laguna (Philippines).

[22] S. Martinez,C. BessoucbL., et all. (2017). **The impact of palm oil feedstock within the LCA of a bio-sourced cosmetic cream.** Journal of Cleaner Production, p. 348-360.

[23] อภิชาติ ศรีสะอาด และณัฏฐ์ชญามนต์ ดินรมรัมย์. (2559). **ครบเครื่องเรื่องมะพร้าว**. (1st ed). สำนักพิมพ์นาคา อินเตอร์มีเดีย.

[24] Darren Osborne. (2012). **Fertilisers behind increase in N2O levels**. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2561, จาก http://www.abc.net.au/science/articles/2012/03/16/3455453.htm.

[25] กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร. (2537). **ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ.** สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2561, จาก https://docs.google.com/spreadsheets/d/1uBQbavoQE- 7CPPoegHFjhAimHJ131hwgMB7ADX45eOk/edit?copiedFromTrash#gid=0.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการเพาะปลูกมะพร้าว

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการเพาะปลูกมะพร้าวจากวารสาร [25]

พื้นที่เก็บเกี่ยว	ปริมาณปุ๋ยเคมี (13-13-21)				ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์				ยาฆ่าแมลง	ปริมาณปูนโดโลไมท์	ผลผลิต
	ปริมาณปุ๋ย	ปริมาณ N	ปริมาณ P	ปริมาณ K	มูลไก่	มูลวัว/ควาย	ปริมาณ N ของมูลไก่	ปริมาณ N ของมูลวัว	ปริมาณ		
(ไร่)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	96	12.48	12.48	20.16	480	480	8.8	11.832	0.0589	96	2014

ภาคผนวก ข

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิขั้นตอนต่างๆ

ตารางที่ ข.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF (kg CO_2 eq/ หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg มะพร้าว)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การเพาะปลูกมะพร้าว	**สารขาเข้า**						
	ปุ๋ยเคมี N	0.0030	3.3036	kg	0.0100	0.0027	อบก.
	ปุ๋ยเคมี P_2O_5	0.0030	1.5716	kg	0.0047	0.0013	อบก.
	ปุ๋ยเคมี K_2O	0.0049	0.4974	kg	0.0024	0.0006	อบก.
	ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่)	0.1162	0.1097	kg	0.0127	0.0034	อบก.
	ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว)	0.1162	0.1097	kg	0.0127	0.0034	อบก.
	ยาฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืช	1.47×10^{-5}	13.9	kg	0.0002	0.0001	Simapro
	ปูนโดโลไมท์	0.0232	0.0265	kg	0.0006	0.0002	
	สารขาออก						
	ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากปุ๋ย N	0.0002	310	kg N_2O	0.0542	0.0146	IPCC
	คาร์บอนไดออกไซด์จากปูนโดโลไมท์	0.0030	1	kg CO_2	0.0030	0.0008	IPCC
		รวม			**1.0005**	0.0271	

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg เนื้อมะพร้าว)	ค่า EF (kg CO_2 eq/ หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg เนื้อมะพร้าว)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การขูดมะพร้าว	**สารขาเข้า**						
	มะพร้าว1ลูก	2.6330	-	kg	-		
	ไฟฟ้า	0.003	0.5821	kWh	0.0020	0.0002	อบก.
	สารขาออก						
	เนื้อมะพร้าว	1.0000		kg			
	กาบมะพร้าว	0.8349		kg			
	กะลา	0.3532		kg			
	น้ำมะพร้าว	0.4495		kg			
		รวม			0.0020	0.0002	

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF (kg CO_2 eq/ หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg น้ำกะทิ)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การต้มน้ำกะทิ	**สารขาเข้า**						
	เนื้อมะพร้าว	0.3750		kg			
	น้ำประปา	0.0009	0.7043	m^3	0.0007	0.0002	อบก.
	ก๊าซหุงต้ม	0.0003	0.4053	kg	0.0001	0.0000	อบก.
	ไฟฟ้า	0.0079	0.5821	kWh	0.0046	0.0012	อบก.
	สารขาออก						
	น้ำกะทิ	1.0000		kg			
	กากมะพร้าว	0.3125		kg			
	CO_2 จากการใช้ก๊าซหุงต้ม	0.0003	3.1100	kg	0.0008	0.0002	
		รวม			0.0062	0.0016	

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF (kg CO_2 eq/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การผสมวัตถุดิบ	**สารขาเข้า**					
	กะทิ	0.2725		kg		
	น้ำตาล	0.1703	1.0800	kg	0.1839	อบก.
	น้ำ	0.0005	1.3664	m^3	0.0006	อบก.
	แป้งมันสำปะหลัง	0.0341	0.5550	kg	0.0189	อบก.
	แป้งข้าวโพด	0.0102	0.5400	kg	0.0055	อบก.
	ก๊าซหุงต้ม	0.0001	0.4053	kg	0.0001	อบก.
	ไฟฟ้า	0.0012	0.5821	kWh	0.0007	อบก.
	เกลือ	0.0041	0.0054	kg	2.21×10^{-5}	อบก.

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq$/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq$/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การผลิตวัตถุดิบ (ต่อ)	**สารขาเข้า (ต่อ)**					
	นมข้นหวาน	0.0129	3.0727	kg	0.0398	Carbon footprint of Canadian dairy products
	นมผงเวย์	0.0341	0.171	kg	0.0058	Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment
	เจลาติน	0.002	0.0645	kg	0.0001	Life cycle assessment from early development stages: the case of gelatin extracted from tilapia residues
	สารขาออก					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ			kg		
	CO_2 จากการใช้ก๊าซหุงต้ม			kg	0.0004	อบก.
	รวม				0.2558	

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF (kg CO_2 eq/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การปั่นแห้ง	**สารขาเข้า**					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
	ไฟฟ้า	0.0335	0.5821	kWh	0.0195	อบก.
	สารขาออก					
	เนื้อไอศกรีม**กะทิ**	1.0000		kg		
		รวม			**0.0195**	
การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง	**สารขาเข้า**					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
	ไฟฟ้า (evaporator)	0.0691	0.5821	kWh	0.0402	อบก.
	ไฟฟ้า (condensor)	0.0691	0.5821	kWh	0.0402	อบก.
	ไฟฟ้า (compressor)	0.0691	0.5821	kWh	0.0402	อบก.
	สารขาออก					
	เนื้อไอศกรีม**กะทิ**	1.0000		kg		
		รวม			**0.1206**	

ตารางที่ ข.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF (kg CO_2 eq/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การบรรจุภัณฑ์	**สารขาเข้า**					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
	กระดาษห่อ	0.0053	2.5106	kg	0.0133	อบก.
	ไม้เสียบ	0.0024	1.4130	kg	0.0034	อบก.
	สารขาออก					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
		รวม			**0.0167**	

ตารางที่ ข.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเก็บรักษา

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq$/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq$/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การเก็บรักษา	**สารขาเข้า**					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
	ไฟฟ้า (แช่ไอศกรีมหน้าโรงงาน)	0.0368	0.5821	kg	0.0214	อบก.
	สารขาออก					
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg		
		รวม			**0.0214**	

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq/\ tkm$)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งผลิตภัณฑ์	**ขนส่งมะพร้าวจากสวนไปยังโกดัง**									
	ประจวบคีรีขันธ์	0.2690	0.65	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.1824	0.0475	3.19×10^{-5}	8.30×10^{-6}	4.02×10^{-5}	อบก.
	ขนส่งมะพร้าวจากโกดังไปยังโรงงานผลิตไอศกรีม									
	แพร่	0.2690	881	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.1824	0.0475	0.0432	0.0113	0.0545	อบก.
	ขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย									
	แพร่ 1	0.0526	3.9	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ที่มีระบบทำความเย็นอยู่ภายในตัวรถ	0.3840		7.82×10^{-5}		7.82×10^{-5}	SimaPro
	แพร่ 2	0.0526	7.8		0.3840		1.58×10^{-4}		1.58×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 3	0.0526	35.4		0.3840		7.16×10^{-4}		7.16×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 4	0.0526	0.85		0.3840		1.72×10^{-4}		1.72×10^{-5}	SimaPro
	แพร่ 5	0.0526	7.4		0.3840		1.50×10^{-4}		1.50×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 6	0.0526	11.9		0.3840		2.14×10^{-4}		2.14×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 7	0.0526	5.5		0.3840		1.11×10^{-4}		1.11×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 8	0.0526	15.4		0.3840		3.11×10^{-4}		3.11×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 9	0.0526	15		0.3840		3.03×10^{-4}		3.03×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 10	0.0526	32.4		0.3840		6.55×10^{-4}		6.55×10^{-4}	SimaPro

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq/\ tkm$)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งผลิตภัณฑ์	**ขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย (ต่อ)**									
	แพร่ 11	0.0526	5.8	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ที่มีระบบทำความเย็นอยู่ภายในตัวรถ	0.3840		1.17×10^{-4}		1.17×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 12	0.0526	4.6		0.3840		9.30×10^{-5}		9.30×10^{-5}	SimaPro
	แพร่ 13	0.0526	12.5		0.3840		2.53×10^{-4}		2.53×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 14	0.0526	18.6		0.3840		3.76×10^{-4}		3.76×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 15	0.0526	28.2		0.3840		5.70×10^{-4}		5.70×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 16	0.0526	17.7		0.3840		3.58×10^{-4}		3.58×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 17	0.0526	3.4		0.3840		6.87×10^{-5}		6.87×10^{-5}	SimaPro
	แพร่ 18	0.0526	13.1		0.3840		2.65×10^{-4}		2.65×10^{-4}	SimaPro
	แพร่ 19	0.0526	7.2		0.3840		1.46×10^{-4}		1.46×10^{-4}	SimaPro
				รวม					**0.0595**	

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF (kg CO_2 eq/ tkm)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งวัตถุดิบ	**ขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในการเพาะปลูก**									
	ปุ๋ยเคมี (13-13-21)	0.0063	12	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.1824	0.0475	1.37×10^{-5}	3.56×10^{-6}	1.72×10^{-5}	อบก.
	ปุ๋ยอินทรีย์(ขี้ไก่)	0.0313	12		0.1824	0.0475	6.84×10^{-5}	1.78×10^{-5}	8.62×10^{-5}	อบก.
	ปุ๋ยอินทรีย์(ขี้วัว)	0.0313	12		0.1824	0.0475	6.84×10^{-5}	1.78×10^{-5}	8.62×10^{-5}	อบก.
	ปูนโดโลไมท์	0.0063	12		0.1824	0.0475	1.37×10^{-5}	3.56×10^{-6}	1.72×10^{-5}	อบก.
	ยาฆ่าแมลง	3.84×10^{-6}	12		0.1824	0.0475	8.41×10^{-9}	2.19×10^{-9}	1.06×10^{-8}	อบก.
	ขนส่งวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผสมไอศกรีม									
	น้ำตาล	0.1703	3.6	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.1824	0.0475	1.13×10^{-4}	2.94×10^{-5}	1.42×10^{-4}	อบก.
	แป้งมันสำปะหลัง	0.0341	3.6		0.1824	0.0475	2.26×10^{-5}	5.88×10^{-6}	2.84×10^{-5}	อบก.
	แป้งข้าวโพด	0.0102	3.6		0.1824	0.0475	6.77×10^{-6}	1.76×10^{-6}	8.53×10^{-6}	อบก.
	เกลือ	0.0041	3.6		0.1824	0.0475	2.71×10^{-6}	7.05×10^{-7}	3.41×10^{-6}	อบก.
	นมข้นหวาน	0.0129	3.6		0.1824	0.0475	8.58×10^{-6}	2.23×10^{-6}	1.08×10^{-5}	อบก.
	นมผงเวย์	0.0341	623		0.1824	0.0475	3.87×10^{-3}	1.01×10^{-3}	4.88×10^{-3}	อบก.
	เจลาติน	0.0020	623		0.1824	0.0475	2.32×10^{-4}	6.05×10^{-5}	2.93×10^{-4}	อบก.
	กระดาษห่อไอศกรีม	0.0053	3.6		0.1824	0.0475	3.51×10^{-6}	9.13×10^{-7}	4.42×10^{-6}	อบก.
	ไม้เสียบไอศกรีม	0.0024	3.6		0.1824	0.0475	1.60×10^{-6}	4.17×10^{-7}	2.02×10^{-6}	อบก.
				รวม					**0.0056**	

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF (kg CO_2 eq/ tkm)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (กระดาษห่อไอศกรีม)**									
	แพร่ 1	2.79×10^{-4}	9.7	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0472	0.0306	1.28×10^{-7}	8.26×10^{-8}	2.10×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 2	2.79×10^{-4}	6.2		0.0472	0.0306	8.15×10^{-8}	5.28×10^{-8}	1.34×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 3	2.79×10^{-4}	26.8		0.0472	0.0306	3.52×10^{-7}	2.28×10^{-7}	5.81×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 4	2.79×10^{-4}	10.5		0.0472	0.0306	1.38×10^{-7}	8.94×10^{-8}	2.27×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 5	2.79×10^{-4}	2		0.0472	0.0306	2.63×10^{-8}	1.70×10^{-8}	4.33×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 6	2.79×10^{-4}	1.8		0.0472	0.0306	2.37×10^{-8}	1.53×10^{-8}	3.90×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 7	2.79×10^{-4}	9.5		0.0472	0.0306	1.25×10^{-7}	8.09×10^{-8}	2.06×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 8	2.79×10^{-4}	7		0.0472	0.0306	9.20×10^{-8}	5.96×10^{-8}	1.52×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 9	2.79×10^{-4}	11.93		0.0472	0.0306	1.57×10^{-7}	1.02×10^{-7}	2.58×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 10	2.79×10^{-4}	29.7		0.0472	0.0306	3.91×10^{-7}	2.53×10^{-7}	6.43×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 11	2.79×10^{-4}	10.45		0.0472	0.0306	1.37×10^{-7}	8.90×10^{-8}	2.26×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 12	2.79×10^{-4}	6.5		0.0472	0.0306	8.55×10^{-8}	5.54×10^{-8}	1.41×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 13	2.79×10^{-4}	3		0.0472	0.0306	3.94×10^{-8}	2.56×10^{-8}	6.50×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 14	2.79×10^{-4}	3		0.0472	0.0306	3.94×10^{-8}	2.56×10^{-8}	6.50×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 15	2.79×10^{-4}	25.5		0.0472	0.0306	3.35×10^{-7}	2.17×10^{-7}	5.52×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 16	2.79×10^{-4}	6.1		0.0472	0.0306	8.02×10^{-8}	5.20×10^{-8}	1.32×10^{-7}	อบก.

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq/\ tkm$)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (กระดาษห่อไอศกรีม) (ต่อ)**									
	แพร่ 17	2.79×10^{-4}	6.3	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0472	0.0306	8.28×10^{-8}	5.37×10^{-8}	1.36×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 18	2.79×10^{-4}	11.7		0.0472	0.0306	1.54×10^{-7}	9.97×10^{-8}	2.53×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 19	2.79×10^{-4}	8.1		0.0472	0.0306	1.07×10^{-7}	6.90×10^{-8}	1.75×10^{-7}	อบก.
	ซากของผลิตภัณฑ์ (ไม้เสียบไอศกรีม)									
	แพร่ 1	1.27×10^{-4}	9.7	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0472	0.0306	5.83×10^{-8}	3.78×10^{-8}	9.61×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 2	1.27×10^{-4}	6.2		0.0472	0.0306	3.73×10^{-8}	2.41×10^{-8}	6.14×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 3	1.27×10^{-4}	26.8		0.0472	0.0306	1.61×10^{-7}	1.04×10^{-7}	2.65×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 4	1.27×10^{-4}	10.5		0.0472	0.0306	6.31×10^{-8}	4.09×10^{-8}	1.04×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 5	1.27×10^{-4}	2		0.0472	0.0306	1.20×10^{-8}	7.79×10^{-9}	1.98×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 6	1.27×10^{-4}	1.8		0.0472	0.0306	1.08×10^{-8}	7.01×10^{-9}	1.78×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 7	1.27×10^{-4}	9.5		0.0472	0.0306	5.71×10^{-8}	3.70×10^{-8}	9.41×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 8	1.27×10^{-4}	7		0.0472	0.0306	4.21×10^{-8}	2.73×10^{-8}	6.93×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 9	1.27×10^{-4}	11.93		0.0472	0.0306	7.17×10^{-8}	4.65×10^{-8}	1.18×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 10	1.27×10^{-4}	29.7		0.0472	0.0306	1.79×10^{-7}	1.16×10^{-7}	2.94×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 11	1.27×10^{-4}	10.45		0.0472	0.0306	6.28×10^{-8}	4.07×10^{-8}	1.04×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 12	1.27×10^{-4}	6.5		0.0472	0.0306	3.91×10^{-8}	2.53×10^{-8}	6.44×10^{-8}	อบก.

ตารางที่ ข.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq/\ tkm$)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)		ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq/kg$ ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
					เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ		
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (ไม้เสียบไอศกรีม) (ต่อ)**									
	แพร่ 13	1.27×10^{-4}	3	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0472	0.0306	1.80×10^{-8}	1.17×10^{-8}	2.97×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 14	1.27×10^{-4}	3		0.0472	0.0306	1.80×10^{-8}	1.17×10^{-8}	2.97×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 15	1.27×10^{-4}	25.5		0.0472	0.0306	1.53×10^{-7}	9.93×10^{-8}	2.53×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 16	1.27×10^{-4}	6.1		0.0472	0.0306	3.67×10^{-8}	2.38×10^{-8}	6.04×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 17	1.27×10^{-4}	6.3		0.0472	0.0306	3.79×10^{-8}	2.45×10^{-8}	6.24×10^{-8}	อบก.
	แพร่ 18	1.27×10^{-4}	11.7		0.0472	0.0306	7.03×10^{-8}	4.56×10^{-8}	1.16×10^{-7}	อบก.
	แพร่ 19	1.27×10^{-4}	8.1		0.0472	0.0306	4.87×10^{-8}	3.15×10^{-8}	8.02×10^{-8}	อบก.
	รวม								**6.18×10^{-6}**	

ตารางที่ ข.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการกำจัดซาก

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	ค่า EF ($kg\ CO_2\ eq$/หน่วย)	หน่วย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg\ CO_2\ eq$/kg ไอศกรีมกะทิ)	ที่มาของค่า EF
การกำจัดซาก	กระดาษห่อไอศกรีม	0.0053	2.93	kg	0.0155	SimaPro
	ไม้เสียบไอศกรีม	0.0024	3.33	kg	0.0081	SimaPro
			รวม		**0.0236**	

ภาคผนวก ค

ความต้องการใช้พลังงานจากเชื่อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิขั้นตอนต่างๆ

ตารางที่ ค.1 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเพาะปลูกมะพร้าว

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg มะพร้าว)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การเพาะปลูกมะพร้าว	**การเพาะปลูก**					
	ปุ๋ยเคมี N	8.13×10^{-4}	58.2939	kg	0.1761	4.74×10^{-2}
	ปุ๋ยเคมี P_2O_5	8.13×10^{-4}	28.5064	kg	0.0861	2.32×10^{-2}
	ปุ๋ยเคมี K_2O	1.31×10^{-3}	7.2136	kg	0.0352	9.47×10^{-3}
	ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่)	3.13×10^{-2}	0.8562	kg	0.0995	2.68×10^{-2}
	ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว)	3.13×10^{-2}	0.0606	kg	0.0070	1.89×10^{-3}
	ยาฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืช	3.84×10^{-6}	172.937	kg	0.0025	6.64×10^{-4}
	ปูนโดโลไมท์	6.25×10^{-3}	0.5036	kg	0.0117	3.15×10^{-3}
	รวม				**0.4182**	**0.1123**

ตารางที่ ค.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg เนื้อมะพร้าว)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขูดมะพร้าว	**ขั้นตอนการขูดมะพร้าว**				
	มะพร้าว 1 ลูก	2.6330	-	kg	
	ไฟฟ้า	0.003	0.3897	kWh	8.22×10^{-4}
		รวม			0.0008
การคั้นน้ำกะทิ	**ขั้นตอนการคั้นกะทิ**				
	เนื้อมะพร้าว	0.3750		kg	
	น้ำประปา	0.0009	0.0080	m^3	2.035×10^{-4}
	ก๊าซหุงต้ม	0.0003	54.3934	kg	3.86×10^{-3}
	ไฟฟ้า	0.0079	2.3897	kWh	5.121×10^{-3}
		รวม			**0.0090**

ตารางที่ ค.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การผสมวัตถุดิบ	**ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ**				
	กะทิ	0.2725		kg	
	น้ำตาล	0.1703	4.7419	kg	0.808
	น้ำ	0.0005	0.0080	m^3	3.66×10^{-6}
	แป้งมันสำปะหลัง	0.0341	9.7797	kg	0.333
	แป้งข้าวโพด	0.0102	4.9372	kg	0.050
	ก๊าซหุงต้ม	0.0001	54.3934	kg	0.008
	ไฟฟ้า	0.0012	2.3897	kWh	2.81×10^{-3}
	เกลือ	0.0041	3.1829	kg	0.013
	นมข้นหวาน	0.0129	0.2717	kg	0.004
	นมผงเวย์	0.0341	0.7342	kg	0.025
	เจลาติน	0.002	522.094	kg	1.067
		รวม			**2.310**

ตารางที่ ค.2 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมกะทิ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การปั่นแห้ง	**ขั้นตอนการปั่นแห้ง**				
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg	
	ไฟฟ้า	0.0335	2.3897	kWh	0.080
		รวม			**0.080**
การแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง	**ขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการบ่มแข็ง**				
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg	
	ไฟฟ้า (evaporator)	0.0691	2.3897	kWh	0.165
	ไฟฟ้า (condensor)	0.0691	2.3897	kWh	0.165
	ไฟฟ้า (compressor)	0.0691	2.3897	kWh	0.165
		รวม			**0.496**
การบรรจุภัณฑ์	**ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์**				
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg	
	กระดาษห่อ	0.0053	22.8065	kg	0.121
	ไม้เสียบ	0.0024	0.6459	kg	0.002
		รวม			**0.122**

ตารางที่ ค.3 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการเก็บรักษา

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การเก็บรักษา	**ขั้นตอนการเก็บรักษา**				
	เนื้อไอศกรีมกะทิ	1.0000		kg	
	ไฟฟ้า (แช่ไอศกรีมหน้าโรงงาน)	0.0368	2.3897	kg	0.0879
	รวม				**0.0879**

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งผลิตภัณฑ์	**ขนส่งมะพร้าวจากสวนไปยังโกดัง**						
	ประจวบคีรีขันธ์	0.2690	0.65	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	17.5×10^{-4}	7.8634	5.9×10^{-4}
	ขนส่งมะพร้าวจากโกดังไปยังโรงงานผลิตไอศกรีม						
	แพร่	0.2690	881	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	0.2370	7.8634	1.8638
	ขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย						
	แพร่ 1	0.0526	3.9	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ที่มีระบบทำความเย็นอยู่ภายในตัวรถ	2.04×10^{-4}	5.7618	0.0012
	แพร่ 2	0.0526	7.8		4.11×10^{-4}	5.7618	0.0024
	แพร่ 3	0.0526	35.4		1.86×10^{-3}	5.7618	0.0107
	แพร่ 4	0.0526	0.85		4.47×10^{-5}	5.7618	2.5×10^{-4}
	แพร่ 5	0.0526	7.4		3.89×10^{-4}	5.7618	0.0022
	แพร่ 6	0.0526	11.9		6.26×10^{-4}	5.7618	0.0036
	แพร่ 7	0.0526	5.5		2.89×10^{-4}	5.7618	0.0016
	แพร่ 8	0.0526	15.4		8.11×10^{-4}	5.7618	0.0047
	แพร่ 9	0.0526	15		7.89×10^{-4}	5.7618	0.0045
	แพร่ 10	0.0526	32.4		1.71×10^{-3}	5.7618	0.0098

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งผลิตภัณฑ์	**ขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย (ต่อ)**						
	แพร่ 11	0.0526	5.8	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ที่มีระบบทำความเย็น อยู่ภายในตัวรถ	3.05×10^{-4}	5.7618	0.0018
	แพร่ 12	0.0526	4.6		2.42×10^{-4}	5.7618	0.0014
	แพร่ 13	0.0526	12.5		6.58×10^{-4}	5.7618	0.0038
	แพร่ 14	0.0526	18.6		9.79×10^{-4}	5.7618	0.0056
	แพร่ 15	0.0526	28.2		1.48×10^{-3}	5.7618	0.0086
	แพร่ 16	0.0526	17.7		9.32×10^{-4}	5.7618	0.0054
	แพร่ 17	0.0526	3.4		1.79×10^{-4}	5.7618	0.0010
	แพร่ 18	0.0526	13.1		6.89×10^{-4}	5.7618	0.0040
	แพร่ 19	0.0526	7.2		3.79×10^{-4}	5.7618	0.0022
	รวม						**0.0748**

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ (kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งวัตถุดิบ	**ขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในการเพาะปลูก**						
	ปุ๋ยเคมี (13-13-21)	0.0063	12	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	7.50×10^{-5}	7.8634	5.90×10^{-4}
	ปุ๋ยอินทรีย์(ขี้ไก่)	0.0313	12		3.75×10^{-4}	7.8634	2.95×10^{-3}
	ปุ๋ยอินทรีย์(ขี้วัว)	0.0313	12		3.75×10^{-4}	7.8634	2.95×10^{-3}
	ปูนโดโลไมท์	0.0063	12		7.50×10^{-5}	7.8634	5.90×10^{-4}
	ยาฆ่าแมลง	3.84×10^{-6}	12		4.61×10^{-8}	7.8634	3.62×10^{-7}
	ขนส่งวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผสมไอศกรีม						
	น้ำตาล	0.1703	3.6	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ	6.19×10^{-4}	7.8634	4.87×10^{-3}
	แป้งมันสำปะหลัง	0.0341	3.6		1.24×10^{-4}	7.8634	9.73×10^{-4}
	แป้งข้าวโพด	0.0102	3.6		3.71×10^{-5}	7.8634	2.92×10^{-4}
	เกลือ	0.0041	3.6		1.49×10^{-5}	7.8634	1.17×10^{-4}
	นมข้นหวาน	0.0129	3.6		4.70×10^{-5}	7.8634	3.70×10^{-4}
	นมผงเวย์	0.0341	623		2.12×10^{-2}	7.8634	1.67×10^{-1}
	เจลาติน	0.0020	623		1.27×10^{-3}	7.8634	1.00×10^{-2}
	กระดาษห่อไอศกรีม	0.0053	3.6		1.92×10^{-5}	7.8634	1.51×10^{-4}
	ไม้เสียบไอศกรีม	0.0024	3.6		8.79×10^{-6}	7.8634	6.91×10^{5}
				รวม			**0.1908**

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ(kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (กระดาษห่อไอศกรีม)**						
	แพร่ 1	2.79×10^{-4}	9.7	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	2.70×10^{-6}	1.9902	5.38×10^{-6}
	แพร่ 2	2.79×10^{-4}	6.2		1.73×10^{-6}	1.9902	3.44×10^{-6}
	แพร่ 3	2.79×10^{-4}	26.8		7.47×10^{-6}	1.9902	1.49×10^{-5}
	แพร่ 4	2.79×10^{-4}	10.5		2.93×10^{-6}	1.9902	5.82×10^{-6}
	แพร่ 5	2.79×10^{-4}	2		5.57×10^{-7}	1.9902	1.11×10^{-6}
	แพร่ 6	2.79×10^{-4}	1.8		5.01×10^{-7}	1.9902	9.98×10^{-7}
	แพร่ 7	2.79×10^{-4}	9.5		2.65×10^{-6}	1.9902	5.27×10^{-6}
	แพร่ 8	2.79×10^{-4}	7		1.95×10^{-6}	1.9902	3.88×10^{-6}
	แพร่ 9	2.79×10^{-4}	11.93		3.32×10^{-6}	1.9902	6.61×10^{-6}
	แพร่ 10	2.79×10^{-4}	29.7		8.27×10^{-6}	1.9902	1.65×10^{-5}
	แพร่ 11	2.79×10^{-4}	10.45		2.91×10^{-6}	1.9902	5.79×10^{-6}
	แพร่ 12	2.79×10^{-4}	6.5		1.81×10^{-6}	1.9902	3.60×10^{-6}
	แพร่ 13	2.79×10^{-4}	3		8.36×10^{-7}	1.9902	1.66×10^{-6}
	แพร่ 14	2.79×10^{-4}	3		8.36×10^{-7}	1.9902	1.66×10^{-6}
	แพร่ 15	2.79×10^{-4}	25.5		7.10×10^{-6}	1.9902	1.41×10^{-6}
	แพร่ 16	2.79×10^{-4}	6.1		1.70×10^{-6}	1.9902	3.38×10^{-6}

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ(kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (กระดาษห่อไอศกรีม) (ต่อ)**						
	แพร่ 17	2.79×10^{-4}	6.3	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	1.76×10^{-6}	1.9902	3.49×10^{-6}
	แพร่ 18	2.79×10^{-4}	11.7		3.26×10^{-6}	1.9902	6.49×10^{-6}
	แพร่ 19	2.79×10^{-4}	8.1		2.26×10^{-6}	1.9902	4.49×10^{-6}
	ซากของผลิตภัณฑ์ (ไม้เสียบไอศกรีม)						
	แพร่ 1	1.27×10^{-4}	9.7	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	1.24×10^{-6}	1.9902	2.46×10^{-6}
	แพร่ 2	1.27×10^{-4}	6.2		7.90×10^{-7}	1.9902	1.57×10^{-6}
	แพร่ 3	1.27×10^{-4}	26.8		3.41×10^{-6}	1.9902	6.79×10^{-6}
	แพร่ 4	1.27×10^{-4}	10.5		1.34×10^{-6}	1.9902	2.66×10^{-6}
	แพร่ 5	1.27×10^{-4}	2		2.55×10^{-7}	1.9902	5.07×10^{-7}
	แพร่ 6	1.27×10^{-4}	1.8		2.29×10^{-7}	1.9902	4.56×10^{-7}
	แพร่ 7	1.27×10^{-4}	9.5		1.21×10^{-6}	1.9902	2.41×10^{-6}
	แพร่ 8	1.27×10^{-4}	7		8.91×10^{-7}	1.9902	1.77×10^{-6}
	แพร่ 9	1.27×10^{-4}	11.93		1.52×10^{-6}	1.9902	3.02×10^{-6}
	แพร่ 10	1.27×10^{-4}	29.7		3.78×10^{-6}	1.9902	7.53×10^{-6}
	แพร่ 11	1.27×10^{-4}	10.45		1.33×10^{-6}	1.9902	2.65×10^{-6}
	แพร่ 12	1.27×10^{-4}	6.5		8.28×10^{-7}	1.9902	1.65×10^{-6}

ตารางที่ ค.4 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการขนส่ง (ต่อ)

ขั้นตอน	จังหวัด	ปริมาณ(kg/kg ไอศกรีมกะทิ)	ระยะทาง (km)	ชนิดยานพาหนะ	ภาระการขนส่ง	FED(MJ/หน่วย)	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การขนส่งซากของผลิตภัณฑ์	**ซากของผลิตภัณฑ์ (ไม้เสียบไอศกรีม) (ต่อ)**						
	แพร่ 13	1.27×10^{-4}	3	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	3.82×10^{-7}	1.9902	7.60×10^{-7}
	แพร่ 14	1.27×10^{-4}	3		3.82×10^{-7}	1.9902	7.60×10^{-7}
	แพร่ 15	1.27×10^{-4}	25.5		3.25×10^{-6}	1.9902	6.46×10^{-6}
	แพร่ 16	1.27×10^{-4}	6.1		7.77×10^{-7}	1.9902	1.55×10^{-6}
	แพร่ 17	1.27×10^{-4}	6.3		8.02×10^{-7}	1.9902	1.60×10^{-6}
	แพร่ 18	1.27×10^{-4}	11.7		1.49×10^{-6}	1.9902	2.97×10^{-6}
	แพร่ 19	1.27×10^{-4}	8.1		1.03×10^{-6}	1.9902	2.05×10^{-6}
	รวม						**1.58×10^{-4}**

ตารางที่ ค.5 ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิในขั้นตอนการกำจัดซาก

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณ (หน่วย/kg ไอศกรีมกะทิ)	FED (MJ/หน่วย)	หน่วย	FED (MJ/kg ไอศกรีมกะทิ)
การกำจัดซาก	กระดาษห่อไอศกรีม	0.0053	1.0138	kg	0.0054
	ไม้เสียบไอศกรีม	0.0024	0.2677	kg	0.0006
		รวม			**0.006**

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกมะพร้าว

1. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย

1.1 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมี

จากการผลิต

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก = 0.0232 kg ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

ปริมาณของปุ๋ย N = 0.0030 kg

ปริมาณของปุ๋ย P_2O_5 = 0.0030 kg

ปริมาณของปุ๋ย K_2O = 0.0049 kg

ค่า EF การผลิตของปุ๋ย N = 3.3036 kg CO_2/kg

ค่า EF การผลิตของปุ๋ย P_2O_5 = 1.5716 kg CO_2/kg

ค่า EF การผลิตของปุ๋ย K_2O = 0.4974 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปุ๋ยเคมี

= ผลรวมของ × (ปริมาณต่อ FU × EF)

= (0.0030 × 3.3036) × (0.0030 × 1.5716) × (0.0049 × 0.4974)

= 0.017 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.005 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ทางตรง

$$N_2O_{Direct} = (F_c + F_O + M) \times EF_D \times 44/28 \times GWP_{N2O}$$

$$= (0.0030 + 0 + 0) \times 0.01 \times 44/28 \times 310$$

= 0.015 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.004 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการชะล้าง

$$N_2O_{(L)} = (F_c + F_O + M) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_L \times 44/28 \times GWP_{N2O}$$

= (0.0030 +0+0) × 0.3 × 0.0075 × 44/28 × 310

= 0.003 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการสูญเสียในรูป NH_3 + NO_X

$N_2O_{(ATD)}$ = $[((F_c + M) \times Frac_{GASF_1}) + (F_O \times Frac_{GASM})] \times EF_V \times 44/28 \times GWP_{N2O}$

= $[((0.0030 + 0) \times 0.1) + (0 \times 0.2)] \times 0.01 \times 44/28 \times 310$

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 3.96×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

1.2 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่)

จากการผลิต

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก = 0.1162 kg ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่) as N = 0.0021 kg

ค่า EF การผลิตของปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่) = 0.1097 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอินทรีย์ (มูลไก่)

= ปริมาณต่อ FU × EF

= 0.1162 × 0.1097

= 0.013 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.003 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ทางตรง

N_2O_{Direct} = $(F_c + F_O + M) \times EF_D \times 44/28 \times GWP_{N2O}$

= (0+0.0021+0) × 0.01 × 44/28 × 310

= 0.010 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.003 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการชะล้าง

$N_2O_{(L)}$ = $(F_c + F_O + M) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_L \times 44/28 \times GWP_{N2O}$

= $(0 + 0.0021 + 0) \times 0.3 \times 0.008 \times 44/28 \times 310$

= 0.002 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการสูญเสียในรูป $NH_3 + NO_X$

$N_2O_{(ATD)}$ = $[((F_c + M) \times Frac_{GASF_1}) + (F_O \times Frac_{GASM})] \times EF_V \times 44/28 \times GWP_{N2O}$

= $[((0 + 0) \times 0.1) + (0.0021 \times 0.2)] \times 0.01 \times 44/28 \times 310$

= 0.002 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 5.58×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

2. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ยาฆ่าแมลง

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก = 1.43×10^{-5} kg ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

ค่า EF ของยาฆ่าแมลง = 13.9 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยาฆ่าแมลง

= ปริมาณต่อ FU × EF

= $1.43 \times 10^{-5} \times 13.9$

= 1.98×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 5.34×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปูนโดโลไมท์

จากการผลิต

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก = 0.0232 kg ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

ค่า EF การผลิตของปูนโดโลไมท์ = 0.0265 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปูนโดโลไมท์

= ปริมาณต่อ FU × EF

= 0.0232 × 0.0265

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 1.66×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

จากการใช้งาน

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก = 0.0232 kg ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

ค่า EF การใช้งานของปูนโดโลไมท์ = 0.13 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปูนโดโลไมท์

= ปริมาณต่อ FU × EF

= 0.0232 × 0.13

= 0.003 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมมะพร้าว

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

1. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ (น้ำตาล)

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ = 0.017 kg ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ค่า EF ของน้ำตาล = 1.08 kg CO_2/kg

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

= ปริมาณต่อ FU × EF

= 0.017 × 1.08

= 0.184 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

2. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้า

ปริมาณที่ใช้ในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ = 0.001 kWh ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ค่า EF ของไฟฟ้า = 0.5821 kg CO_2/kWh

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

= ปริมาณต่อ FU × EF

= 0.001 × 0.5821

= 0.001 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการขนส่ง

1. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบในการเพาะปลูกมะพร้าว

ใช้ข้อมูลระยะทาง

เที่ยวไป

วัตถุดิบที่ใช้ (ปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21) = 0.006 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 12 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน (บรรทุกเต็ม) = 0.1824 kg CO_2/tkm

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวมา

= วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง × EF

= (0.006 × 12)/1000 × 0.1824

= 1.37 × 10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวกลับ

วัตถุดิบที่ใช้ (ปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21) = 0.006 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 12 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน (รถวิ่งเปล่า) = 0.3324 kg CO_2/tkm

วัตถุดิบที่ขนมาต่อ 1 เที่ยว = 7 ton/ton product

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวกลับ

= (วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง) × (EF/ขนส่งต่อเที่ยว)

= (0.006 × 12)/1000 × (0.3324/7)

= 3.56×10^{-6} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวไป + เที่ยวกลับ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวไป = 1.37×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวกลับ = 3.56×10^{-6} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

= $1.37 \times 10^{-5} + 3.56 \times 10^{-6}$

= 1.72×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

2. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งมะพร้าวไปยังโกดัง

ใช้ข้อมูลระยะทาง

เที่ยวไป

วัตถุดิบที่ใช้ (มะพร้าว) = 0.269 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 0.65 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถบรรทุกขยะ 4 ล้อ 7 ตัน (บรรทุกเต็ม) = 0.1824 kgCO_2/tkm

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวมา

= วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง × EF

= (0.269 × 0.65)/1000 × 0.1824

= 3.19×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวกลับ

วัตถุดิบที่ใช้ (มะพร้าว) = 0.269 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 0.65 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน (รถวิ่งเปล่า) = 0.3324 kg CO_2/tkm

วัตถุดิบที่ขนมาต่อ 1 เที่ยว = 7 ton/ton product

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวกลับ

= (วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง) × (EF/ขนส่งต่อเที่ยว)

= (0.269 × 0.65)/1000 × (0.3324/7)

= 8.3×10^{-6} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวไป + เที่ยวกลับ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวไป = 3.19×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวกลับ = 8.30×10^{-6} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

= $3.2 \times 10^{-5} + 8.3 \times 10^{-6}$

= 4.02×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน

ใช้ข้อมูลระยะทาง

เที่ยวไป

วัตถุดิบที่ใช้ (น้ำตาล) = 0.17 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 3.6 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถบรรทุกขยะ 4 ล้อ 7 ตัน (บรรทุกเต็ม) = 0.1824 kg CO_2/tkm

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวมา

= วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง × EF

= (0.17 × 3.6)/1000 × 0.1824

= 1.13×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวกลับ

วัตถุดิบที่ใช้ (น้ำตาล) = 0.17 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง = 3.6 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน (รถวิ่งเปล่า) = 0.3324 kg CO_2/tkm

วัตถุดิบที่ขนมาต่อ 1 เที่ยว = 7 ton/ton product

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวกลับ

= (วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง) × (EF/ขนส่งต่อเที่ยว)

= (0.17 × 3.6)/1000 × (0.3324/7)

= 2.94×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวไป + เที่ยวกลับ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวไป = 1.13×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวกลับ = 2.94×10^{-5} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

= $1.13 \times 10^{-4} + 2.94 \times 10^{-5}$

= 1.42×10^{-4} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

4. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งไอศกรีมกะทิไปยังแหล่งจำหน่าย

ใช้ข้อมูลระยะทาง

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ = 0.0526 kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง (ตำบลในเวียง) = 3.9 km

สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุก 4 ล้อที่มีระบบทำความเย็นอยู่ภายในรถ 7 ตัน โดยมีค่า emission factor (EF) เที่ยวไป – เที่ยวกลับ = 0.384 kg CO_2/tkm

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวไป – เที่ยวกลับ

= วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง × EF

= (0.053 × 3.9)/1000 × 0.384

= 7.82×10^{-5} g CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

5. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งไปยังสถานีกำจัดซาก

ใช้ข้อมูลระยะทาง

เที่ยวไป

ของเสียที่เกิดขึ้น (กระดาษห่อ) = 2.79×10^{-4} kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง (ตำบลในเวียง) = 9.7 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน (บรรทุกเต็ม) = 0.0472 kg CO_2/tkm

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวมา

= วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง × EF

= $(2.79 \times 10^{-4})/1000 \times 9.7 \times 0.0472$

= 1.28×10^{-7} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวกลับ

ของเสียที่เกิดขึ้น (กระดาษห่อ) = 2.79×10^{-4} kg ต่อ กิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ระยะทาง (ตำบลในเวียง) = 9.7 km

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน (รถวิ่งเปล่า) = 0.4892 kg CO_2/tkm

วัตถุดิบที่ขนมาต่อ 1 เที่ยว = 16 ton/ton product

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งเที่ยวกลับ

= (วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU × ระยะทาง) × (EF/ขนส่งต่อเที่ยว)

= $(2.79 \times 10^{-4} \times 9.7)/1000 \times (0.4892/16)$

= 8.26×10^{-8} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

เที่ยวไป + เที่ยวกลับ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวไป = 1.28×10^{-7} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเที่ยวกลับ = 8.26×10^{-8} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

= $1.28 \times 10^{-7} + 8.26 \times 10^{-8}$

= 2.1×10^{-7} kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการกำจัดซาก

ของเสียที่เกิดขึ้น (กระดาษห่อ) = 0.005 kg ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ค่า emission factor (EF) ของกระดาษห่อ = 2.93 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัม

ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

= ของเสียที่เกิดขึ้น × EF

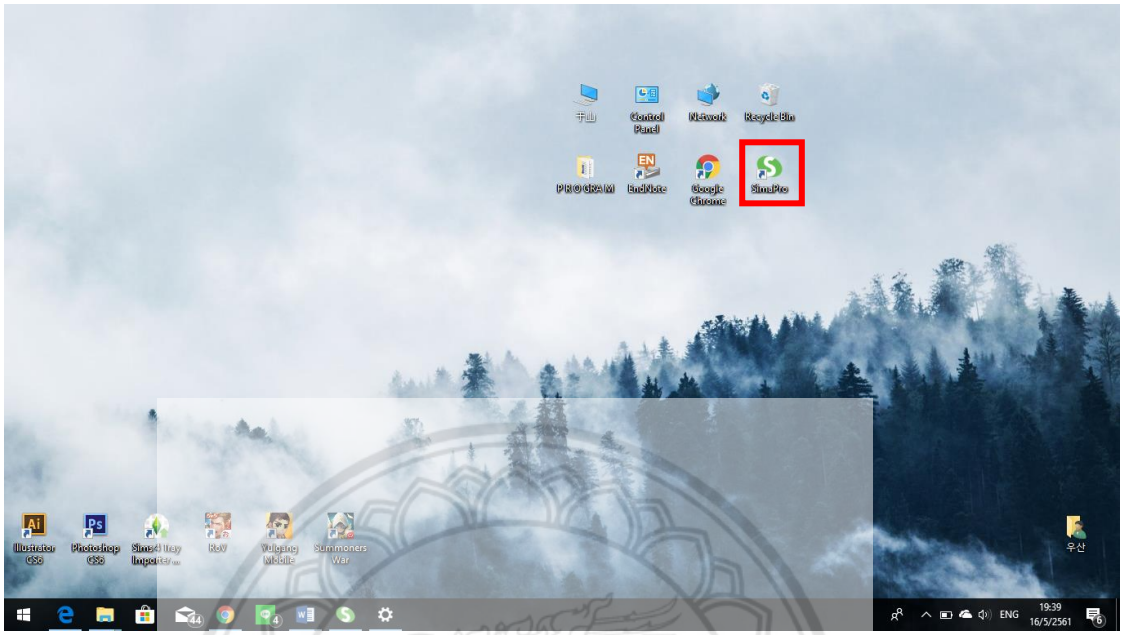
= 0.005 × 2.93

= 0.016 kg CO_2 eq ต่อกิโลกรัมไอศกรีมกะทิ

ภาคผนวก จ

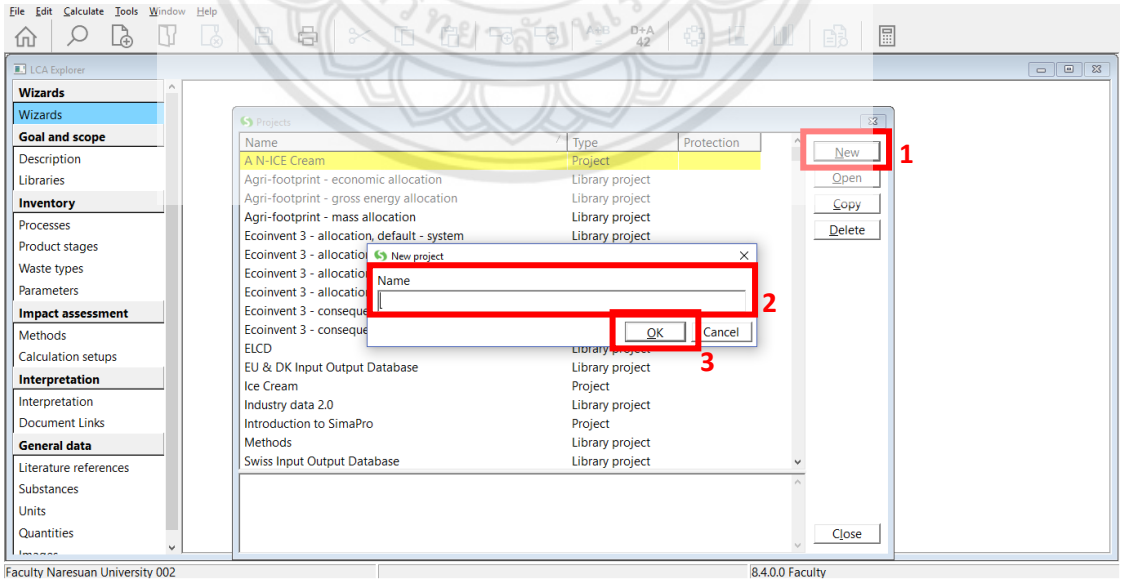
วิธีการรใช้โปรแกรม SimaPro 8.4.0.0

1. คลิกโปรแกรม SimaPro ในหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ ฉ.1



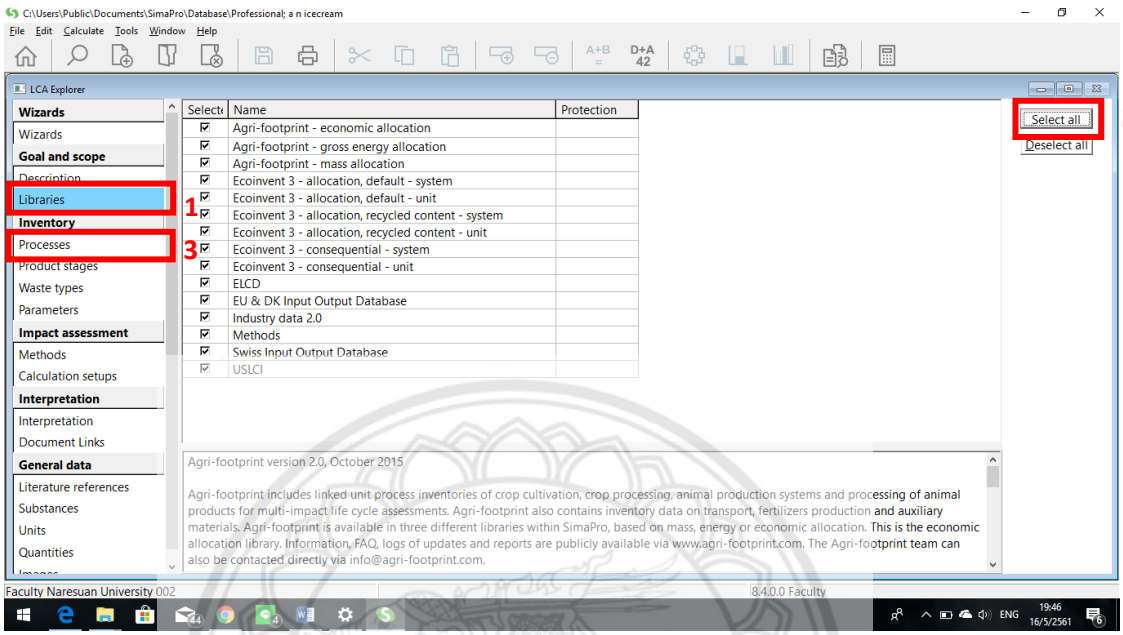
รูปที่ ฉ.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรม SimaPro

2. คลิก New > ตั้งชื่อไฟล์ > กด OK เพื่อสร้างโปรเจคใหม่ ดังแสดงในรูปที่ ฉ.2



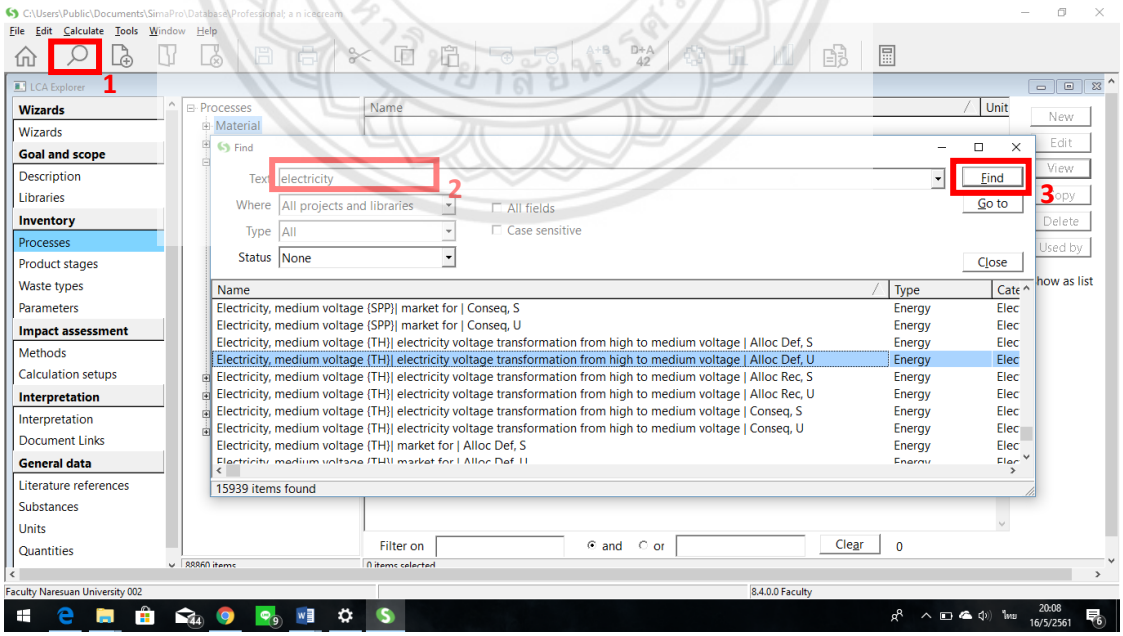
รูปที่ ฉ.2 การสร้างโปรเจคใหม่

3. คลิก Libraries > Select all > Processes เพื่อเลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ ฉ.3



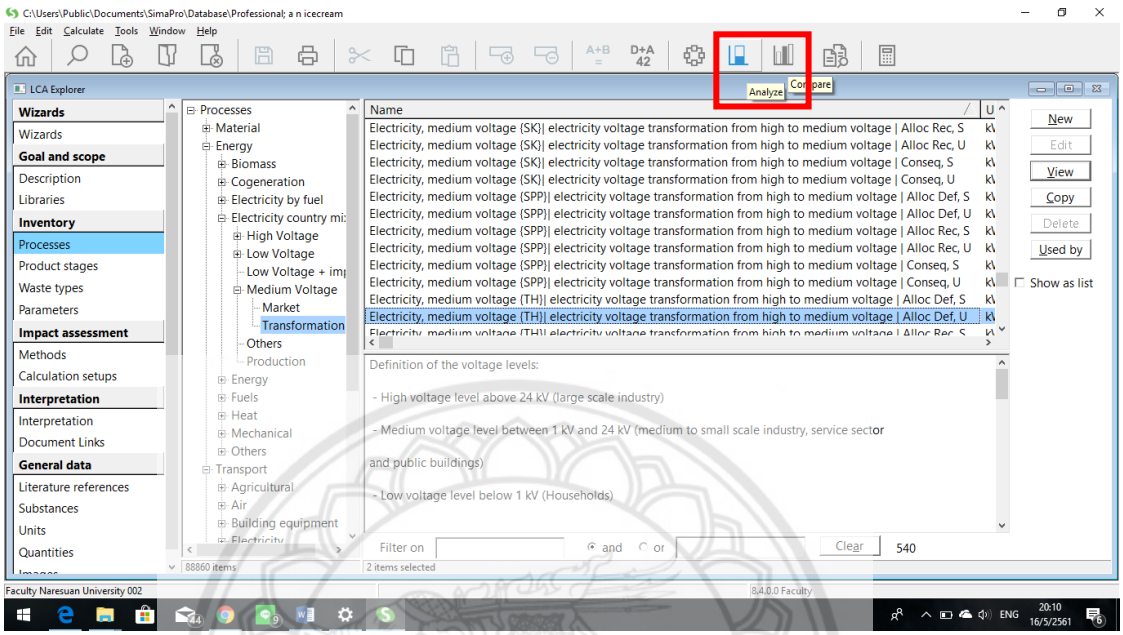
รูปที่ ฉ.3 เลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้

4. คลิกที่แว่นขยายเพื่อทำการค้นหา Keyword ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ ฉ.4



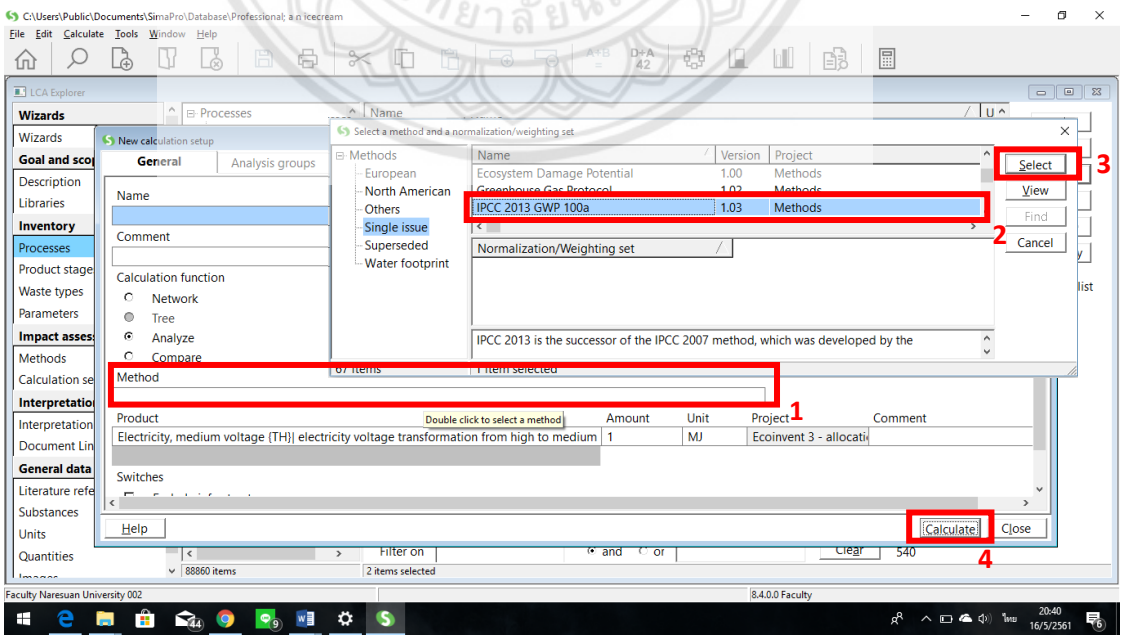
รูปที่ ฉ.4 การค้นหาข้อมูลที่ต้องการในโปรแกรม SimaPro 8.4.0.0

5. เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยคลิกที่ปุ่ม Analyze หรือในกรณีที่ข้อมูลมีมากกว่าหนึ่ง ให้คลิกที่ปุ่ม Compare ดังแสดงในรูปที่ ฉ.5



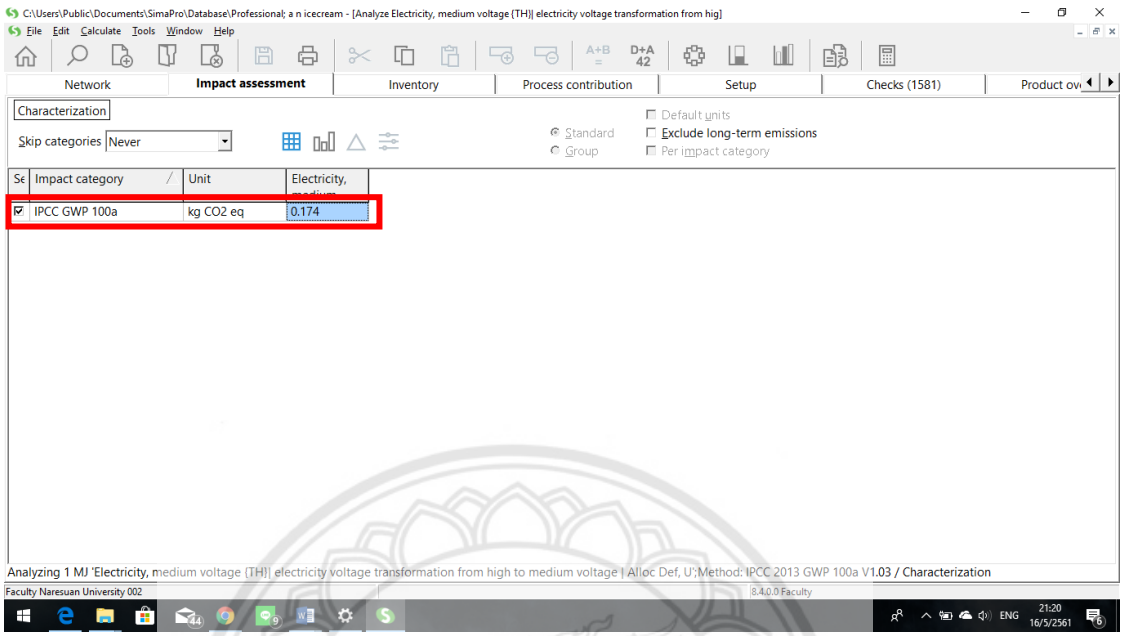
รูปที่ ฉ.5 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

6. วิธีการหาข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบต่างๆ โดยใช้วิธีการของ IPCC 2013 GWP 100a ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงผลในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในรูปที่ ฉ.6



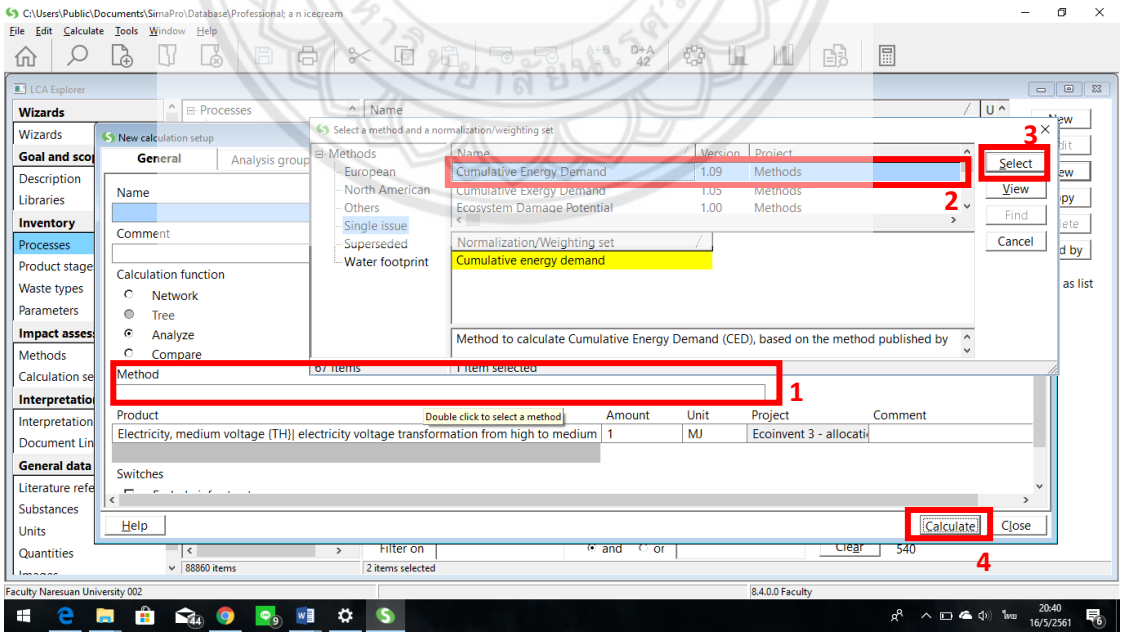
รูปที่ ฉ.6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการ IPCC 2013 GWP 100a

7. ผลที่ได้แสดงดังตาราง ดังแสดงในรูปที่ ฉ.7



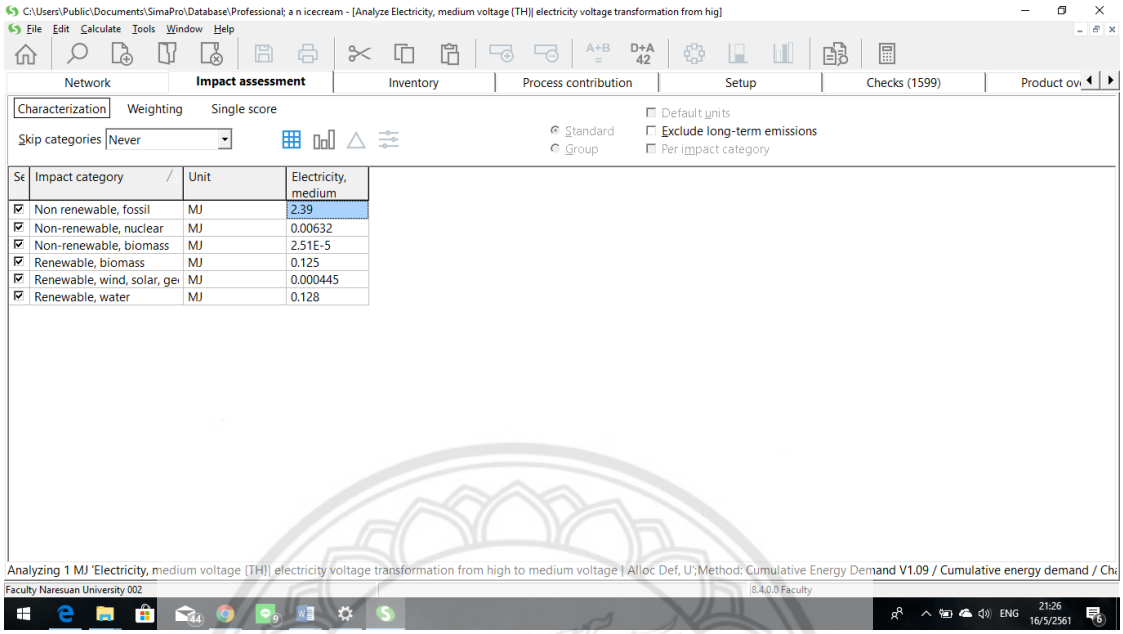
รูปที่ ฉ.7 ผลที่ได้แสดงดังตาราง

8. วิธีการหาข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบต่างๆ โดยใช้วิธีการของ Cumulative Energy Demand ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงผลในรูปของค่าความต้องการใช้พลังงาน ดังแสดงในรูปที่ ฉ.8



รูปที่ ฉ.8 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการ Cumulative Energy Demand

7. ผลที่ได้แสดงดังตาราง ดังแสดงในรูปที่ ฉ.9



รูปที่ ฉ.9 ผลที่ได้แสดงดังตาราง