การลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ โดยการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ร่วมและของเสีย

นางสาวกรณ์กณิศ แสงดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

GREENHOUSE GAS MITIGATION IN COCONUT MILK PRODUCTION BY CO-PRODUCT AND WASTE UTILIZATION

Kornkanit Sangdee

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Agricultural and Food Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

การลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ โดยการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ร่วม และของเสีย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.วีรชัย อาจหาญ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค)
กรรมการ

(ผศ. ดร.พรรษา ลิบลับ)
กรรมการ

(ผศ. ดร.วันรัฐ อับดุลลากาซิม)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กรณ์กณิศ แสงดี : การลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ โดยการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ร่วมและของเสีย (GREENHOUSE GAS MITIGATION IN COCONUT MILK PRODUCTION BY CO-PRODUCT AND WASTE UTILIZATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ, 193 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกในการผลิตกะทิ UHT โดยทำการแบ่งขอบเขตของการศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีฐาน 2) การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีมีกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม และ 3) การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีมีการนำแก๊สชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการศึกษาในกรณีฐาน พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,465 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับขั้นตอนที่มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด คือ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งมีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกร้อยละ 78.55 รองลงมา คือ ขั้นตอนกระบวนการผลิต ร้อยละ 18.54 และจากการใช้ไฟฟ้าสนับสนุนในกระบวนการผลิต ร้อยละ 0.59 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ประโยชน์ Co-Product กลุ่ม 1 Co-Product กลุ่ม 2 Co-Product กลุ่ม 3 มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 1,065.95 และ 948 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ และสุดท้ายกรณีนำแก๊สชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,377.00 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ลดลงร้อยละ 5.97 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน ซึ่งส่งผลโดยตรงจากกระบวนการผลิตที่ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกลดลงถึงร้อยละ 32

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

KORNKANIT SANGDEE : GREENHOUSE GAS MITILIGATION IN COCONUT MILK PRODUCTION BY CO-PRODUCT AND WASTE UTILIZATION. THESIS ADVISOR : ASST. PROT. WEERACHAI ARJHARN, Ph.D., 193 PP.

GREENHOUSE GAS/COCONUT MILK/CARBON REDUCTION

The objective of this research was to present approach for greenhouse gas reduction in UHT coconut milk production. The criteria of this study was divided into 3 groups including 1) the study of greenhouse gas emission in the case of baseline, 2) the study of greenhouse gas emission in the case of product development inclusion and 3) the study of greenhouse gas emission in the case of biogas utilization for electricity generation.

The results on baseline case have shown that production of 1-kg UHT coconut milk emits 1,465 gCO_2e. The highest emission process is raw material preparation, followed by production process and use of electricity, accounting for 78.55%, 18.54% and 0.59%, respectively. For the case of product development inclusion using co-product group 1, group 2 and group 3, the greenhouse gas emission of 1-kg UHT milk is found with the amount of 1,065, 950 and 948 gCO_2e, respectively. Finally, in the case of biogas utilization, 1-kg UHT milk production emits 1,377 gCO_2e. This causes 5.97% reduction compared to baseline case, which directly reduces from production process as much as 32%.

School of Agricultural Engineering Student's Signature Kornkanit S.

Academic Year 2017 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งช่วยเสริมสร้างกำลังใจ ให้มานะอดทน จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผ้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดี อันเป็นรากฐานที่สำคัญในการศึกษาและการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวรัตน์ ตรีอำนรรค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรษา ลิบลับ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันรัฐ อับดุลลากาซิม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งเพื่อเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เกรียงศักดิ์ เทพผดุงพร กรรมการผู้จัดการบริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด ที่กรุณาให้โอกาส และสนับสนุนในการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ขอขอบพระคุณ คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ ที่คอยติดตามดูแล อำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษาและการวิจัย ขอขอบคุณ คุณลภัสนันท์ พงศ์ภัคธนินท์ ที่คอยช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลทำงานวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเก็บข้อมูลการวิจัย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และบุคคลทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำช่วยเหลือตลอดมา สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแด่ บิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ ผู้ประสาทวิชาความรู้ ผู้เขียนตำรา และผู้มีพระคุณทุกท่าน และหากมีข้อบกพร่องด้วยประการใด ๆ ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

กรณ์กณิศ แสงดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ภาวะโลกร้อน 5
2.1.1 คำจำกัดความของภาวะโลกร้อน 5
2.1.2 สาเหตุของภาวะโลกร้อน 5
2.2 ปรากฏการณ์แก๊สเรือนกระจก 6
2.2.1 ผลกระทบจากปรากฏการณ์แก๊สเรือนกระจก 8
2.2.2 ผลกระทบต่อประเทศไทย 12
2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 16
2.3.1 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 16
2.3.2 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 16
2.4 มะพร้าว 23
2.4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะพร้าว 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2 มะพร้าวในประเทศไทย 24
2.4.3 สถานการณ์มะพร้าวในตลาดโลก 24
2.5 กระบวนการผลิตกะทิ UHT 26
2.5.1 วัตถุดิบ 26
2.5.2 กระบวนการผลิตกะทิ UHT ของโรงงานอุตสาหกรรม 28
2.6 การผลิตแก๊สชีวภาพ 38
2.6.1 กระบวนการไฮโดรไลซีส 39
2.6.2 กระบวนการอะซิโตเจนีซีส 39
2.6.3 กระบวนการผลิตแก๊สมีเทน 39
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
3 วิธีดำเนินการวิจัย 51
3.1 รูปแบบงานวิจัย 51
3.1.1 Baseline Process 51
3.1.2 Co-Product Production Process 51
3.1.3 Co-Product Production Process 52
3.1.4 Energy Conservation by Product and Waste Value Added 52
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ 52
3.3 การรวบรวมและศึกษาเอกสารและมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง 52
3.4 การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 52
3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต 52
3.4.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม 55
3.4.3 การคำนวณการปล่อยแก๊สแก๊สเรือนกระจกตามวิธีของ
การประเมินวัฏจักรชีวิต 62
3.4.4 การวิเคราะห์และการแปรผล 63
3.5 กำหนดแนวทางในการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 63
3.5.1 Co-Product Allocation Scenario 63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.2 การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย และการผลิตไฟฟ้าจาก Biogas 64

3.5.3 Co-Product and Biogas Utilization Scenario 71

3.6 จัดทำรูปแบบสรุปผลการศึกษา 71

4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล 72

4.1 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมกะทิ UHT 72

4.1.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์กระทะ UHT จำแนกกระบวนการผลิต 73

4.1.2 สรุปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์กะทิ UHT 82

4.2 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก 84

4.2.1 การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบ (เนื้อมะพร้าวขาว) 84

4.2.2 การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต 96

4.3 ผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกและการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 101

4.3.1 สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม 101

4.3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป 104

4.4 ผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product Allocation Scenario 106

4.4.1 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก: Model 1) 107

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.2 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กากและน้ำมะพร้าว: Model 2) 109

4.4.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว: Model 3) 111

4.5 ผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีมีการนำแก๊สชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario 114

4.6 ผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product and Biogas Utilization Scenario 117

4.6.1 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก: Model 1) 117

4.6.2 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กากและน้ำมะพร้าว: Model 2) 119

4.6.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว: Model 3) 121

4.7 สรุปการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 123

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 127

5.1 สรุปผลการวิจัย 127

5.1.1 สรุปผลการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กะทิยูเอสที 127

5.1.2 สรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก 128

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.3 สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูปยูเอสที 129

5.1.4 สรุปผลการศึกษาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม 129

5.1.5 สรุปผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีมีการนำแก๊สชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario 130

5.1.6 สรุปผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product and Utilization Scenario 131

5.2 ข้อเสนอแนะ 132

5.2.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในงานวิจัย 132

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป 132

รายการอ้างอิง 133

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT 134

ภาคผนวก ข การปันส่วน 156

ภาคผนวก ค การประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT 163

ภาคผนวก ง การขนส่งเนื้อมะพร้าวขาว 182

ประวัติผู้เขียน 193

โรงวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงระยะเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ 7
2.2 วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก 23
3.1 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการขนส่งของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว 57
3.2 ข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของ กระบวนการผลิตกะทิ UHT 61
3.3 แหล่งข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของ กระบวนการผลิตกะทิ UHT 61
3.4 การปันส่วนตามน้ำหนักของ Co-Production Allocation Scenario (Model 1 2 และ 3) 64
3.5 Default MCF values for industrial wastewater 66
3.6 การคำนวณแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า 70
4.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนรับมะพร้าวลูกต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 75
4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนรับกะเทาะ/ทิวผิว ต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 76
4.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็นต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 77
4.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการคั้นกะทิต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 78
4.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสมต่อ กะทิยูเอสที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 79
4.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และจัดเก็บในถังเก็บ ผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้าต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 81

4.8 สรุปบัญชีรายการสารขาเข้า การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ) 82

4.9 สรุปบัญชีรายการสารขาออก การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (การผลิต) 83

4.10 สรุปบัญชีรายการสารขาออก การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม 84

4.11 บัญชีรายการสารขาข้าวของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง) 87

4.12 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง) 90

4.13 ค่าการปันส่วนตามน้ำหนักรายการสารขาออกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง) 91

4.14 สรุปค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม 93

4.15 สรุปค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม 94

4.16 สรุปค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม (สรุปตามช่วงวัฏจักรชีวิต) 95

4.17 สรุปค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม 95

4.18 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำอ่อน 97

4.19 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำ RO 97

4.20 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำดิบ 98

4.21 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำเย็น 98

4.22 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตอากาศอัด 99

4.23 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตไอน้ำ 99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.24 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการบำบัดน้ำเสีย 100

4.25 สรุปค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต 101

4.26 ผลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม (กรณีฐาน Baseline Process) 103

4.27 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 104

4.28 สรุปการใช้งานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนกระบวนการผลิตกะทิ UHT 105

4.29 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม 106

4.30 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 1) 107

4.31 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 2) 110

4.32 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 3) 112

4.33 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas) 114

4.34 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 1) 118

4.35 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 2) 120

4.36 ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 3) 122

4.37 สรุปปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกและ CO_2 Reduction (เทียบกับ Baseline) 124

4.38 สรุปการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของ PEA 100% กับ PEA 92% 125

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) 135

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) 140
ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) 142
ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) 147
ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) 149
ก.6 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) 154
ข.1 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Processing) 157
ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product Production Process) 158
ข.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีมีกระบวนการอนุรักษ์ทรัพยากรและพลังงานร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสีย (Energy Conversation by Product and Waste Value Added) 160
ค.1 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ) 164
ค.2 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) 165
ค.3 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การจัดการซาก) 171
ค.4 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ) 172

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ค.5 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) 174
ค.6 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า) 177
ค.7 ค่าการปลอดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การจัดการซาก) 182
ง.1 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูกจากท่าเรือ) 185
ง.2 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูกจากรายย่อย) 186
ง.3 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวขาวจากรายย่อย) 186
ง.4 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการผลิต (โซเดียมไฮโปรคลอไรด์) 187
ง.5 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการผลิต (มะพร้าวลูก : กระจาย) 188
ง.6 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการผลิต (เนื้อมะพร้าวขาว : ส่งกลับ) 189
ง.7 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการผลิต (เนื้อมะพร้าวขาว) 190
ง.8 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการกระจายสินค้า (น้ำแข็ง) 191
ง.9 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนการกระจายสินค้า (โซเดียมไฮโปรคลอไรด์) 192

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2C 17
2.2 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2B 17
2.3 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก 18
2.4 มะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก 27
2.5 การรับมะพร้าวลูกและการจัดเก็บมะพร้าวลูกในไซโล 28
2.6 การกะเทาะผิว และการจัดเก็บในห้องเย็น 29
2.7 เครื่องคั้นกะทิ 30
2.8 เครื่องพาสเจอไรส์แบบ plate 30
2.9 แผนภาพระบบการผลิตและการบรรจุแบบปลอดเชื้อ 31
2.10 เครื่อง UHT 32
2.11 เครื่อง Homogenization 33
2.12 เครื่องแลกคลเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ 34
2.13 เครื่อง Aseptic tank 36
2.14 เครื่องบรรจุแบบ Tetra Pak และ SIG Combibloc 36
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 53
3.2 ขอบเขตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ตลอดวัฏจักร 54
3.3 กระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว และกะทิ UHT 55
3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มาและการใช้ประโยชน์
ของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว 56
3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของการได้มา
และการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT 58
3.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนกระบวนการผลิตของการได้มา
และการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT 59
3.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการกระจายสินค้าของการได้มา
และการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT 60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.8 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดการซากของการได้มา และการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT 60

3.9 Default emission factors for stationary combustion in the energy industries 67

3.10 ความสัมพันธ์ของค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพที่ร้อยละของแก๊สมีเทนต่าง ๆ 68

3.11 ผังสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตไฟฟ้า (บำบัดน้ำเสีย) 69

4.1 Flow Diagram กระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 74

4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการรับมะพร้าวลูก 75

4.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการกะเทาะ/ทิวผิว 76

4.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็น 77

4.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการคั้นกะทิ 78

4.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์และผสม 79

4.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และจัดเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ 80

4.8 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้า 81

4.9 กระบวนการผลิตมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอกจำนวน 7 แหล่ง 85

4.10 Flow Diagram ขั้นตอนการผลิตเนื้อมะพร้าว 86

4.11 การเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว 96

4.12 แผนผังกระบวนการผลิตของ Baseline Process 102

4.13 การเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Baseline Process) 103

4.14 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิ 105

4.15 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิ 106

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.16 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Co-Product: Model 1) 108
4.17 การปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 1) เทียบกับ Baseline Scenario 109
4.18 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 2) 110
4.19 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 2) เทียบกับ Baseline Scenario 111
4.20 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 3) 112
4.21 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product: Model 3) 113
4.22 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas) 115
4.23 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ กะทิ UHT (Biogas) เทียบกับ Baseline Scenario 116
4.24 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ากับพลังงานไฟฟ้าร่วมกับไบโอแก๊ส 116
4.25 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าร่วมกับไบโอแก๊ส 117
4.26 การเปรียบเทียบการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 1) 118
4.27 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 1) เทียบกับ Baseline Scenario 119
4.28 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 2) 120
4.29 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 2) เทียบกับ Baseline Scenario 121

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.30 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 3) 122
4.31 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas: Model 3) เทียบกับ Baseline Scenario 123
4.32 สรุปเปรียบเทียบปริมาณ PEA 100% กับ PEA 92% 124
4.33 สรุปการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 125
4.34 สรุปการปล่อย CO_2 Reduction 126
ง.1 การขนส่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูก และเนื้อมะพร้าว) 183
ง.2 การขนส่งวัตถุดิบ ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (โรงงานผู้ผลิตภายนอก) 184
ง.3 การขนส่งวัตถุดิบ ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (โรงงานอุตสาหกรรม) 184

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะด้านนิเวศวิทยา เช่น การเกิดภัยแล้งและภัยพิบัติต่างๆ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ยืนยันว่าในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา น้ำแข็งที่บริเวณขั้วโลกเหนือและบนยอดเขาสูงละลาย ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 10-25 เซนติเมตร และอุณหภูมิของผิวโลกที่สูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.6 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำท่วมที่บริเวณราบชายฝั่งทะเลและแม่น้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่าและการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งเกิดจากการกระทำของมนุษย์เป็นหลัก ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและเกิดภาวะโลกร้อนจากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

โดยปกติแก๊สเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศจะทำหน้าที่ห่อหุ้มโลกเป็นชั้นบางๆ เพื่อปรับอุณหภูมิของโลกไม่ให้โลกร้อนจนเกินไป หนาวจนเกินไป ซึ่งแก๊สเรือนกระจกประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 52 แก๊สมีเทน ร้อยละ 12 และแก๊สซีเอฟซี ร้อยละ 5 แต่เมื่อมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหมเชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน น้ำมัน เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานมากขึ้น ส่งผลให้เกิดแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนบนผิวโลกและในชั้นบรรยากาศมากขึ้นด้วย เนื่องจากรังสีอินฟราเด ซึ่งเป็นรังสีความร้อนที่มีความยาวคลื่นยาว และมีพลังงานต่ำ ไม่สามารถผ่นชั้นบรรยากาศที่มีแก๊สเรือนกระจกได้ ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสามารถเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (WRI, 2002) ซึ่งปรากฏการณ์เรือนกระจกนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศมากขึ้นด้วย

ในด้านของอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปบางอุตสาหกรรมได้นำวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการการผลิตกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตครั้งต่อไป เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวเพื่อการบริโภค ได้นำส่วนของเส้นใยและกะลามะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้กลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงจาก

เส้นใยและกะลามะพร้าวจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานที่ต้องใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวเพื่อการบริโภคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับนำมาใช้ในการปรุงอาหาร เนื่องจากกะทิคั้นสดเป็นวัตถุดิบที่หาซื้อได้ยาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วและสอดคล้องกับวิถีการดำเนินชีวิตในปัจจุบันร่วมกับภาคอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นที่นิยม และจากการประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักวิจัยคาดว่าในอนาคตผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปน่าจะมีอัตราการซื้อขายมากขึ้นกว่าปัจจุบัน สำหรับการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปนั้น ในอดีตที่ผ่านมายังไม่มีการแยกพิกัดศุลกากรชัดเจน จึงไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ เนื่องจากมูลค่าการค้ายังไม่สูงมาก แต่ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ส่งออกหลักพบว่า ไทยส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปเป็นอันดับที่ 6 ของโลก รองจากประเทศอินโดนีเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศอินเดีย ประเทศบลาซิล และประเทศศรีลังกา ตามลำดับ และครองส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 80 ของตลาดโลก ซึ่งแหล่งตลาดโลกที่สำคัญของไทย ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศออสเตรเลีย สหภาพยุโรป และประเทศญี่ปุ่น ตามลำดับ โดยการส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปนั้นจะเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของร้านอาหารไทยและความรู้จักอาหารไทยในต่างประเทศ

จากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป อาจส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สเรือนกระจก ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงเห็นคสามสำคัญในการประเมินแก๊สเรือนกระจกของการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์ร่วมจากมะพร้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่งออก เพื่อเป็นแนวทางในการมีส่วนร่วมการลดภาวะโลกร้อนและเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคในการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์ลดโลกร้อนอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้เลือกศึกษาประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และแนวทางการลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาแบบยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ UHT และผลิตภัณฑ์ร่วมจากมะพร้าว

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบการคำนวณสำหรับระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.3 เพื่อศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรม

1.2.4 เพื่อพัฒนารูปแบบของกระบวนการผลิตกะทิ UHT ให้เป็นมาตรฐานและมีความยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา: ผลิตภัณฑ์กะทิ ของโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทย

1.3.2 วิธีการประเมิน: ประเมินแบบ Cradle to gate (Business to Business : B2B) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

1) การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

2) การขนส่งวัตถุดิบ

3) กระบวนการผลิต

4) กระบวนการสนับสนุน ได้แก่ การปลูกมะพร้าว การผลิตน้ำ (น้ำกรอง น้ำใช้ล้างกระบวนการ น้ำอ่อน และน้ำหล่อเย็น) การผลิตไอน้ำ และการบำบัดน้ำเสีย

5) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.3.3 ระยะเวลาศึกษารวบรวมข้อมูล: มกราคม–ธันวาคม 2559

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 การรวบรวมเอกสาร การศึกษามาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง

โดยทำการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปรียบเทียบผลที่ได้ รวมไปถึงแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

1.4.2 จัดทำแผนผังกระบวนการ (Process Flow) ที่ต้องการศึกษาวิจัย

กำหนดแผนผังกระบวนการผลิต วิเคราะห์ Material and Energy Flows ของ 3 กลุ่มการศึกษา

1) Model 1: Baseline Processing (กรณีฐาน) เป็นกระบวนการแปรรูปมะพร้าวเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ

2) Model 2: Co-Product Production Process เป็นการศึกษากรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม ได้แก่ การผลิตน้ำมะพร้าวและวุ้นมะพร้าว

3) Model 3: Energy Conservation By Product and Waste Value Added เป็นการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีมีกระบวนการอนุรักษ์ทรัพยากรและพลังงาน ร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสียและ By Product

1.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา (Life cycle assessment of greenhouse gas emissions (LCA-GHG) of products)

ทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) การกำหนดเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Calculation)

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์และแปลผล ค่าที่คำนวณได้

1.4.4 สรุปผลการศึกษา

สรุปและเปรียบเทียบผลการศึกษาวิจัย และจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตกะทิ UHT และผลิตภัณฑ์ร่วมจากมะพร้าว และจุดที่เป็น Hot Spot (critical issues)

1.5.2 ช่วยในการประเมิน การตัดสินใจ ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เกิดการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 ช่วยพัฒนายกระดับอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว ให้เป็นไปตามแนวทางแห่งความยั่งยืน (Green Supply Chain) สอดคล้องกับนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับประเทศ และในระดับโลก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ซึ่งการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ถือเป็นเครื่องมือหรือวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ที่ โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ที่มีการนำผลิตภัณฑ์ร่วม หรือของเสียที่เกิดขึ้นมาแปรรูปเพื่อลดค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

2.1 ภาวะโลกร้อน

2.1.1 คำจำกัดความของภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน คือ การเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศของโลก โดยที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทุกช่วงเวลาของโลก โดยทั่วไปคำว่า ภาวะโลกร้อน จะใช้ในการอ้างถึงสภาวะที่อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้นและส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNITED Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ และใช้คำว่า การผันแปรของภูมิอากาศ (Climate Variability) สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเหตุอื่น ส่วนคำว่าภาวะโลกร้อนจากกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic Global Warming) มีที่ใช้ในบางคราวเพื่อเน้นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเหตุอันเนื่องมาจากมนุษย์

2.1.2 สาเหตุของภาวะโลกร้อน

สภาพภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปตามแรงกระทำจากภายนอก ซึ่งรวมถึงการผันแปรของวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ (แรงกระทำจากวงโคจร) การระเบิดของภูเขาไฟ และการสะสมของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศ ซึ่งสาเหตุของความร้อนที่เพิ่มขึ้นของโลกยังคงเป็นประเด็นการวิจัยที่ได้รับความสนใจ โดยมีความเห็นร่วมทางวิทยาศาสตร์ (scientific consensus) บ่งชี้ว่า ระดับการเพิ่มของแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นส่วนที่มีอิทธิพลสำคัญที่สุดตั้งแต่มีการเริ่มต้นยุคอุตสาหกรรม และสาเหตุข้อนี้มีความชัดเจนมากในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีข้อมูลมากพอสำหรับการพิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีสมมุติฐานอื่นในมุมมองที่ไม่ตรงกัน

กับความเห็นร่วมทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ซึ่งนำไปใช้เพื่ออธิบายเหตุการณ์ที่อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น โดยสมมุติฐานหนึ่งในนั้นเสนอว่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการผันแปรภายในของดวงอาทิตย์

ผลกระทบจากแรงดังกล่าวมิได้เกิดขึ้นในฉับพลันทันใด เนื่องจากแรงเฉื่อยของความร้อน (thermal inertia) ของมหาสมุทรและการตอบสนองอันเชื่องช้าต่อผลกระทบทางอ้อมทำให้สภาวะภูมิอากาศของโลก ณ ปัจจุบันยังไม่อยู่ในสภาวะสมดุลจากแรงที่กระทำ การศึกษาเพื่อหาข้อผูกมัดของภูมิอากาศ (Climate commitment) บ่งชี้ว่าแม้แก๊สเรือนกระจกจะอยู่ในสภาวะเสถียรในปี พ.ศ. 2543 ก็ยังคงมีความร้อนเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 0.5 องศาเซลเซียสอยู่ดี

2.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

แก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นแก๊สที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดี แก๊สเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ เช่น ดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะแล้วจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด เนื่องจากแก๊สเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวันแล้วค่อย ๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

แก๊สจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน และถูกจัดอยู่ในกลุ่มแก๊สเรือนกระจก ซึ่งมีทั้งแก๊สที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ แก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และสารซีเอฟซี เป็นต้น แต่แก๊สเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นแก๊สที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) แก๊สเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และแก๊สซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6) ทั้งนี้ยังมีแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว

กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่เป็นตัวการในการเพิ่มปริมาณแก๊สเรือนกระจก ประกอบด้วย การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์ ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ปล่อยแก๊สโอโซน นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสาร

ฮาโลคาร์บอน (CFCs HFCs และ PFCs)

การเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก(Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของแก๊สนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ เป็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ

ก๊าซเรือนกระจก	**อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)**	**ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)**
คาร์บอนไดออกไซด์	200–450	1
มีเทน	9–15	25
ไนตรัสออกไซด์	120	298
CFC-12	100	10,900
เตตระฟลูออโรมีเทน	50,000	5,700
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	3,200	22,800

ที่มา: IPCC (2007)

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกในประเทศไทย จากบัญชีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในรายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 2 จัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรแห่งชาติและสิ่งแวดล้อม (2553) พบว่าในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศรวมทั้งส่วนที่เกิดจากแหล่งปล่อย (Emission from source) และส่วนที่ดูดกลับ (Removal by sink) เท่ากับ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็น 159.39 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 69.6 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมาคือภาคการเกษตร 51.88 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 22.6 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ ภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณการปล่อยเท่ากับ 16.39 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 7.2 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของ

ประเทศ ตามลำดับ ภาคที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ภาคของเสีย คิดเป็นปริมาณการปล่อยเท่ากับ 9.32 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือคิดเป็นร้อยละ 4.10 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ สำหรับการปล่อยในภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีน้อยกว่าปริมาณดูดกลับจึงทำให้ค่ารวมของภาคนี้ -7.90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นร้อยละ -3.4 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศ

2.2.1 ผลกระทบจากปรากฏการณ์แก๊สเรือนกระจก

1) ผลกระทบด้านอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดในที่ต่างๆ สูงขึ้น เป็นผลให้มีจำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มขึ้น คลื่นความร้อนรุนแรงขึ้น เกิดภัยพิบัติสืบเนื่องจากภูมิอากาศ เช่น พายุ น้ำท่วมอย่างรุนแรง มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดโดมความร้อน (Urban heat island) ที่รุนแรงขึ้นในเขตเมืองซึ่งมีสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการกักเก็บความร้อนอยู่แล้วอีกด้วย ปรากฏการณ์โดมความร้อนนี้เป็นภาวะที่อุณหภูมิในเขตเมืองสูงกว่าเขตรอบนอกในทุกช่วงเวลาทั้งกลางวัน กลางคืน และทุกฤดูกาล สามารถเกิดได้ในเมืองใหญ่ หรือเมืองที่มีประชากรเพียงประมาณ 10,000 คน ปรากฏการณ์นี้เป็นที่รู้จักมากว่าร้อยปี และคาดว่าจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบอาจมากถึงครึ่งหนึ่งของประชากรโลกภายในปลายศตวรรษนี้ การเพิ่มสูงของอุณหภูมิเฉลี่ยยังส่งผลให้เกิดความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นสูงขึ้น ทำให้เกิดการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีผลกระทบต่อเนื่องถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำในหน้าแล้ง ที่จะใช้ผลิตไฟฟ้า และอุปโภคบริโภค

2) ผลกระทบด้านปริมาณน้ำฝน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณและความถี่ของฝนเปลี่ยนแปลงจากการใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศวิเคราะห์ภาพจำลองกรณีที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากระดับปี พ.ศ. 2533 เป็นสองเท่า พบว่า ปริมาณน้ำฝนของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 5 แต่ปริมาณน้ำฝนจะแตกต่างกันตามภูมิภาค นอกจากนี้ผลจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจทำให้ปริมาณน้ำท่าลดน้อยลงกว่าเดิม ประเด็นสำคัญในผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำอาจสรุปได้ดังนี้

- ถึงแม้จะมีฝนตกมากขึ้น แต่ก็จะมีการระเหยมากขึ้นเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วการเร่งตัวของวงจรน้ำนี้จะทำให้มีน้ำฝนมากขึ้น

- ปริมาณฝนตกจะมากขึ้นในบางพื้นที่และลดลงในบางพื้นที่ แบบจำลองสภาพภูมิอากาศยังไม่สามารถที่จะคาดการณ์ระดับภูมิภาคได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้วงจรของน้ำยัง

มีความซับซ้อนมาก เช่น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนอาจมีผลต่อปริมาณน้ำบนพื้นผิว การสะท้อนแสงและพืชพรรณธรรมชาติ ซึ่งมีผลต่อการระเหยของน้ำและการก่อตัวของเมฆและจะส่งผลกลับมายังปริมาณน้ำฝนอีก

- ภูมิภาคใกล้ขั้วโลกเหนืออาจมีน้ำท่ามากขึ้นเนื่องจากฝนตกมากขึ้น แบบจำลองสภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่แสดงว่าในหน้าหนาวพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรมากจะมีน้ำมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่อื่นจะลดลง แบบจำลองส่วนใหญ่คาดการณ์ว่าความชื้นของดินและพื้นที่ปลูกธัญพืชที่สำคัญบางแห่งในเขตอบอุ่นจะลดลง

- การคาดการณ์ผลกระทบในเขตร้อนชื้นกระทำได้ลำบาก แบบจำลองสภาพภูมิอากาศให้ผลต่างกันในเรื่องของความเข้มข้นและการกระจายของน้ำฝนในเขตร้อนชื้น ความซับซ้อนของระบบภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นทำให้การคาดการณ์มีความไม่แน่นอนสูง การศึกษาเบื้องต้นในประเทศไทย พบว่า ผลที่ได้ระหว่างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างกันสูง จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้เหมาะสมกับเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย

- การเปลี่ยนแปลงของฝนจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ได้ แบบจำลองหลายแบบจำลองชี้ให้เห็นว่าจะมีปริมาณของฝนที่ตกมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดน้ำท่วมและมีปริมาณน้ำท่ามากขึ้น ในขณะที่การดูดซับของดินจะน้อยลง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอาจส่งผลกระทบต่อการกระจายของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในภูมิภาคต่าง ๆ ด้วย

- สภาพภูมิอากาศมีความแห้งแล้งมากขึ้น ความอ่อนไหวของระบบอุทกวิทยาท้องถิ่นก็ยิ่งสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณฝนเพียงไม่มากนักก็สามารถส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าได้สูง พื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งอาจมีความอ่อนไหวมากขึ้น อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ลดลง รวมทั้งการระเหยของน้ำและการคายน้ำของพืชที่มากขึ้น

- ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อการกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำและบ่อน้ำ การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวจะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำใต้ดินและน้ำบาดาลในระยะยาว เช่น การศึกษาเบื้องต้นของประเทศไทย พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจทำให้ปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลดน้อยลง และเมื่อคำนึงถึงความต้องการใช้น้ำเหนืออ่างที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วปัญหาการขาดแคลนน้ำในหน้าแล้งจะทวีความรุนแรงมากขึ้น

- การเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าและการระเหยของน้ำจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศของธรรมชาติในระบบนิเวศน้ำจืดนั้น การเปลี่ยนแปลงในระดับของน้ำ อุณหภูมิของน้ำและความร้อนของน้ำมีผลต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ส่วนการ

เปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของน้ำและปริมาณน้ำฝนจะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำ (ธาตุอาหารและการละลายของออกซิเจน) และปริมาณน้ำในทะเลสาบและลำน้ำ

- แรงกดดันของปัญหาในด้านทรัพยากรน้ำที่มีมากขึ้น จะนำไปสู่ปัญหาความขัดแย้งที่รุนแรงขึ้น เพราะสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีผลเชื่อมโยงไปถึงปริมาณน้ำ การจัดสรรน้ำและความสามารถในการผลิตอาหาร ปัญหาที่รุนแรงขึ้นจะเป็นสาเหตุสำคัญให้ความตึงเครียดทางเศรษฐกิจและการเมืองมีมากขึ้น โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีทรัพยากรน้ำจำกัด

- ทางเลือกในการปรับตัวต่อความเสี่ยงในเรื่องทรัพยากรน้ำมีไม่มากนัก แต่แนวทางที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยลดปัญหาด้านทรัพยากรน้ำในระยะยาว คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำใหม่และการจัดการแหล่งน้ำมีมีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว การใช้กฎระเบียบและเทคโนโลยีในการควบคุมที่ดินและน้ำโดยตรง การสร้างแรงจูงใจและการเก็บภาษีที่มีผลต่ออุปนิสัยการใช้น้ำโดยตรง การก่อสร้างแหล่งน้ำและระบบส่งน้ำเพื่อเพิ่มอุปทานน้ำ การปรับปรุงระบบการจัดการน้ำ การดำเนินงานด้านสถาบัน มาตรการปรับตัวอื่น ๆ อาจรวมถึงการปกป้องพืชพรรณธรรมชาติ การฟื้นฟูแม่น้ำลำคลองให้เป็นไปอย่างเป็นธรรมชาติและการลดมลพิษทางน้ำ และการปรับปรุงระบบการเกษตรที่อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ

3) ผลกระทบด้านระดับน้ำทะเล

ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาได้เพิ่มสูงขึ้นระหว่าง 10-25 เซนติเมตร หลายฝ่ายเชื่อว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลนี้มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบรรยากาศชั้นล่างของโลกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.3-0.6 องศาเซลเซียส มีการคาดการณ์ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกอาจทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 50 เซนติเมตรในปี พ.ศ. 2643 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในมหาสมุทรอาจส่งผลให้ระดับน้ำทะเลในท้องถิ่นหรือภูมิภาคเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าหรือน้อยกว่าระดับเฉลี่ยของโลกได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น คือ การขยายตัวของผิวน้ำทะเลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยมีการละลายของภูเขาน้ำแข็งในขั้วโลกเป็นตัวสนับสนุนด้วย การเพิ่มขึ้นที่คาดการณ์นี้ มีอัตราสูงกว่าการเพิ่มขึ้นในร้อยปีที่ผ่านมา 2 ถึง 5 เท่า อัตราขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงของน้ำทะเลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการตอบสนองของลักษณะชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงของการไหลของน้ำทะเล ความแตกต่างของแนวคลื่นและความหนาแน่นของน้ำทะเลและการเคลื่อนย้ายตามแนวดิ่งของดิน ซึ่งลักษณะเหล่านี้แตกต่างกันตามพื้นที่และภูมิภาค ความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะพุ่งลึกลงไปในมหาสมุทร ทำให้ภูเขาน้ำแข็งละลายเรื่อย ๆ ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นต่อไปอีกนานถึงแม้ว่าระดับอุณหภูมิบนพื้นผิวจะไม่เปลี่ยนแปลงผลกระทบต่อชายฝั่ง ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นอาจส่งผลกระทบในวง

กว้าง อย่างไรก็ดีพื้นที่แต่ละแห่งมีโอกาสได้รับผลกระทบมากน้อยต่างกันออกไป โดยผลกระทบที่สำคัญ คือ

- พื้นที่ในบริเวณชายฝั่งจะถูกน้ำท่วมและถูกกัดเซาะมากขึ้น โดยเฉพาะในแถบบริเวณชายฝั่งของประเทศกำลังพัฒนาที่มีขีดความสามารถในการปรับตัวต่ำ แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว หากระดับการป้องกันยังเป็นอยู่เช่นในปัจจุบันก็อาจได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับบริเวณดังกล่าวคือ การสูญเสียที่ดินอันเนื่องจากระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าหากระดับน้ำทะเลสูงขึ้นอีก 1 เมตร พื้นที่ชายฝั่งของประเทศต่าง ๆ จะสูญหายไป เช่น ประเทศอุรุกวัยจะหายไปร้อยละ 0.05 ประเทศอียิปต์หายไปร้อยละ 1.0 ประเทศเนเธอร์แลนด์หายไปร้อยละ 6.0 ประเทศบังคลาเทศหายไปร้อยละ 17.5 และบางประเทศในหมู่เกาะมาร์แชลอาจสูญเสียถึงร้อยละ 80

- สร้างความเสียหายต่อสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญโดยเฉพาะสาขาเกษตรกรรม การประมงชายฝั่ง การท่องเที่ยว การประกันภัยพื้นที่ชายฝั่ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อให้สาขาเหล่านี้ปรับตัวให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปให้ได้มากที่สุด

- เกิดปัญหาด้านสุขภาพอนามัยและสุขภาพจิต โดยเฉพาะชุมชนที่ยากจนในประเทศกำลังพัฒนาที่ต้องมีการโยกย้ายถิ่นฐาน

- ระบบนิเวศชายฝั่งที่มีคุณค่าจะมีความเสี่ยงสูง ป่าชายเลน หมู่ปะการัง และหญ้าทะเล พื้นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำ มีความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงของความถี่และความรุนแรงของปริมาณฝนและพายุ ถึงแม้ปะการังซึ่งโดยทั่วไปเจริญเติบโตเร็วพอกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลก็อาจได้รับความเสียหายจากระดับอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น

- ระบบนิเวศของมหาสมุทรอาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกจากจะทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นแล้วยังอาจทำให้พื้นที่น้ำแข็งลดลง เกิดการรวมตัวแนวดิ่งของน้ำและคลื่น เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการหมุนเวียนของน้ำทะเลซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพของทรัพยากรชีวภาพ ธาตุอาหารและโครงสร้างของระบบนิเวศ บทบาทของสมุทรนิเวศ (Marine ecosystems) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินี้ยังสามารถทำให้ทรัพยากรชีวภาพเคลื่อนย้ายระหว่างพื้นที่อีกด้วย

4) ผลกระทบด้านระบบนิเวศ

ความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม จะถูกคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รวดเร็ว อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 1.0 - 3.5 องศาเซลเซียสในอีก 100 ปีข้างหน้า จะทำให้เขตภูมิอากาศปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตอบอุ่น องค์ประกอบและการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตตามพื้นที่ของระบบ

นิเวศธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขใหม่ ในขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การทำลายป่าและแรงกดดันต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ จะส่งผลกระทบต่อชนิดและการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ต่าง ๆ พันธุ์พืชและสัตว์ที่ไม่สามารถปรับตัวได้ทันท่วงทีก็อาจสูญพันธุ์ซึ่งเป็นการสูญเสียที่ไม่อาจกลับคืนมาได้

- ป่าไม้ปรับตัวอย่างเชื่องช้าตามเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงการสังเกตการณ์ การทดลองและแบบจำลองได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างถาวรเพียง 1.0 องศาเซลเซียส ในศตวรรษที่ 21 จะมีผลต่อบทบาทและองค์ประกอบของป่าไม้ ภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลองหนึ่งชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลกระทบที่สำคัญต่อองค์ประกอบของพันธุ์ไม้ในป่าถึงหนึ่งในสามของโลก ป่าบางชนิดอาจสูญสลายในขณะที่พันธุ์ใหม่อาจเกิดขึ้น ทำให้มีระบบนิเวศใหม่ได้ แต่จะมีการคุกคามของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจรวมถึงศัตรูพืช และไฟป่าที่เพิ่มขึ้น

- ฤดูกาลเพาะปลูกของทุ่งหญ้าซึ่งเป็นแหล่งอาหารของปศุสัตว์และสัตว์ป่ามากกว่าร้อยละ 50 ของโลกอาจจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนแปลงขอบเขตระหว่างทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ ป่าไม้และระบบนิเวศอื่นในเขตร้อนชื้น การเปลี่ยนแปลงของการระเหยของน้ำอาจมีผลต่อผลผลิตพืชและจำนวนสัตว์รวมทั้งสัดส่วนของพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์เป็นอย่างมาก

- พื้นที่ชุ่มน้ำอาจลดลง พื้นที่ชุ่มน้ำเหล่านี้เป็นแหล่งอาศัยและขยายพันธุ์ของพืชและสัตว์มากมาย นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งปรับปรุงคุณภาพน้ำ ควบคุมน้ำท่วมและสภาวะแห้งแล้ง การศึกษาในหลายประเทศชี้แนะว่าโลกร้อนขึ้นจะมีผลทำให้พื้นที่ชุ่มน้ำลดน้อยลง เนื่องจากอัตราการระเหยที่เร็วขึ้น

2.2.2 ผลกระทบต่อประเทศไทย

ประเทศไทยได้ลงนามและให้สัตยาบันในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และได้ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Non-Annex I คือไม่มีพันธกรณีในการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เนื่องจากเมื่อเทียบกับประเทศอุตสาหกรรม และประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ แล้วประเทศไทยปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่น้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 0.6 ของการปลดปล่อยแก๊สชนิดนี้จากทั่วทุกประเทศ อีกทั้งการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรายหัวของไทย (per capita emission) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก เป็นเรื่องดีที่ประเทศไทยมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในปริมาณน้อย แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบที่ประเทศไทยได้รับจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ได้น้อยอย่างปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ไทยปลดปล่อย ทั้งนี้ก็เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่สร้างผลกระทบอย่างต่อเนื่องไป

เรื่อย ๆ โดยมีสภาวะแวดล้อมและภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดความรุนแรงของผลกระทบต่อประเทศไทย

1) น้ำท่วม

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศจากหลายๆ ประเทศ ชี้ว่าภายในปี 2100 เหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรง จะเกิดเพิ่มขึ้นหลายเท่าจากแต่ก่อนโดยมีโอกาสเกิด 3-6 ครั้งในช่วง 100 ปี ต่างจากสมัยก่อนที่เกิดเพียง 1 ครั้งต่อ 100 ปี เขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีแนวโน้มที่จะเกิดฝนตกหนัก และน้ำท่วมบ่อยครั้งขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาวะโลกที่ร้อน ทำให้มีการละลายของภูเขาน้ำแข็งแถบขั้วโลกที่เพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำ และทะเลเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาพื้นที่ชุมชนของไทยมักจะประสบกับปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้ง โดยส่วนใหญ่จะเกิดในเขตชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย โดยเฉพาะแถบชายฝั่งด้านตะวันออก และทางใต้ของประเทศซึ่งตั้งอยู่ใกล้มหาสมุทร ในเขตเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหานคร หาดใหญ่ และเชียงใหม่ก็ประสบปัญหาน้ำท่วมเช่นกันโดยเฉพาะช่วงหน้าฝน ทั้งนี้ก็เนื่องจากปริมาณน้ำมีมากกว่าที่กักเก็บ และระบบระบายน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพพอ ผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม นำความเสียหายอย่างมหาศาลมาสู่ชีวิตและทรัพย์สินขึ้น น้ำที่ไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ได้ทำลายสิ่งที่เป็นโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนนหนทาง สิ่งก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น ทำลายพืชผลทางการเกษตร ชะล้างหน้าดินทำให้ดินเสื่อมสภาพเกิดการปนเปื้อนของน้ำ และคร่าชีวิตประชาชนจำนวนมาก นอกจากนี้ปัญหาน้ำท่วมขังในบางพื้นที่ยังส่งผลต่อการแพร่ของโรคระบาดทั้งในมนุษย์ พืชและสัตว์ และมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในการเกษตร ประชาชนต้องสูญเสียที่ทำกิน ต้องอพยพย้ายถิ่น ผลผลิตระดับท้องถิ่นและระดับประเทศลดลง มีผลให้ประชาชนเกิดวิกฤตทางอารมณ์ซึ่งมีผลต่อการก่ออาชญากรรมที่สูงขึ้น ประเทศไทยยังมีความอ่อนไหวต่อสภาวะน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญต่อการตั้งถิ่นฐานในบริเวณริมฝั่งแม่น้ำหรือชายฝั่งทะเล เพราะพื้นที่เหล่านี้ถือเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยซึ่งอาจเกิดได้ในอนาคต โดยอาจมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือปัจจัยอื่นๆ ซึ่งหากเกิดภัยพิบัติโดยไม่เตรียมการป้องกันย่อมส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศโดยรวม

2) ความแห้งแล้ง

ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทรัพยากรน้ำจึงถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ปัญหาทรัพยากรน้ำอันดับต้นๆ ของไทยที่สำคัญคือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำและสภาวะแห้งแล้งในประเทศไทย

ภาวะแห้งแล้งขาดน้ำ จะเกิดขึ้นในหน้าแล้งและหน้าร้อน มีสาเหตุมาจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติแห้ง ไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคของประชาชน ซึ่งปรากฏการณ์ฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานนี้ก็เกิดเป็นผลต่อเนื่องมาจากสภาวะที่โลกร้อนขึ้น ปริมาณน้ำในโลกลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 21-31 ต่อปี สืบเนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่มีมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ บริเวณผิวโลกสูงขึ้น ปริมาณน้ำในโลกลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 21-31 ต่อปี สืบเนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่มีมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณผิวโลกสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบริเวณผิวโลกนี้ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนและการระเหยของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไป ปริมาณน้ำในลำธารและน้ำใต้ดินลดลงเนื่องจากระเหยแห้งไปกับความร้อนที่สูงขึ้นหมด ทำให้ปริมาณฝนตกน้อยลงหรือทิ้งช่วงเป็นเวลานานเกิดภาวะแห้งแล้งขึ้น สภาวะแห้งแล้งนี้มีผลกระทบต่อการทำเกษตรของไทยอย่างยิ่ง การปลูกพืชเศรษฐกิจของไทยที่มีปัญหาอยู่เสมอ เช่น พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมีจำกัด ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่ำเนื่องจากความแปรปรวนของน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปัญหาปริมาณน้ำฝนที่ไม่สม่ำเสมอก็ยังมีผลกระทบต่อการทำไร่อ้อยด้วย ในปี 2534 ประเทศไทยเกิดปรากฏการณ์ฝนทิ้งช่วงพร้อมกับอากาศร้อนและแห้งแล้งตามด้วยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงติดต่อกันยาวนานในภาคเหนือ เกิดการระบาดของโรคไหม้ของต้นข้าวระยะคอรวง (neck blast) ในข้าวพันธุ์ กข 6 อย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ซึ่งมีสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการระบาดของโรคดังกล่าว ถือเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ล่าสุดในปี 2547 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางและตอนล่าง ฤดูฝนสิ้นสุดเร็วมากตั้งแต่เดือนกันยายนทำให้ข้าวขาดน้ำในการสร้างเมล็ดจึงทำให้คุณภาพของลดลง

3) ความหลากหลายทางชีวภาพ

ภูมิภาคอินโด-พม่า (Indo-Burma) ซึ่งรวมถึงประเทศไทยจัดอยู่ในบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง หรือพื้นที่วิกฤต (hot spot) ต่อการสูญเสียทรัพยากรชีวภาพ เนื่องจากมีความหลากหลายของทรัพยากรมาก แต่ได้รับการดูแลต่ำที่สุด ซึ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สถานการณ์การสูญเสียทรัพยากรชีวภาพจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น มีความเป็นไปได้สูงที่สัตว์และพืชหลายๆ สายพันธุ์ในประเทศไทยจะลดลง และสูญพันธุ์ไป เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการกระจายของแหล่งที่อยู่ เนื่องจากพืชและสัตว์จะรับสัญญาณจากภูมิอากาศในการเปลี่ยนแปลงวงจรชีวิตให้สมบูรณ์ สามารถสืบทอดขยายพันธุ์ต่อไปได้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลให้สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ รวมถึงป่าไม้ต้องมีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดในภาวะที่โลกร้อนขึ้น มีการปรากฏการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดในบริเวณพื้นที่ยอดเขา 2-3 แห่ง ที่ไม่สามารถอพยพย้ายถิ่นไปอยู่ในเขตที่สูงขึ้นหรือ

ปรับตัวให้เข้ากับอากาศที่อุ่นขึ้นได้ ทำให้ผลผลิตจากป่าลดลง สูญเสียแหล่งพันธุกรรมซึ่งเป็นทรัพยากรอันมีค่ายิ่งของประเทศ

การเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อระดับน้ำในแหล่งน้ำ มีผลทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ในบริเวณที่ระดับน้ำลดต่ำ พื้นที่ชายฝั่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยเฉพาะในบริเวณที่เป็นแอ่งเก็บน้ำหรือทะเลสาบน้ำตื้น พืชน้ำและพืชชุ่มน้ำโดยรอบจะลดลง ส่งผลกระทบต่อการย้ายถิ่นที่อยู่ของสัตว์น้ำ และการลดลงหรือหายไปของพืช เกิดความเสื่อมถอยด้านการผลิตชีวมวล หรือแม้แต่การสูญพันธุ์ของปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ต้องพึ่งพิงลักษณะเฉพาะทางนิเวศริมฝั่งน้ำ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ (throughflow) อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ก็สามารถกระทบต่อการสูญเสียทรัพยากรชีวภาพได้เช่นกันแม้ระดับน้ำจะคงเดิมก็ตามอุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น และการละลายของน้ำแข็งขั้วโลกซึ่งส่งผลกระทบให้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้สัตว์ทะเลบางชนิดไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพของน้ำที่เปลี่ยนไป มีการแพร่กระจายและขยายพันธุ์ โรคของสัตว์น้ำบางชนิดให้รุนแรงขึ้นจนทำให้สัตว์ทะเลบางชนิดมีจำนวนลดลงหรือสูญพันธุ์ไป ปริมาณน้ำและอาณาเขตของแหล่งน้ำที่ลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำ เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ทำให้แหล่งน้ำกลายเป็น Eutrophication หรือแหล่งสะสมธาตุที่กระตุ้นให้สาหร่ายและวัชพืชน้ำเจริญในปริมาณมาก มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำชนิดอื่นๆ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง คุณภาพของแหล่งน้ำลดลง ก่อเกิดปัญหาสุขอนามัยต่อชุมชนที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำนั้นๆ บริเวณที่ฝนตกหนัก สารมลภาวะที่เป็นกรดในอากาศจะถูกชะล้างลงแหล่งน้ำมากขึ้น ความเป็นกรดนี้ก็มีส่วนทำลายความหลากหลายทางชีวภาพด้วยเช่นกัน การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพทำได้โดยวางแปลงถาวร (Permanent Mountain Line Transect) ตามแนวเทือกเขาผ่านความสูงจากระดับน้ำทะเลต่างๆ หรือวางแปลงถาวรแนวตามเหนือใต้ผ่านระบบนิเวศต่างๆ แล้วติดตามความหลากหลายประชากร การแพร่กระจายพร้อมทั้งตรวจสภาพภูมิอากาศควบคู่กันไป โดยเน้นที่ป่าสนและป่าร้อนชื้น เพราะคาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมาก โดยเฉพาะป่าร้อนชื้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการใช้ที่ดินผิดวิธีและการทำลายป่า รวมทั้งมีจำนวนประชากรที่หนาแน่น

2.3 คาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of product)

2.3.1 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

คาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2554) เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณเท่าใด นอกจากนี้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคได้พิจารณาประกอบในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

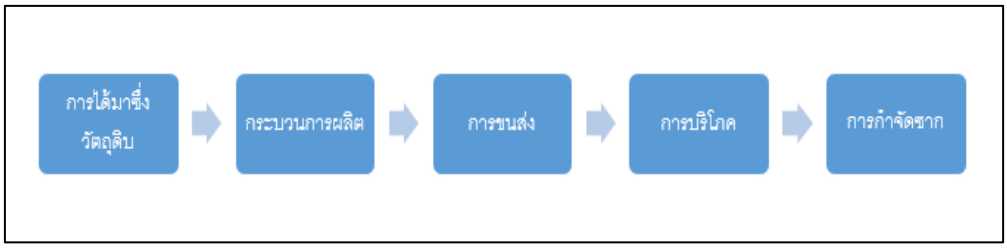
2.3.2 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งานและการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน ซึ่งผู้ผลิตสามารถไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (cradle to grave) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (cradle to gate) ได้ อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น

1) รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

รูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ก) แบบ Business-to-Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2C มีขอบเขตดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2C

ข) **แบบ Business-to-Business (B2B)** เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออกหรือจนถึงสถานะเป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่อง ตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2B มีขอบเขตดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบบ B2B

2) แหล่งกำเนิดแก๊สเรือนกระจกและหน่วยวัด

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

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (global warming potential : GWP) การปล่อยแก๊สเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์แสดงรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2.3

Common Name	Chemical Formula	GWP_{100}
Carbon Dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous Oxide	N_2O	298
Hydrofluorocarbons		
HFC-23	CHF_3	14,800
HFC-32	CH_2F_2	675
HFC-125	CHF_2CF_3	3,500
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,430
HFC-143a	CH_3CF_3	4,470
HFC-152a	CH_3CHF_2	124
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3,220
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	9,810
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	1,030
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	974
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1,640
Perfluorinated Compounds		
PFC-14		7,390
PFC-116	CF_4	12,200
PFC-218	C_2F_6	8,830
PFC-318		10,300
PFC-3-1-10		8,860
PFC-4-1-12		9,160
PFC-4-1-14		9,300
PFC-4-1-18		>7,500
Sulfur hexafluoride	SF_6	22,800
Nitrogen Trifluoride	NF_3	17,200

รูปที่ 2.3 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (GWP) (IPCC, 2007)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) กรอบแนวคิดการคำนวณ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จะยึดหลักตามวิธีการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

ก) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต ต้องกำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้ เช่น การศึกษาผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวเพื่อเปรียบเทียบการลดแก๊สเรือนกระจกในช่วงเวลาต่างๆ เป็นต้น การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภคหรือเพื่อประโยชน์อื่น ๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล ขอบเขตต้องระบุประเด็นดังต่อไปนี้

ข) ขอบเขตของระบบ (System boundary) ต้องแสดงขอบเขตการศึกษาระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (Unit process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียด เนื่องจากมีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และกระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประมาณการได้ เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา

ค) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องระบุหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยการกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสิ่งเข้าและสิ่งออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต้องอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน

ง) ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules: PCRs) เป็นกฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ถูกกำหนดขึ้นตามแนวทางในการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Type III environmental declarations) และมีความเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ

เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ทั้งสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอน ซึ่งข้อมูลสารขาเข้า (Inputs) ของกิจกรรมการผลิต หมายถึง ข้อมูลสารที่เข้าสู่กระบวนการผลิต ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบ พลังงานสารเคมี น้ำ และอื่นๆ ที่ใช้เป็นปัจจัยการผลิตในกระบวนการผลิต

และข้อมูลสารขาออก (Outputs) ของกิจกรรมการผลิต หมายถึง ข้อมูลสารที่ออกจากกระบวนการผลิต ได้แก่ ปริมาณผลิตภัณฑ์หลัก ผลิตภัณฑ์ร่วม ของเสีย และมลพิษ ซึ่งมีช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลให้ใช้ข้อมูล 1 ปีย้อนหลัง โดยที่ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนนี้อาศัยจากฐานข้อมูลของบริษัทหรือโรงงานผู้ผลิตนั้น ๆ ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก) การได้มาซึ่งวัตถุดิบและพลังงาน เริ่มศึกษาตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบออกจากธรรมชาติจนได้เป็นวัตถุดิบ โดยเก็บข้อมูลที่เกิดจากทุกกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมทั้งแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

ข) การผลิต เป็นขั้นตอนที่ต้องเก็บข้อมูลตั้งแต่การนำวัตถุดิบมาผลิต โดยต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภท และปริมาณของวัตถุดิบ สารเคมี และพลังงานในกระบวนการผลิต รวมทั้งระบบสนับสนุนการผลิตทั้งหมด และของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตทั้งหมดด้วย

ค) การกระจายสินค้า ในขั้นตอนนี้การกระจายสินค้าจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง การจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิงให้ใช้ข้อมูลประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ขนาดบรรทุก สัดส่วนการบรรทุก ระยะทางของการขนส่งเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าในการคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิง

ง) การใช้งาน เป็นขั้นตอนการใช้งานและการบริโภค ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานที่ใช้การในบริโภคทั้งหมด

จ) การกำจัดซาก เป็นขั้นตอนการจัดการของเสีย ที่เกิดขึ้นจากการบริโภค ซึ่งของเสียที่เกิดหลังจากการบริโภคและการใช้งาน คือ ภาชนะบรรจุเท่านั้น

3) การประเมินผลกระทบ

เป็นขั้นตอนการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมในทุกขั้นตอนไปคำนวณ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4) การแปลผล

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบ ซึ่งทำให้ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง ณ จุดนั้น ๆ เพื่อทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง และทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

4) มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA มีทั้งหมด 7 ฉบับ ดังนี้

ก) ISO14040–Life cycle assessment–Principles and framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ข) ISO14041–Life cycle assessment–Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิเคราะห์ และจัดทำบัญชีรายการ ด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (LCI)

ค) ISO14042-Life cycle assessment–Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ง) ISO14043-Life Cycle Assessment–Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึง การแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA

จ) ISO/TR14047-Life Cycle Assessment–Illustrative examples on how to apply ISO14042–Life cycle impact assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ฉ) ISO/TR14048-Life Cycle Assessment–LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA

ช) ISO/TR14049-Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO14041 to goal and scope definition and inventory analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO14041 สำหรับการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

5) การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาค่าการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ควรใช้วิธีการ ดังนี้

ก) ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของในแต่ละกิจกรรม (i) คือ การใช้วัตถุดิบให้อยู่ในหน่วยกิโลกรัม สารเคมีให้อยู่หน่วยลิตรและเชื้อเพลิงให้อยู่ในหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมง

ข) แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor: EF) ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

ค) ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ และรวมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในทุกกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ก็จะทำให้ได้ออกมาเป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.1) ดังนี้

$$CFP = \sum \left(A_i \times EF_i \right) \tag{2.1}$$

เมื่อ CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

A_i คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม i (หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละกิจกรรม i (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

ง) สมดุลมวลและสมดุลพลังงาน ในการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมต้องมีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและขาออกจึงจำเป็นต้องมีการสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน เพื่อให้เกิดความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

สมดุลมวล (Mass balance) จากหลักการพื้นฐานของกฎการอนุรักษ์มวลสาร (Law of conservation of mass) คือ มวลของสารของระบบหนึ่งๆ จะคงที่เสมอไม่ว่าภายในระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตาม ซึ่งเป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของมวลสารภายในระบบว่าเป็นอย่างไรดังสมการ (2.2)

มวลสารที่เข้าระบบ = มวลสารที่ออกจากระบบ + มวลสารที่สะสมในระบบ (2.2)

สมดุลพลังงาน (Energy balance) จากหลักการพื้นฐานของกฎการคงตัวของพลังงาน คือ พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ และไม่สามารถที่จะทำให้สูญหายไปได้ โดยพลังงานของระบบใด ๆ จะคงที่ ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการได้ดังสมการ (2.3)

พลังงานที่เข้าสู่ระบบ = พลังงานที่ออกจากระบบ + พลังงานที่สะสมในระบบ (2.3)

จ) การปันส่วน (Allocation) การปันส่วนเป็นการแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออกของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์ร่วมอื่นๆ โดยการปันส่วนจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในช่วงเวลาเดียวกัน และมีการใช้ระบบสาธารณูปโภคร่วมกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างๆ ลักษณะของการปันส่วนมีอยู่หลายประเภท แต่ที่นิยมใช้ เช่น วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก ซึ่งมีวิธีการดังตารางที่ 2-2 (รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, 2556)

ตารางที่ 2-2 วิธีการการปันส่วนตามน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กิโลกรัม)	% การปันส่วน
ผลิตภัณฑ์ที่ 1 (ผลิตภัณฑ์หลัก)	A	[A/(A+B)] × 100
ผลิตภัณฑ์ที่ 2 (ผลิตภัณฑ์ร่วม)	B	[B/(A+B)] × 100

2.4 มะพร้าว

2.4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะพร้าว

มะพร้าว เป็นพืชในสกุล *Arecaceae* เป็นพืชในตระกูลปาล์ม (Pamily palmae) อยู่ใน tribe Cocoideae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีโครโมโซม 16 คู่ (2n=32) โดยมะพร้าวเป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่า เนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งน้ำมะพร้าวเกิดจากเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวซึ่งจะมีเอนโดสเปิร์มทั้งของแข็งและของเหลว คือ เอนโดสเปิร์มของแข็งจะเป็นเนื้อมะพร้าว และเอนโดสเปิร์มของเหลวจะเป็นน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม และมีน้ำมะพร้าวอยู่ภายใน ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวก็หล่นลงจากต้น

2.4.2 มะพร้าวในประเทศไทย

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน สำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมดหรือ 489 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป โดยอุตสาหกรรมมะพร้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค

เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิ อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว

2) ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค

เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว

ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท คิดแล้วมูลค่ามหาศาล ซึ่งเราไม่ควรที่จะละเลยและควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนามะพร้าวอีกต่อไป โดยพื้นที่ปลูกในภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง ภาคกลาง ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร และภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา

2.4.3 สถานการณ์มะพร้าวในตลาดโลก

สถานการณ์มะพร้าวในแหล่งผลิตอย่างประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม พม่า และไทย มีแนวโน้มผลผลิตลดลง เนื่องจากหันไปปลูกปาล์มมากขึ้น แต่ความต้องการใช้มะพร้าวกลับเพิ่มขึ้น ประกอบกับภาวะภัยแล้ง และพื้นที่ปลูกสำคัญได้รับความเสียหายจากแมลง รวมทั้งประเทศผู้ส่งออกไม่ผลักดันการส่งออกผลมะพร้าวมายังประเทศไทย ส่งผลให้ราคามะพร้าวผลและกะทิในไทยสูงขึ้น เพื่อสำรองผลผลิตไว้ทำเป็นผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว เช่น นมมะพร้าว เพื่อส่งออกไปยังประเทศจีนที่มีความต้องการสูงในขณะนี้ จึงคาดการณ์ผลผลิตมะพร้าวในปีนี้จะลดลงจากปีก่อนร้อยละ 60–70 สำหรับการแก้ไขในเบื้องต้นได้เร่งรัดให้กรมการค้าต่างประเทศ ออกระเบียบการนำเข้ามะพร้าวภายใต้ข้อตกลงอาฟต้าโดยไม่เสียภาษี เพราะประเทศอินโดนีเซียยังพอมีผลผลิตเพราะไม่ได้ประสบภัยแล้ง โดยคาดว่าจะสามารถออกประกาศและเร่งนำเข้า ส่งผลให้สถานการณ์ราคามะพร้าวในประเทศน่าจะคลี่คลาย ส่วนราคามะพร้าวผลใหญ่

ขณะนี้ ราคาปรับสูงขึ้นเป็นผลละ 24 บาท สูงขึ้นประมาณผลละ 14 บาท จากเดิมที่ราคาผลละ 10.60 บาท ส่งผลให้ราคากะทิปรับเพิ่มขึ้นเป็น 60 บาทต่อกิโลกรัม

จากผลสำรวจพื้นที่ปลูกมะพร้าวของประเทศพบว่า พื้นที่ปลูกและผลผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพื้นที่บางส่วนถูกทดแทนด้วยปาล์มน้ำมัน โดยปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวอยู่ประมาณ 1.610 ล้านไร่ จาก 2.549 ล้านไร่ในปี 2549 ส่งผลให้พื้นที่เก็บเกี่ยวลดลงเช่นกัน แต่ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตพบว่า ผลผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 606 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2549 เป็น 1,077 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2550 สำหรับสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ปลูกมะพร้าวลดลง เป็นผลมากจากพื้นที่ปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นมะพร้าวอายุมากจึงทำให้ประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำ และต้องปลูกทดแทนด้วยพันธุ์ดี รวมทั้งเกษตรกรมีความต้องการมะพร้าวพันธุ์ดีปีละ 2 แสนหน่อ แต่กรมวิชาการเกษตรสามารถผลิตได้ 41,495 หน่อ เนื่องจากขาดแคลนงบประมาณในการขยายสวนแม่พันธุ์และบำรุงรักษาพ่อ-แม่พันธุ์มะพร้าว ขณะเดียวกันเกษตรกรต้องประสบปัญหาแมลงศัตรูพืชระบาด เช่น แมลงดำหนาม และมีมะพร้าวราคาถูกที่นำเข้ามาทดแทนมะพร้าวผลภายในประเทศดังนั้น กระทรวงเกษตรฯ จึงได้กำหนด 5 แนวทางการพัฒนาพื้นที่ปลูกมะพร้าว คือ 1) รักษาระดับพื้นที่ปลูกมะพร้าวคงที่ที่ 1.4 ล้านไร่ และสนับสนุนการปลูกมะพร้าวพันธุ์ดีทดแทนสวนมะพร้าวเดิมหรืออายุมาก 2) พัฒนาสายพันธุ์มะพร้าวลูกผสมและส่งเสริมถ่ายทอดต่อให้เกษตรกร รวมทั้งอนุรักษ์เชื้อพันธุ์มะพร้าวพื้นเมือง โดยรัฐสนับสนุนมะพร้าวพันธุ์พื้นเมืองภายในครัวเรือน 3) ส่งเสริมการควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยชีววิธี 4) ส่งเสริมสนับสนุนการเพิ่มมูลค่ามะพร้าวผ่านสถาบันเกษตรกร โดยรัฐให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ และจัดทำโครงการ 5) รณรงค์และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง รวมทั้งสร้างความเชื่อมั่นในการบริโภคและใช้ประโยชน์จากการบริโภคมะพร้าว

ปัจจุบันไทยส่งออกมะพร้าวในรูปมะพร้าวฝอย เนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าว และกะทิสำเร็จรูป ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการบริโภคอาหารไทยในต่างประเทศและความนิยมอาหารไทยของชาวต่างชาติที่เพิ่มขึ้น โดยปี 2550 ตั้งแต่ มค.-ตค. ปริมาณส่งออกกะทิสำเร็จรูปมีเท่ากับ 85,897 ตัน โดยมีตลาดที่สำคัญคือ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป นิวซีแลนด์ และในเอเชีย ขณะเดียวกันแนวโน้มความต้องการน้ำมันพืชเพิ่มขึ้นทั้งเพื่อการบริโภค และในรูปพลังงานเชื้อเพลิง ดังนั้น ในอนาคตคาดว่าราคาน้ำมันพืชจะมีแนวโน้มสูงขึ้น

2.5 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT

วัตถุดิบตั้งต้นของการผลิตกะทิ มี 2 ประเภท ได้แก่ มะพร้าวลูก หมายถึง มะพร้าวที่ผ่านการลอกเปลือกและใยออกเหลือส่วนของใยเล็กน้อยหุ้มกะลา และเนื้อมะพร้าวขาว ที่ผ่านการกะเทาะกะลาและปอกผิวออกเป็นเนื้อมะพร้าวสีขาว

2.5.1 วัตถุดิบ

1) วัตถุดิบมะพร้าวลูก

มะพร้าวลูกที่นำมาส่งยังโรงงานจะเป็นมะพร้าวที่ผ่านการปอกเปลือก และถอนใยออกบางส่วน ใยที่เหลือจะใช้สำหรับกันกระแทก เพื่อลดการแตกของมะพร้าว โดยโรงงานรับซื้อมาจากผู้รวบรวมอีกทอดหนึ่ง โดยมะพร้าวลูกจะถูกส่งมากับรถบรรทุก ซึ่งมีแหล่งรวบรวมมาจากภาคใต้ หรือบางส่วนนำเข้ามาจากต่างประเทศ

2) วัตถุดิบเนื้อมะพร้าวขาว

เนื้อมะพร้าวขาวที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะมาจาก 2 แหล่ง คือโรงงานอุตสาหกรรมทำการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวเอง และโรงงานอุตสาหกรรมรับเนื้อมะพร้าวขาวมาจากผู้ผลิตภายนอก โดยผู้ผลิตภายนอกจะทำการรวบรวมเนื้อมะพร้าวขาวมาจากเกษตรกรอีกทอดหนึ่ง ซึ่งผู้ผลิตภายนอกส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ เช่น เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ หรือภาคกลาง เช่น ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ที่ไม่ไกลจากโรงงานอุตสาหกรรมมากโดยมีระยะเวลาขนส่งจากผู้ผลิตภายนอกถึงโรงงานอุตสาหกรรมประมาณไม่เกิน 4 ชั่วโมง เนื่องจากคำนึงถึงเรื่องการเน่าเสียระหว่างการขนส่งหากมีระยะทางไกลจะทำให้เนื้อมะพร้าวขาวไม่มีคุณภาพ

ก) เนื้อมะพร้าวขาวจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้ผลิตจะอยู่ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ของโรงงานอุตสาหกรรม (หัวข้อ 2.5.2)

ข) เนื้อมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอกเป็นผู้ผลิต การทำเนื้อมะพร้าวขาวสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรมจะประกอบด้วย 2 กระบวนการ ดังนี้

- ผู้ผลิตภายนอกเตรียมเนื้อมะพร้าวขาว โดยผู้ผลิตภายนอกจะมีทั้งรายย่อยที่ทำเองที่บ้าน และผู้ผลิตภายนอกรายใหญ่ที่มีการจ้างแรงงาน ซึ่งในกระบวนการทั้งหมดส่วนใหญ่เป็นการใช้แรงงานคน โดยเริ่มจากมะพร้าวลูก ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากสวนมะพร้าวของผู้ผลิตภายนอกเอง หรืออาจรับซื้อมาอีกทอดหนึ่ง โดยนำมะพร้าวลูกมาปอกเปลือกนอก ถอนใย เจาะน้ำ หลังจากนั้นนำมากะเทาะกะลา และทิวผิวดำ จะได้เป็นเนื้อมะพร้าวขาว โดยการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาวส่วนใหญ่จะเริ่มทำในช่วงเช้ามืด จนถึงช่วงบ่ายที่มีผู้ผลิตภายนอกมาทำการรวบรวมเนื้อมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตรายย่อย ดังนั้นก่อนที่ผู้ผลิตภายนอกจะมารวบรวม ผู้ผลิตรายย่อยต้องนำเนื้อมะพร้าวขาวมาทำการล้างน้ำ หรือแช่น้ำไว้ก่อน เนื่องจากระยะเวลาก่อนผู้ผลิตภายนอกจะมารับเนื้อ

มะพร้าวขาวนี้จะทำให้คุณภาพของเนื้อมะพร้าวขาวเริ่มมีการเน่าเสียเกิดขึ้น หากไม่มีการคัดเนื้อเสียออกก่อน ดังนั้นกระบวนการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาวของผู้ผลิตภายนอก จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพวัตถุดิบที่จะเข้าโรงงานอุตสาหกรรม

ผลพลอยได้หรือของเสียจากกระบวนการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาวของเกษตรกร ได้แก่ น้ำมะพร้าว กะลามะพร้าว ใยมะพร้าว ผิวทิว และเนื้อมะพร้าวขาวเสีย ซึ่งผลพลอยได้เหล่านี้บางส่วนเกษตรกรสามารถนำไปขายต่อได้ เช่น น้ำมะพร้าว ผิวทิว และเนื้อมะพร้าวขาวเสีย

- ผู้ผลิตภายนอกรวบรวมเนื้อมะพร้าวและทำการเตรียมเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้ผลิตภายนอกจะนำรถบรรทุกเก็บรวมรวมเนื้อมะพร้าวขาวตามบ้านของผู้ผลิตรายย่อย และรวบรวมมาเตรียมที่ผู้ผลิตภายนอกก่อนส่งโรงงานอุตสาหกรรม โดยในกระบวนการทำงานของผู้ผลิตภายนอกเริ่มจากนำเนื้อมะพร้าวขาวที่รวบรวมมาคัดส่วนที่เสีย ล้างน้ำผสมคลอรีน บรรจุใส่ตะกร้า ใส่รถบรรทุก โดยจะมีทั้งรถบรรทุกแบบตู้ทึบ และรถกระบะ ซึ่งในการขนส่งจะมีการใส่น้ำแข็งบนตะกร้าที่ใส่เนื้อมะพร้าวขาว เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง และลดการเน่าเสียของเนื้อมะพร้าวขาว เนื่องจากรถขนส่งส่วนใหญ่เป็นรถที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

เนื้อมะพร้าวขาวที่มาส่งยังโรงงานจะถูกสุ่มตรวจคุณภาพได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ค่า pH ค่าซัลเฟอร์ (sulphur dioxide) หากผ่านเกณฑ์กำหนดจึงทำการรับเข้า แต่หากไม่ผ่านเกณฑ์ก็จะถูกส่งคืนผู้ส่ง หลังจากนั้นมะพร้าวที่รับเข้าจะถูกนำมาล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนเพื่อทำความสะอาดและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์เบื้องต้น จากนั้นบรรจุใส่ตะกร้าและชั่งน้ำหนักก่อนจะจัดเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพื่อรอการผลิตถัดไปดังแสดงในรูปที่ 2.4

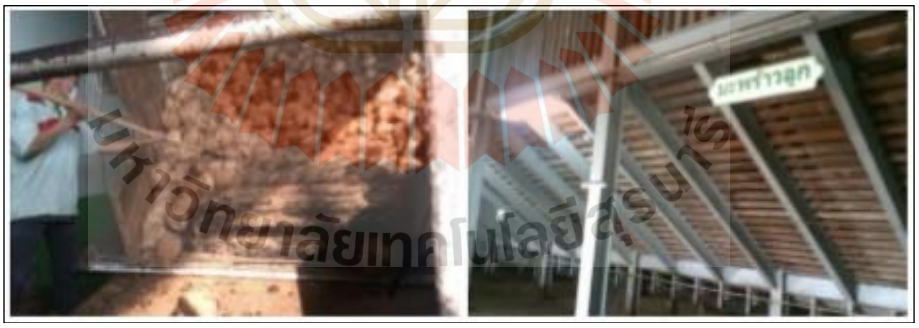
รูปที่ 2.4 แสดงมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก

2.5.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ของโรงงานอุตสาหกรรม

1) กระบวนการรับมะพร้าวลูก และการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาว

มะพร้าวลูกที่จัดเก็บไว้ในไซโลจะถูกลำเลียง (แสดงดังรูปที่ 2.5) เพื่อทำการถอนใยมะพร้าวโดยใช้เครื่องถอนใย กะเทาะกะลา เจาะน้ำ และทิวผิวดำ เพื่อให้ได้เนื้อมะพร้าวขาว (แสดงดังรูปที่ 2.6) ในทุกขั้นตอนจะมีการคัดลูกมะพร้าวเสียออก เพื่อไม่ให้มะพร้าวเสียเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยกระบวนการจะมีลักษณะเช่นเดียวกับผู้ผลิตภายนอกที่ทำการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาว เพียงแต่ในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมที่เตรียมเองจะใช้เครื่องจักรช่วยทุ่นแรง เช่น เครื่องถอนใย เครื่องกะเทาะกะลา เครื่องทิวผิว และระยะเวลาในการเตรียมไปจนถึงการผลิตที่สั้นกว่า ทำให้คุณภาพเนื้อมะพร้าวขาวที่ได้ดีกว่าคุณภาพเนื้อมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก เนื้อมะพร้าวขาวที่ได้จากการเตรียมจะถูกส่งมาล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ก่อนจะเก็บไว้ในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิเพื่อรอการผลิตถัดไป

ในขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะพร้าวขาวจะมีส่วนของผลพลอยได้ คือ ใยมะพร้าว กะลา ผิวทิว และเนื้อมะพร้าวเสีย ซึ่งผลพลอยได้เหล่านี้ทางโรงงานมีระบบในการจัดการและแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น ใยมะพร้าวนำไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด กะลาใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ (Boiler) และผิวทิวกับเนื้อมะพร้าวเสียนำไปผ่านกระบวนการสกัดเพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าว



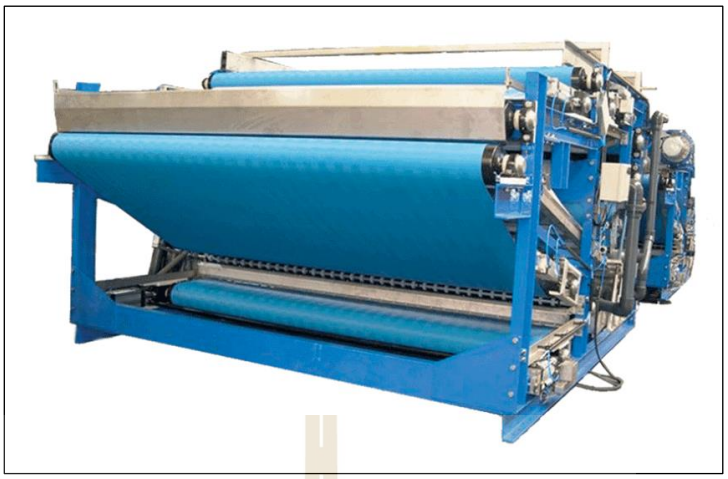
รูปที่ 2.5 แสดงการรับมะพร้าวลูกและการจัดเก็บมะพร้าวลูกในไซโล

รูปที่ 2.6 แสดงการกะเทาะผิว และการจัดเก็บในห้องเย็น

2) กระบวนการขูด/คั้น

เนื้อมะพร้าวขาวที่ถูกจัดเก็บในห้องเย็นจะถูกส่งมาตามสายพานลำเลียงเพื่อคัดเนื้อมะพร้าวขาวที่ไม่ได้คุณภาพ โดยใช้การตรวจสอบด้วยสายตาของพนักงาน ลักษณะเนื้อมะพร้าวขาวที่จะถูกคัดออก เช่น เนื้อเละ มีการปนเปื้อนของเชื้อรา กลิ่นไม่ดี และในระหว่างนี้จะมีส่วนงานตรวจสอบและควบคุมคุณภาพทำการสุ่มตรวจคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ และค่า pH หลังจากนั้นเนื้อมะพร้าวขาวที่ผ่านการคัดจะถูกส่งตามสายพานไปอ่างน้ำผสมคลอรีนและอ่างน้ำตามลำดับ จากนั้นจึงลำเลียงเข้าสู่เครื่องบดหยาบ และบดละเอียดเพื่อลดขนาดของเนื้อมะพร้าวขาวให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วต่อด้วยการคั้นซึ่งเป็นการคั้นด้วยการบีบอัด (belt pressing) (แสดงดังรูปที่ 2.7) หลังจากนั้นน้ำกะทิที่ได้จะถูกส่งมาที่เครื่องกรองกากด้วยตะแกรงกรอง ซึ่งกระบวนการจะเป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง โดยระหว่างที่มีการบดและการคั้นจะมีการเติมน้ำบางส่วนเพื่อช่วยในการคั้น แต่อย่างไรก็ตามในการควบคุมคุณภาพของน้ำกะทิสุดท้าย จะทำการตรวจสอบที่ปริมาณไขมัน โดยกะทิทั่วไปกำหนดคุณภาพไขมันที่ 17%

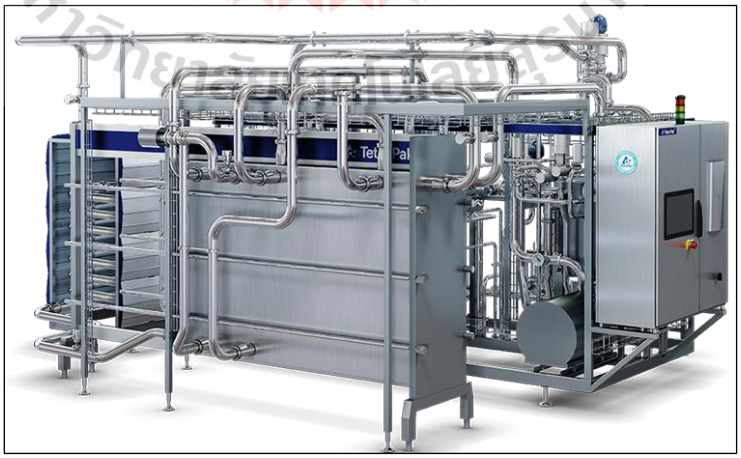
จากกระบวนการคั้นกะทิจะมีกากมะพร้าวซึ่งจะเป็นผลพลอยได้สำหรับนำไปสกัดน้ำมันมะพร้าว



รูปที่ 2.7 แสดงเครื่องคั้นกะทิ

1) กระบวนการพาสเจอไรส์

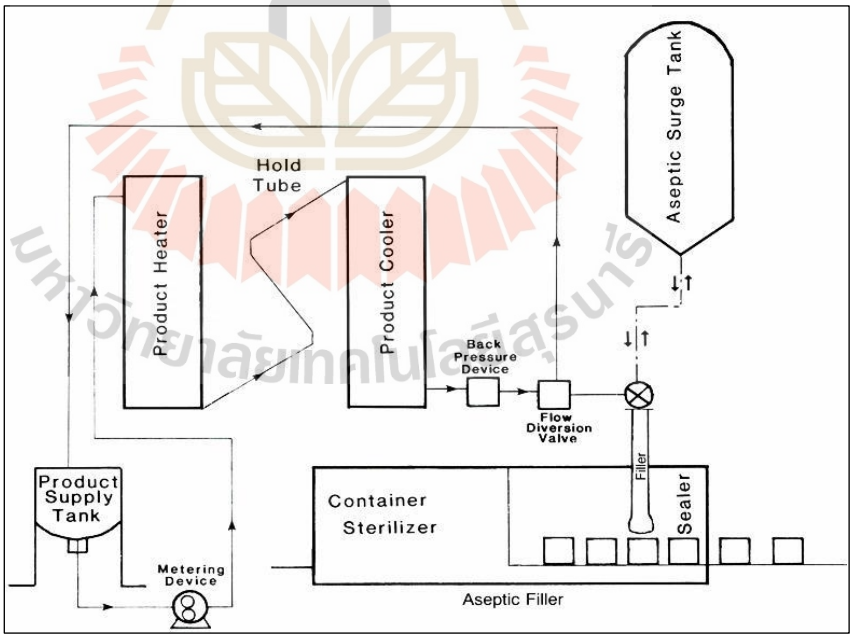
น้ำกะทิที่ได้จากกระบวนการขูด/คั้น จะถูกส่งมายังเครื่องพาสเจอไรเซอร์ชนิด Plate heat exchanger (แสดงดังรูปที่ 2.8) เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เบื้องต้น โดยควบคุมอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที จากนั้นจึงทำให้เย็น (cooling) ที่อุณหภูมิไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส ก่อนเก็บไว้ในถังเก็บเพื่อรอกระบวนการถัดไป โดยระหว่างการจัดเก็บจะมีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 15 องศาเซลเซียส เพื่อลดการเสื่อมเสีย หลังจากผ่านการพาสเจอไรซ์และในระหว่างการจัดเก็บ จะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำกะทิได้แก่ ค่า pH ไขมัน และปริมาณเชื้อ(TPC)



รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องพาสเจอร์ไรส์แบบ plate

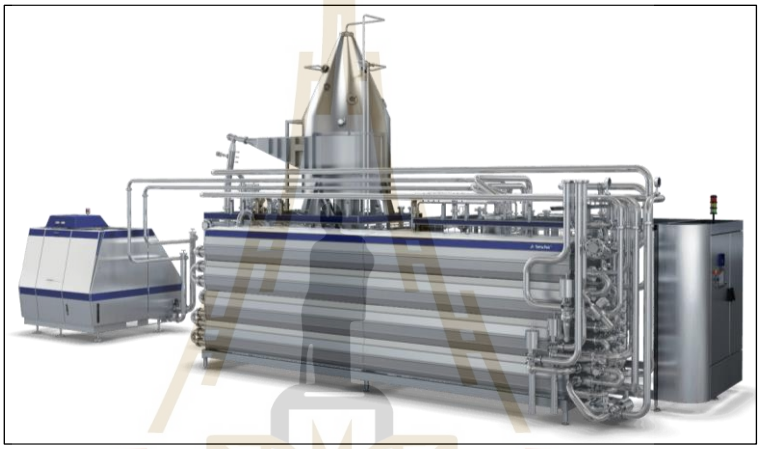
2) การผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อ

น้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ จะถูกส่งมายังถังผสมเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ และปรับไขมันให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ก่อนส่งเข้ากระบวนการผลิตแบบปลอดเชื้อ (แสดงดังรูปที่ 2.9) หลักสำคัญในระบบการผลิตอาหารแบบปลอดเชื้อ คือ การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารแยกออกจากภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับเดียวกัน และบรรจุอาหารลงในภาชนะบรรจุภายใต้สภาวะปลอดเชื้อและปิดให้สนิท โดยอาหารและภาชนะบรรจุต้องได้รับการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า (Commercial sterility) ซึ่งทำให้อาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภคโดยสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เนื่องจากเป็นการฆ่าเชื้ออาหารและภาชนะบรรจุแยกกัน จึงทำให้สามารถใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้ออาหารได้ และบรรจุในภาชนะบรรจุ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับไม่ต่ำกว่าการฆ่าเชื้อในอาหาร โดยบรรยากาศของการบรรจุก็ต้องผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและตลอดระยะเวลาของการบรรจุต้องรักษาสภาวะปลอดเชื้อนั้นไว้ ระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของการฆ่าเชื้อแบบปลอดเชื้อหรือ Aseptic process และส่วนของการบรรจุแบบปลอดเชื้อหรือ Aseptic packaging ซึ่งในส่วนของการบรรจุนี้จะรวมถึงการทาให้บรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อและการบรรจุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วลงในบรรจุภัณฑ์ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ



รูปที่ 2.9 แผนภาพระบบการผลิตและการบรรจุแบบปลอดเชื้อ

ก) ระบบการฆ่าเชื้อแบบปลอดเชื้อ (Aseptic process) อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้สาหรับการฆ่าเชื้ออาหารแบบปลอดเชื้อหรือ UHT (Ultra Heat Treatment) (แสดงดังรูปที่ 2.10) จะต้องใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 135 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อาหารต้องสามารถไหล และใช้ปั๊มในการควบคุมอัตราการไหลของอาหารให้คงที่ซึ่งสามารถคำนวณเวลาของการฆ่าเชื้ออาหารได้ สำหรับพื้นผิวของอุปกรณ์ที่สัมผัสกับอาหารต้องได้รับการฆ่าเชื้อในระดับเดียวกับการฆ่าเชื้ออาหารและต้องรักษาความสะอาดของพื้นผิวไว้เพื่อให้มีอัตราการถ่ายโอนความร้อนที่สูงอยู่เสมอ และลดการไหม้ติดของอาหารที่ผิวหน้าของอุปกรณ์



รูปที่ 2.10 แสดงเครื่อง UHT

ข) การเตรียมการก่อนการฆ่าเชื้อ ก่อนเริ่มต้นการผลิตอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบการผลิตต้องผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า ซึ่งโดยปกติจะใช้ระบบการทำความสะอาดแบบ CIP (Cleaning-In-Place) ที่เป็นระบบปิดและไม่จำเป็นต้องถอดอุปกรณ์ออกมาล้างทำความสะอาด ดังนั้นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ต้องได้รับการออกแบบให้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายและไม่เป็นที่กักเก็บหรือสะสมของอาหาร โดยการผ่านน้ำร้อนและสารเคมีด่าง และกรด เข้าไปเป็นเวลาเพียงพอสาหรับการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า โดยพื้นผิวของอุปกรณ์ทั้งหมดโดยเฉพาะพื้นผิวของอุปกรณ์ที่ใช้สาหรับฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่สัมผัสอาหารหลังการฆ่าเชื้อก่อนการบรรจุไปจนถึงหัวบรรจุ (Filler valve) ทั้งนี้พื้นผิวท่อหรืออุปกรณ์ส่วนที่สัมผัสกับอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ต้องคงอยู่ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ สำหรับพื้นผิวตั้งแต่ส่วนการทำให้เย็นเป็นต้นไปจะใช้น้ำเย็นเพื่อทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

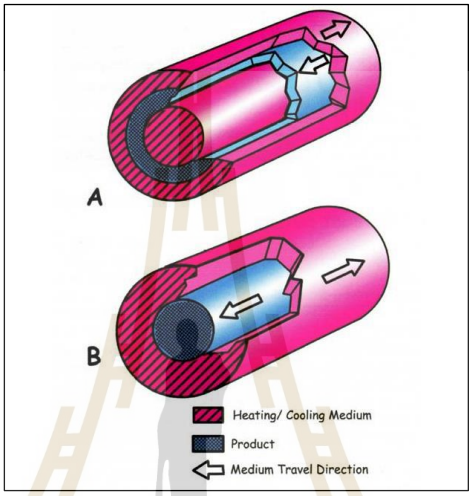
ค) การควบคุมอัตราการไหล (Flow control) อัตราการไหลของอาหารในระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งและถือเป็นปัจจัยวิกฤติ เนื่องจากอาหารไหลอย่างต่อเนื่องและการฆ่าเชื้อเป็นเวลานานเพียงพอหรือไม่ในท่อคงอุณหภูมิ (Hold tube) จะถูกควบคุมด้วยอัตราการไหลซึ่งอาหารนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปได้เร็วช้าเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการไหล (Flow characteristics) ของอาหารนั้น ดังนั้นในการควบคุมต้องมั่นใจว่าอาหารที่เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดได้รับความร้อนเพียงพอตามที่กำหนด

ง) การ Homogenization เป็นการทำให้ของเหลวที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันให้รวมเป็นอิมัลชัน (emulsion) ไม่แยกชั้น โดยใช้เครื่องฮอโมจีไนเซอร์ (homogenizer) (แสดงดังรูปที่ 2.11) เพื่อทำให้เม็ดอนุภาคไขมันแตก เพื่อลดขนาดของเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กลง เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดไขมันเกิดการรวมตัวกันเป็นชั้นของครีม (cream) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดเนียน ซึ่งขั้นตอนของการ Homogenization จะอยู่ในส่วนหนึ่งของกระบวนการฆ่าเชื้อแบบปลอดเชื้อ โดยจะเป็นการ Homogenization แบบ 2 ขั้นตอน (stage) ขั้นตอนแรกอยู่ในส่วนก่อนการฆ่าเชื้อ ขั้นตอนที่สองอยู่ในส่วนของหลังฆ่าเชื้อ ดังนั้นเครื่อง homogenizer ถือเป็นอุปกรณ์หนึ่งในระบบปลอดเชื้อนี้ที่ต้องมีระบบการทำความสะอาด การฆ่าเชื้อ และการรักษาสภาพปลอดเชื้อในระหว่างการผลิตด้วยเช่นกัน

รูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง Homogenization

จ) การให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนในการทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ซึ่งอุณหภูมิสำหรับการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่มากกว่า 135 องศาเซลเซียส โดยอาจเป็นการให้ความร้อนแบบตรง (Direct heating) หรือการให้ความร้อนแบบอ้อม (Indirect

heating) ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบต่างๆ ในส่วนของบริษัทได้เลือกใช้เครื่องให้ความร้อนแบบอ้อม (Indirect heating) ชนิด Tubular heat exchanger ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกซ้อนกัน 2 ท่อ (Double tube) หรือ 3 ท่อ (Triple tube) โดยให้ผลิตภัณฑ์อาหารวิ่งอยู่ท่อในสำหรับ Double tube (แสดงดังรูปที่ 2.12) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นเนื้อเดียวกันและมีความข้นหนืดต่ำถึงปานกลาง เช่น กะทิ



รูปที่ 2.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ
A เป็นท่อแบบซ้อนกัน 3 ท่อ (Triple tube)
B เป็นท่อแบบซ้อนกัน 2 ท่อ (Double tube)

ฉ) ท่อคงอุณหภูมิ (Holding tube) เมื่อผลิตภัณฑ์อาหารได้รับความร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ อาหารจะไหลต่อไปยังท่อคงอุณหภูมิเพื่อให้มั่นใจว่าอาหารได้รับความร้อนเป็นเวลานานเพียงพอสาหรับการฆ่าเชื้อเชิงการค้า โดยในการกำหนดเวลาฆ่าเชื้อนี้จะพิจารณาจากอาหารที่ไหลเร็วที่สุด (Fastest product particle or Fluid stream) ในท่อคงอุณหภูมินี้ซึ่งถูกควบคุมการไหลด้วยปั๊ม ความดันภายในท่อคงอุณหภูมิต้องสูงกว่าความดันไอของอาหารเพื่อป้องกันการเดือดของอาหารหรือการระเหยของน้ำในอาหาร

ช) การลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ (Product cooling) ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะถูกส่งผ่านต่อไปหน่วยทำให้เย็น (Cooler) เพื่อลดอุณหภูมิของอาหารลง ก่อนการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแลกเปลี่ยนด้วยน้ำเย็น

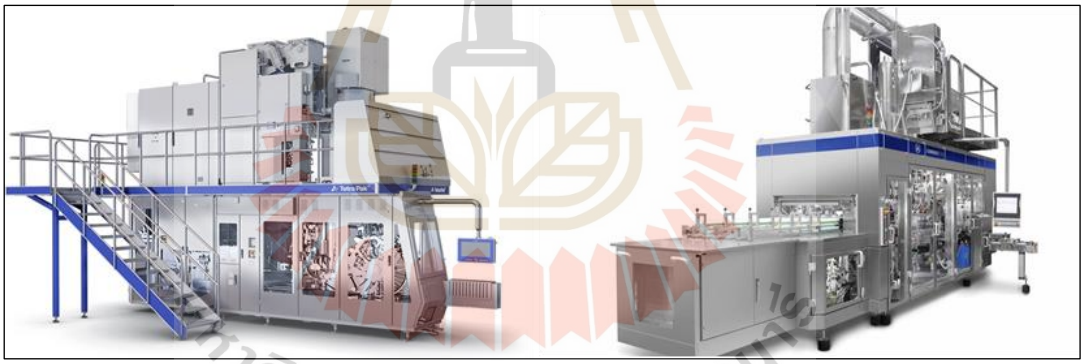
ช) การรักษาสภาพปลอดเชื้อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านมาจากท่อคงอุณหภูมิได้รับการฆ่าเชื้อแล้วและอาจปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ภายนอกได้ ดังนั้นหลักการในการรักษาสภาพปลอดเชื้อคือทำให้ผลิตภัณฑ์ไหลอย่างต่อเนื่องและรักษาความดันในระบบให้สูงกว่าภายนอก อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความดันของระบบให้สูงคือ Back pressure valve ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เดือดหรือระเหยไป ข้อต่อ ปั๊ม และวาล์วต่าง ๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต้องมีการป้องกันและควบคุมอย่างดี สำหรับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ เช่น แกนหมุนหรือก้านลูกสูบปั๊ม อาจรักษาความดันโดยใช้ซีลไอน้ำ (Steam seal) หรือปัจจุบันมีวาล์วที่สามารถรักษาสภาพปลอดเชื้อไว้ได้เมื่อได้รับการฆ่าเชื้อแล้ว (Aseptic valve)

ฌ) ถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ (Aseptic surge tank) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วก่อนผ่านไปขั้นตอนการบรรจุ (แสดงดังรูปที่ 2.13) ซึ่งจะเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบการผลิตที่มีอัตราการฆ่าเชื้อได้เร็วกว่าระบบการบรรจุ หรือในกรณีที่ระบบการบรรจุมีความสามารถในการบรรจุสูงกว่าระบบการฆ่าเชื้อ ทำให้ต้องเก็บผลิตภัณฑ์ให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการบรรจุ เนื่องจากถังพักนี้ใช้เก็บผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วฉะนั้นต้องระวังการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในถังนี้ เนื่องจากเงื่อนไขข้อหนึ่งของระบบการผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อคือผลิตภัณฑ์อาหารต้องไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการที่ผลิตภัณฑ์ต้องถูกเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์นี้ทำให้การไหลหยุดชะงักหรือไม่ต่อเนื่องในกรณีที่ความสามารถในเครื่องบรรจุสูงกว่าระบบการฆ่าเชื้อ แต่เมื่อเริ่มรอบการผลิตใหม่ที่มีผลิตภัณฑ์อาหารเพียงพอก็จะมีการไหลอย่างต่อเนื่องได้ ข้อที่ควรระวังอย่างมากของถังเก็บผลิตภัณฑ์คือการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ภายนอกในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการทำให้ถังเก็บผลิตภัณฑ์นี้มีความดันสูงกว่าภายนอกโดยใช้อากาศอัดหรือก๊าซที่ผ่านการทำให้ปลอดเชื้อและการที่ความดันภายในถังเก็บผลิตภัณฑ์สูงกว่าภายนอกยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไหลออกได้ง่ายขึ้นด้วย เนื่องจากถังเก็บนี้มีขนาดใหญ่ การทำให้ปลอดเชื้อก่อนใช้งานจะใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อเดียวกับที่ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

ญ) ระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อ (Aseptic packaging)

ระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อโดยทั่วไปจะมีหลักการที่คล้ายกันแต่อาจจะมีความแตกต่างในเรื่องของวิธีการและเทคนิคของเครื่องจักร ซึ่งทางบริษัทมีเครื่องบรรจุแบบปลอดเชื้อ 2 แบบได้แก่ เครื่องบรรจุของบริษัท Tetra Pak และเครื่องบรรจุของบริษัท SIG Combibloc (แสดงดังรูปที่ 2.14) โดยมีหลักการพื้นฐานดังนี้

รูปที่ 2.13 แสดงเครื่อง Aseptic tank



รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องบรรจุแบบ Tetra Pak และ SIG Combibloc

องค์ประกอบพื้นฐานระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อนี้มีเงื่อนไขเบื้องต้น 4 ข้อ ดังนี้

ก) การฆ่าเชื้อเครื่องมือและบรรจุภัณฑ์ ก่อนการบรรจุต้องฆ่าเชื้อพื้นที่บริเวณปลอดเชื้อให้ได้ในระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าเช่นเดียวกับที่ทำกับอาหารและบรรจุภัณฑ์ และพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ววิธีที่ใช้ต้องมีประสิทธิภาพ มีความสม่ำเสมอ และควบคุมได้ หลักการในการเลือกวิธีฆ่าเชื้อระบบการบรรจุ และพื้นผิวของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่สัมผัสกับอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และบรรยากาศในบริเวณบรรจุให้ปลอดเชื้อ คือมีประสิทธิภาพดีในการทาลายสปอร์

- สามารถฆ่าเชื้อพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารได้อย่างต่อเนื่องในเวลาสั้น
- สามารถกำจัดออกจากพื้นผิวได้ง่าย
- ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
- ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร
- ไม่เป็นอันตรายต่อบุคลากรที่ปฏิบัติงาน

ไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีใดก็ตาม ต้องมั่นใจว่าวิธีที่เลือกสามารถทำให้พื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารทั้งในบรรจุภัณฑ์ และอุปกรณ์/เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องมีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ วิธีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของระบบบรรจุของบริษัทได้แก่ การใช้ความร้อน และการใช้สารเคมีไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2)

ข) บริเวณปลอดเชื้อ (Aseptic zones) Aseptic zone หมายถึง พื้นที่ภายในระบบบรรจุ รวมถึงเครื่องบรรจุ พื้นผิวของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สัมผัสกับอาหารและบริเวณที่สิ่งเหล่านี้ตั้งอยู่ โดยเริ่มต้นตั้งแต่จุดที่อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วไหลเข้ามา หรือจุดที่เริ่มฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์จนถึงจุดสุดท้าย คือตำแหน่งที่บรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์และปิดผนึกสนิทแล้วเคลื่อนออกไปก่อน การบรรจุต้องฆ่าเชื้อพื้นที่บริเวณปลอดเชื้อให้ได้ในระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าเช่นเดียวกับที่ทำกับอาหารและบรรจุภัณฑ์ และพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

วิธีการรักษาสภาวะปลอดเชื้อของบริเวณนี้ซึ่งรวมถึงบรรยากาศในบริเวณไม่ให้ปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ภายนอก คือการรักษาความดันภายในให้สูงกว่าภายนอกโดยใช้อากาศอัดหรือก๊าซที่ทำให้ปลอดเชื้อ โดยเมื่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายเคลื่อนออกจากบริเวณปลอดเชื้อ อากาศนี้จะเป่าออกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากอากาศภายนอก วิธีที่ใช้มากในการทำให้อากาศปลอดเชื้อคือการใช้ความร้อนแห้งเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ หรืออาจใช้วิธีการกรองอากาศด้วยแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์ออกได้

ค) การฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ได้รับการฆ่าเชื้อแยกจากอาหาร ทำให้บรรจุภัณฑ์แบบปลอดเชื้อที่ใช้ในปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกระป๋องโลหะ กระป๋องกระดาษ ถ้วยพลาสติก ขวดพลาสติก ขวดแก้ว สำหรับบริษัทใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด บรรจุภัณฑ์ที่ทำด้วยกระดาษประกบกับวัสดุอื่น ขึ้นรูปแล้วบางส่วน (Partially formed laminated paper containers) ที่ประกอบด้วย กระดาษโพลิเอทิลีน และอลูมิเนียมฟอยด์ ซึ่งในการฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ใช้สารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ควบคู่กับการใช้ความร้อน ซึ่งการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกซ์ในการฆ่าเชื้อ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือการตกค้างของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์หลังบรรจุกล่อง โดยปกติจะมีการตรวจสอบการตกค้างโดยใช้ชุดทดสอบก่อนเริ่มการผลิต

ง) การตรวจสอบความสมบูรณ์ของกล่องบรรจุ (Package Integrity) ในการบรรจุแบบปลอดเชื้อ สิ่งสำคัญคือบรรจุภัณฑ์ต้องสามารถปิดผนึกสนิท (Hermetic seal) ได้และต้องคงอยู่ตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการบรรจุต้องมั่นใจว่าบรรจุภัณฑ์ถูกผนึกสมบูรณ์ ซึ่งระหว่างการบรรจุจะต้องมีการสุ่มตรวจสอบความสมบูรณ์ของการผนึกเป็นระยะ ๆ รวมถึงการตรวจสอบการระบุวันที่บนกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วย

3) การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

ในระหว่างการบรรจุลงกล่อง ผลิตภัณฑ์จะถูกสุ่มเพื่อเก็บเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งทางด้านเคมี ได้แก่ pH ไขมัน กายภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น สี ชีวภาพ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยห้องปฏิบัติได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC17025

4) การบรรจุลงลัง

กะทิบรรจุกล่องจะถูกลำเลียงมายังส่วนของการหุ้มฟิล์มเพื่อทำการแพคขนาดต่าง ๆ และตามด้วยการบรรจุลงลัง ซึ่งมีการบรรจุ 2 แบบ ได้แก่ การใช้แรงงานคนในการหยิบกล่องลงลัง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการแพคแบบพิเศษที่ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน และการบรรจุลังแบบอัตโนมัติสำหรับขนาดบรรจุแบบมาตรฐาน และลำเลียงต่อไปที่การรวบรวมลงพาเลทซึ่งจะใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการลำเลียง ก่อนส่งไปจัดเก็บที่คลังสินค้า

5) จัดเก็บและขนส่ง

การจัดเก็บสินค้าที่คลังสินค้าใช้การควบคุมด้วยระบบที่เรียกว่า SAP ที่มีการควบคุมการเบิกจ่าย เพื่อให้เป็นไปตามหลักการ FIFO (First In First Out) รวมถึงควบคุมให้มีการจ่ายเฉพาะสินค้าที่ผลการตรวจสอบผ่านแล้วเท่านั้น ผลิตภัณฑ์จะถูกขนส่งไปให้ลูกค้าโดยรถบรรทุกชนิดต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

2.6 การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Production)

ก๊าซชีวภาพ เป็นก๊าซที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) โดยอาศัยแบคทีเรียหลายชนิด ซึ่งก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ประมาณร้อยละ 50 ถึง 70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณร้อยละ 20 ถึง 50 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และไอน้ำ เป็นต้น โดยขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนนี้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (Breure and Andel, 1987) ดังนี้

2.6.1 กระบวนการไฮโดรไลซีส (Hydrolysis)

เป็นการย่อยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จำพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันให้กลายเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลกูลโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น ซึ่งแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ คือ แบคทีเรียกลุ่มไฮโดรไลติค และกลุ่มเฟอร์เมนเตทีฟ

2.6.2 กระบวนการอะซิโตเจนีซีส (Acidogenesis)

เป็นกระบวนการที่แบคทีเรียจำพวกสร้างกรด (Acid forming bacteria) ใช้สารอินทรีย์ขนาดเล็กเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ทำให้ได้กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acid) ที่มีอะตอมของคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก (CH_3COOH) กรดโพรพิออนิก (C_2H_5COOH) และกรดบวิทีริก (C_3H_7COOH) เป็นต้น รวมถึงสารอื่น ๆ เช่น เอทานอล (C_2H_5OH) ไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น จากนั้นแบคทีเรียกลุ่มอะซิโตเจนนิค (Acetogenic bacteria) จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยง่ายให้กลายเป็นอะซิเตต ฟอร์เมต ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการผลิตก๊าซมีเทน

2.6.3 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenesis)

กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทน คือผลผลิตที่ได้มาจากขั้นตอนการผลิตกรด เช่น กรดอะซิติก ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากได้ก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตแล้วยังได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และก๊าซอื่น ๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซแอมโมเนียเป็นผลผลิตด้วยแสดงดังสมการ (2.11) และ (2.12)

$$CH_3COOH \xrightarrow{\text{Acetophilic methanogen}} CH_4 + CO_2 \qquad (2.11)$$

$$CO_2 + 4H_2 \xrightarrow{\text{Hydrogenophilic methanogen}} 2H_2O \qquad (2.12)$$

ในธรรมชาติการผลิตก๊าซชีวภาพมักเกิดจากกระบวนการหมักบริเวณก้นบ่อ ก้นแม่น้ำ หรือบริเวณน้ำท่วมขัง เป็นต้น โดยสภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ได้แก่

- อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะต่อการผลิตก๊าซมีเทนคือ อุณหภูมิช่วง 30 ถึง 38 องศาเซลเซียส และ 48 ถึง 57 องศาเซลเซียส

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทนจะอยู่ในช่วง 6.6 ถึง 7.4

- ค่าความเป็นด่าง ถ้าระบบมีค่าความเป็นด่างสูง จะส่งผลให้ระบบมีปริมาณบัฟเฟอร์สูง ทำให้ระบบบำบัดสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบให้คงตัวอยู่ได้นาน โดยค่าความเป็นด่างในระบบควรอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 3,000 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$/ลิตร

- กรดอินทรีย์ระเหยง่าย ถ้าระบบบำบัดมีกรดอินทรีย์ระเหยง่ายมากเกินไป จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำกว่า 6.5 ซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน ดังนั้นปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายภายในถังปฏิกรณ์หรือระบบบำบัดจะต้องไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมของกรดอะซิติก/ลิตร

- อัตราภาระการรับสารอินทรีย์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหล ดังนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดเพื่อให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างแบคทีเรียและสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้ระบบบำบัดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

- สารพิษ หากมีมากจนเกินไปอาจมีผลทำให้เกิดความเป็นพิษต่อแบคทีเรียได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพหรือเสถียรภาพของระบบลดลง

การผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพในประเทศไทยนั้น เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันและการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารประมาณ 10,000 โรงงาน ทำให้มีน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต่อการบำบัด และสนับสนุนให้มีการใช้ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ โดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ได้แก่

- ระบบ Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) เป็นระบบที่มีการสูบน้ำเสียเข้าสู่ก้นถัง ซึ่งภายในก้นถังจะประกอบด้วยตะกอนแบคทีเรียจำนวน 2 ชั้น คือ ชั้นล่าง (Sludge Bed) เป็นตะกอนเม็ด ส่วนชั้นที่ 2 เรียกว่า Sludge Blanket เป็นแบคทีเรียตะกอนเบา และสามารถแยกก๊าซชีวภาพซึ่งอยู่ช่วงบนของถังหมักออกจากตะกอนแบคทีเรีย (Gas-Solid Separator) ได้ซึ่งระบบนี้ไม่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง

- ระบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic fixed film, AFF) เป็นระบบถังหมักที่ทำให้จุลินทรีย์สามารถเกาะบนวัสดุตัวกลางภายในถังในลักษณะของฟิล์มชีวะ เพื่อลดการสูญเสียจุลินทรีย์ที่หลุดออกไปจากระบบบำบัดและสามารถทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะการทำงานที่ปกติได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบหรือเกิดภาระสารอินทรีย์สูงเกินไป

- ระบบ Completely stirred tank reactor (CSTR) เป็นระบบที่มีการกวนผสมภายในถัง เพื่อนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นวนกลับมาใช้ภายในถัง ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายในถังหมักสูงขึ้น และระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียลดลง

- ระบบ Anaerobic baffle reactor (ABR) เป็นระบบบำบัดที่มีลักษณะเป็นบ่อยาวมีแผ่นกั้นในแนวตั้งวางสลับกันเพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ และสามารถใช้กับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูงได้

- ระบบ Modified covered lagoon (MCL) เป็นระบบที่มีลักษณะเป็นสระหรือบึงรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการคลุมด้วยพลาสติกจำพวก high density polyethylene หรือแผ่นพีวีซี เพื่อจำลองสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทั้งยังเป็นตัวเก็บรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของตะกอนแบคทีเรียกับน้ำเสียมากขึ้น

ก๊าซชีวภาพมีประโยชน์หลายด้าน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) เช่น

- ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันเตา
- ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
- ใช้ในรูปของพลังงานร่วม คือใช้ในการผลิตไฟฟ้าและให้ความร้อนร่วมกัน
- ลดปัญหาของการเกิดกลิ่นเหม็น ก๊าซพิษ และเชื้อโรค ในกระบวนการผลิตและในแหล่งน้ำธรรมชาติ
- ลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ
- สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดและตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแล้วมาใช้เป็นปุ๋ยเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรพันธ์ ตรีสารศรี (2555) ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 1 ชิ้น พิกัดความเหนี่ยวนำ 5 ไมโครเฮนรี ซึ่งประเมินแบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 92.2 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิต ซึ่งมีแหล่งกำเนิดใหญ่ คือ การใช้ไฟฟ้าในการผลิต โดยเมื่อทำการปรับปรุงสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 45.99 วัตต์ชั่วโมงต่อ 1 ชิ้นการผลิต คิดเป็นการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 25.8 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

พงศ์ปิติ เดชะศิริ และคณะ (2556) ศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย พบว่า สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง

และขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานบนพื้นฐานปริมาณการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น จะส่งผลให้ค่าค่าดัชนีการเกิดคาร์บอน (Carbon Intensity; CI) ลดลง และเครื่องจักร เทคโนโลยีที่มีศักยภาพลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้การพลังงานมากที่สุด ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า คอมเพรสเซอร์ และหม้อต้มน้ำ ตามลำดับ

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ (2554) ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวสารหอมมะลิ เส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง โดยดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบบางส่วน ครอบคลุมขอบเขตการศึกษากิจกรรมการผลิตต้นน้ำไปจนถึงการขนส่งไปยังต่างประเทศ ด้วยวิธีการตามมาตรฐาน PAS 2050 พบว่า 1. ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ คิดเป็น 38.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการปลูกข้าว เป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงควรหาแนวทางการจัดการเพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาพันธ์ข้าวที่ไม่ต้องปลูกในระบบน้ำท่วมขัง การควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี การจัดการระหว่างการปลูกการปล่อยน้ำออกจากนาข้าวในช่วงก่อนข้าวออกรวงตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยควรนำฟางข้าวออกจากนาข้าวให้เหลือแต่ตอซังต่อไป 2. กระบวนการผลิตเส้นหมี่/ก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง เป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและใช้พลังงานเป็นหลัก

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) จัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร จำแนกทั้งตามแหล่งปล่อย (นาข้าว ปศุสัตว์ การจัดการพื้นที่เกษตร ฯลฯ) และรายสินค้า (พืชและปศุสัตว์) ที่สำคัญประกอบด้วยข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน ยางพารา ไก่ หมู กุ้ง และอื่น ๆ โดยจัดทำฐานข้อมูลการคำนวณและแสดงตัวอย่างการคำนวณตามวิธีการการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment ; LCA) ครอบคลุมตั้งแต่การผลิตจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ไม่รวมการขนส่ง กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ และการกำจัดของเสีย)

Anna Flysjo, (2012) ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมและการปรับปรุงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากการเติบโตของประชากรและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภคทำให้ประชากรมีความต้องการนมและผลิตภัณฑ์นมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิไม่ให้เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเติบโตของอุตสาหกรรมนมส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนได้สูงสุด 2°C จึงจำเป็นต้องหาวิธีการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยอาศัยการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ

ผลิตภัณฑ์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงสิ้นสุดกระบวนการกำจัดทิ้งโดยการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังนั้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมประเภทต่าง ๆ จึงเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งนี้ยังประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC) จากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.2-5.5 กิโลกรัม CO_2-eq ต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์นมสด 7.3-10.9 กิโลกรัม CO_2-eq ต่อกิโลกรัมเนยและผสมเนย 4.5-9.9 กิโลกรัม CO_2-eq ต่อกิโลกรัมชีส และ 1.0-17.4 กิโลกรัม CO_2-eq ต่อกิโลกรัมนมผงและผลิตภัณฑ์จากเวย์ (ซึ่งไม่รวมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน) โดยนมที่มีปริมาณแลคโตสสูงจะส่งผลให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำแต่นมที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะส่งผลให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงด้วย ซึ่งการปรับปรุงฟาร์มอาจส่งผลให้เกิดการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมได้ค่อนข้างมาก เนื่องจากฟาร์มเป็นแหล่งที่ใหญ่ที่สุดในการปล่อยมลพิษซึ่งสามารถก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้

Claudio Pattara et al., (2016) ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟรุตพริ้นของกระบวนการผลิตน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ในอาบรุซโซประเทศอิตาลี เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเพาะปลูกต้นมะกอกและการผลิตน้ำมันมะกอก ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงในกระบวนการเกษตรมีผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งอยู่ระหว่าง 3.34 ถึง 7.74 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมาคือกระบวนการบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อยู่ในช่วง 1.13 ถึง 3.20 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในกระบวนการบรรจุภัณฑ์นี้การใช้ขวดแก้วมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและการให้ปุ๋ยเป็นหลัก

Carlo Ingrao et al., (2015) ศึกษาการประยุกต์ใช้คาร์บอนฟุตพริ้นที่เป็นไปตาม ISO/TS 14067: 2013 เพื่อคำนวณภาวะโลกร้อน และการเกิดก๊าซชีวภาพในฟาร์มบริเวณจังหวัด Foggia ซึ่งอยู่ทางใต้ของประเทศอิตาลี เนื่องจากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาก๊าซชีวภาพได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้แทนที่ก๊าซธรรมชาติ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบอื่น ๆ ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน แต่ก็สามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและหาวิธีในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งฟาร์มที่นำมาศึกษานี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพแบบไม่

ใช้ออกซิเจน ทำให้มีการผลิตแอมโมเนียมไนเตรตออกมา โดยแอมโมเนียมไนเตรตสามารถใช้เป็นปุ๋ยในพื้นที่เพาะปลูกแทนการใช้ยูเรียส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง

Emanuele Bonamente et al., (2016) ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไวน์ขวดในประเทศอิตาลี โดยประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงสิ้นสุดกระบวนการกำจัดทิ้ง พบว่ามีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 1.07±0.09 กิโลกรัม CO_2-eq ต่อขวดและมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 580±30 ลิตรต่อขวด ซึ่งการบรรจุภัณฑ์และการแพร่กระจายสินค้าเป็นสองกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประมาณร้อยละ 56.10 และ 41.08 ตามลำดับ การวัดปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์นั้นเป็นการวัดรอยเท้าน้ำสีเขียว (green water) ที่นำมาใช้ในกระบวนการระเหยการคายน้ำของพืชผล พบว่ามีประมาณร้อยละ 77.94 ของทั้งหมด และมีการหาสัดส่วนโดยตรงระหว่างปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดและผลรวมของรอยเท้าน้ำสีเทา (grey water) และรอยเท้าน้ำสีฟ้า (blue water) เท่ากับ 81.24 ลิตรต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Ekbordin Winijkul, (2015) ศึกษาการปล่อยมลพิษกิจกรรมจากการเผาไหม้ของที่อยู่อาศัย โดยศึกษาการลดการปล่อยมลพิษ โดยทำการสำรวจใน 3 กรณีซึ่งสามารถช่วยลดการปล่อยมลพิษได้ โดยกรณีที่ 1 การใช้เชื้อเพลิงที่สะอาด (ไม้) ช่วยลดได้ 18-25% กรณีที่ 2 กรณีเตาสะอาดช่วยลดได้ 25-82% และยังลดการใช้เชื้อเพลิงด้วย กรณีที่ 3 เตาที่ได้รับการออกแบบตามมาตรฐานช่วยลดได้ 62% สำหรับเตามาตรฐานต่ำที่สุด และลดลง 95% สำหรับเตาที่มาตรฐานดีที่สุด

Hassard et al., (2014) ศึกษาการวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและการใช้พลังงานในการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟจำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ในประเทศญี่ปุ่น ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์กาแฟเอสเปรสโซมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและมีการใช้พลังงานในการผลิตน้อยที่สุดประมาณ 49 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และ 0.13 กิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่กาแฟกระป๋องมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและมีการใช้พลังงานในการผลิตมากที่สุด ประมาณ 223 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และ 0.76 กิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาคือกาแฟลาเต้ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและมีการใช้พลังงานในการผลิตประมาณ 224 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และ 0.54 กิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในผลิตภัณฑ์กาแฟ คือ นม การบรรจุภัณฑ์ และการผลิตเมล็ดกาแฟสีเขียว

Inmaculada Batalla et al., (2015) ศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจากการสะสมคาร์บอนในดินของฟาร์มนมแกะจำนวน 12 ฟาร์มซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสเปน โดยประเมินหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศและการปศุสัตว์ เพื่อการประเมินหาค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ จากการพิจารณา

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจากนมที่เกิดจากการสะสมคาร์บอนในดินในแต่ละฟาร์ม พบว่า มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นอยู่ในช่วง 2.0 ถึง 5.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมนม และพบว่าในช่วงฤดูร้อน นมที่มาจากแพะสายพันธุ์ต่างประเทศที่มีการเลี้ยงแบบจำกัดบริเวณให้อยู่ในร่มจะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต่ำกว่านมแพะที่มาจากสายพันธุ์ท้องถิ่นที่เลี้ยงในบริเวณกว้าง เช่น ภูเขา ในขณะที่สภาพภูมิอากาศปกติค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของแต่ละสายพันธ์และระบบการเลี้ยงดูไม่มีผลแตกต่างกัน

Jiahong Liu et al., (2015) ศึกษาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นที่เกิดจากโครงการผันน้ำและโรงกลั่นน้ำทะเลทางตอนใต้ของประเทศจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการกลั่นน้ำ และการขนส่งน้ำออกไปยังพื้นที่อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และที่อยู่อาศัย ซึ่งกระบวนการกลั่นน้ำและการขนส่งที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต่างกัน โดยการวัดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจะวัดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต่อน้ำหนึ่งลูกบาศก์เมตร ซึ่งผลการวิจัยพบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโครงการผันน้ำจากทางใต้ถึงเหนือของประเทศจีนมีค่าลดลงเมื่อมีจำนวนปีการทำงานเพิ่มขึ้น และพบว่าโครงการผันน้ำอายุการทำงาน 30 ปี มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประมาณ 0.179 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงกลั่นน้ำทะเลจะมีค่าประมาณ 2.988 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อกลั่นด้วยวิธี multi-stage flash (MSF) 1.280 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อกลั่นด้วยวิธี multiple effect distillation (MED) และ 2.562 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อกลั่นด้วยวิธี reverse osmosis (RO) ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมต่อไปได้

Marilys pradel et al., (2016) ศึกษาเกี่ยวกับสถานะของตะกอนน้ำเสีย โดยให้คำจำกัดความสถานะของตะกอนน้ำเสียว่า ขยะ หรือขยะต่อผลิตภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการให้คำจำกัดความที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการประเมินสิ่งแวดล้อมของระบบน้ำเสียโดยการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เพื่อศึกษาสถานะของตะกอนน้ำเสีย พบว่า มีบทความวิจัยประมาณ 44 บทความที่มุ่งเน้นเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของการบำบัดน้ำเสียและการจัดการกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งสามารถสรุปได้จากการทำงาน หน่วยการทำงาน กฎการจัดสรรและการศึกษา LCA พบว่า ตะกอนปฏิกูลส่วนใหญ่เป็นขยะ หรือขยะต่อผลิตภัณฑ์ แต่มีน้อยมากที่จัดให้เป็นผลิตภัณฑ์ และพบว่าประมาณร้อยละ 70 ของบทความวิจัยจัดให้ตะกอนปฏิกูลเป็นขยะต่อผลิตภัณฑ์ โดยตะกอนน้ำเสียที่ถือเป็นขยะคือตะกอนที่ไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการอื่นได้อีก แต่มีการศึกษาที่พบว่าตะกอนน้ำเสียมักถูกพิจารณาว่าปลอดภาระด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีการนำตะกอนขยะ และตะกอนขยะต่อผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ ทำให้สามารถนำแร่ธาตุหรือสารอาหารอื่นกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นควรมีการแก้ปัญหาภาระด้านสิ่งแวดล้อมของตะกอนน้ำเสีย

โดยมีการจัดการการผลิตตะกอนน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะตะกอนที่สามารถนำกลับมาใช้และเพิ่มมูลค่าได้

Martha Demertzi et al., (2016) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นจากการผลิตไม้ก๊อก โดยอาศัยการประเมินวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การจัดการป่าไม้ การผลิตเพื่อใช้งานจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตไม้ก๊อก ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของการผลิตไม้ก๊อกส่วนใหญ่เกิดจากการนำเรซินมาผสมกับเม็ดคอร์กเพื่อให้ไม้ก๊อกเกิดการจับกันเป็นก้อน ดังนั้นถ้ามีการจัดการที่ดีก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมได้

Mohan Munasinghe et al., (2016) ศึกษาการประเมินหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและการใช้พลังงานของอุตสากรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปในประเทศศรีลังกา โดยอาศัยการประเมินวัฏจักรชีวิตภายใต้มาตรฐาน PAS 2050 พบว่า อุตสากรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นเท่ากับ 1.37 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และมีการใช้พลังงานเท่ากับ 7.05 เมกะจูล โดยระยะที่มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดคือระยะในการผลิตวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 61 และระยะที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือระยะของผู้ใช้คิดเป็นร้อยละ 28 ซึ่งการลดการบริโภค และลดวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบจะช่วยลดการปล่อยคาร์บอนการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 44 และ 35.7 ตามลำดับ ดังนั้นพฤติกรรมการซัก ประเภทของวัตถุดิบ การรีไซเคิล ความทนทานและความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของวัตถุดิบ น่าจะมีความสำคัญในการลดการปล่อยคาร์บอนและการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปได้

Nanthiya Hansupalak et al., (2015) ทำการศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ด้วยการใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมัน พบว่า การปลอดปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีที่มีการใช้ก๊าซชีวภาพ 658-935 kg CO2eq/FU ซึ่งน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีการใช้ก๊าซชีวภาพ 1039.9-1574.2 CO2eq/FU

Phairat Usabharatana และ Harnpon Phungrassami, (2015) ศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจากการผลิตแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตจำนวน 3 โรงงาน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง cradle-to-gate ในการพิจารณาผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ได้วัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาเพื่อประเมินหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นในผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังตาม ISO 14040 โดยประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต่อน้ำหนักแห้งของแป้งมันสำปะหลัง 1000 กิโลกรัม (1 ตัน) ซึ่งค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งสามโรงงานคือ 594 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันของแป้งมันสำปะหลัง และพบว่าในปี พ.ศ. 2556 การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 10,500 ล้านตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งกระบวนการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวเป็นกระบวนการหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประมาณร้อยละ 40 ถึง 50 ของกระบวนการทั้งหมด

Qian Yue et al., (2017) ศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยวิเคราะห์หาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจากผลิตภัณฑ์พืชผลทางการเกษตร จำนวน 26 ชนิด และผลิตภัณฑ์จากปศุสัตว์ จำนวน 6 ชนิด ที่นำมาบริโภคเป็นอาหารในประเทศจีน จากการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้น พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นสูงสุดเท่ากับ 6.21 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม ในขณะที่ผลิตภัณฑ์จำพวกผักมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต่ำสุดเท่ากับ 0.15 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม ส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์จำพวกผลไม้ พืชตระกูลถั่ว เมล็ดพืช น้ำมันพืช นม พืชอุตสาหกรรม และไข่ที่ได้จากสัตว์ปีก มีค่าเท่ากับ 0.31 0.46 0.77 0.95 1.47 2.96 และ 4.09 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ยังพบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์จากการทำพืชผลทางการเกษตรส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและมลพิษในการผลิตข้าวเปลือกและการใช้ปุ๋ยประมาณร้อยละ 36 ถึง 93 และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์จากการทำปศุสัตว์และสัตว์ปีกส่วนใหญ่มาจากการอาหารสัตว์ การหมักของลำไส้ และการทำปุ๋ยคอก ประมาณร้อยละ 96 ขึ้นไป ซึ่งรูปแบบการจัดการฟาร์มที่แตกต่างกันจะส่งผลให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นที่ต่างกัน และยังพบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นสำหรับการผลิตเป็นอาหารเพื่อใช้ในการบริโภค มีค่าเท่ากับ 912.5 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี และสูงกว่าการบริโภคซึ่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นเท่ากับ 379.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี และพบว่าการรับประทานอาหารนอกบ้านส่งผลให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นเท่ากับ 2.87 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อมื้อซึ่งสูงกว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของการรับประทานอาหารที่บ้านซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.57 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี ทำให้สรุปได้ว่าการปรับปรุงการผลิตทางการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการบริโภคสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ในประเทศจีนได้

Salakjai Jenjariyakosoln et al., (2014) ศึกษาพลังงานและความสามารถในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมอ้อยเหลือทิ้งในประเทศไทย โดยการนำชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยการใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งการใช้ยอดอ้อยและใบอ้อยประมาณ 19% ผสมกับชานอ้อยโดยใช้หม้อไอน้ำความดันสูง 103 บาร์ และอุณหภูมิสูง 515 องศาเซลเซียส สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากถึง 9 TWh และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 4.8 Mt CO_2 เทียบเท่าต่อปี แสดงให้เห็นว่าการใช้หม้อไอน้ำความดันสูงในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีการใช้ต้นทุนในการผลิตลดลงและสามารถทำให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น

Sampath P. Dayaratne, (2014) ทำการศึกษาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระบวนการผลิตยางในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กของประเทศศรีลังกา โดยใช้เครื่องมือ Cause and Effect Diagram ในการระบุปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนศึกษาทัศนคติของผู้ประกอบการ และทำการการพัฒนารูปแบบการคำนวณปริมาณการพลังงานและระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 3 โรงงานตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณการปล่อยจำนวน 1.16 1.53 และ 1.23 ton CO2-eq/ton product ตามลำดับ

Serena Marras et al., (2015) ศึกษาและประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นในเกษตรกรรมไร่องุ่นบริเวณแถบเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งตั้งอยู่ทางใต้ของซาร์ดิเนีย (อิตาลี) เนื่องจากการทำเกษตรกรรมไร่องุ่นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก และยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเกษตรกรรมไร่องุ่นค่อนข้างน้อย เนื่องจากไม่สามารถควบคุมลักษณะภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่น ประเภทขององุ่น และการปฏิบัติงานของเกษตรกรได้ ทำให้ Serena Marras และคณะมีความสนใจที่จะศึกษาตั้งแต่เริ่มต้นปลูกองุ่นจนได้ผลผลิตองุ่นประมาณ 1 กิโลกรัม โดยใช้เทคนิค Eddy Covariance ในการวัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในไร่องุ่นโดยตรง และคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจากการวัดการไหลและวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการวิเคราะห์ด้วยค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ผลการวิจัยพบว่าการผลิตองุ่น 1 กิโลกรัม สามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 0.39 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากปัจจัยภายนอก เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการจัดการดิน ซึ่งกระบวนการทางนิเวศน์วิทยาอาจช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในระหว่างการปฏิบัติการทางการเกษตรได้

Subramanian SenthilKannan Muthu, (2012) ศึกษาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของสายกระบวนการผลิตสิ่งทอ ด้วยการรีไซเคิลของเสียและผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่หมดอายุ โดยได้สร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ SIMAPRO เวอร์ชั่น 7.3 โดยสรุปว่า กรณีการรีไซเคิลของเสียกระบวนการผลิตภัณฑ์สิ่งทอสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยตรง โดยให้ผู้ออกแบบกระบวนการคำนึงถึงการนำหลัก 3R มาในขั้นตอนการพิจารณาการออกแบบเชิงนิเวศ (Ecological Design) เพื่อประโยชน์สูงสุดในการแก้ไขประเด็นปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Sumate Sathitbun-anan et al, (2014) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและความเป็นไปได้ในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำตาลของประเทศไทย อ้อยเป็นแหล่งพลังงานสีเขียว (green energy) ที่ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลของประเทศไทย จึงมีความพยายามในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อให้

เกิดการผลิตพลังงานสีเขียวและหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น โดยพบว่าโรงงานที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและโรงงานที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าประมาณ 47 โรงงาน มีเพียง 9 โรงงานที่มีการใช้ไอน้ำตั้งแต่ 400 ถึง 646 กิโลกรัมต่อตันอ้อย ซึ่งมีผลสำคัญต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 23 ถึง 32 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และสามารถประหยัดพลังงานในอนาคตได้อีกร้อยละ 5 ถึง 14 ของการใช้พลังงานทั้งหมดต่อโรงงาน ส่งผลให้มีการนำชานอ้อยมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้มากถึง 80 กิกะวัตต์ชั่วโมง

Troels Kristensen et al., (2015) ศึกษาการประเมินผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตชีสจากนมวัวพันธุ์โฮลสไตน์และพันธุ์เจอร์ซี ที่รับประทานหญ้าแห้งที่มีองค์ประกอบของสมุนไพรแตกต่างกันเป็นอาหารในประเทศเดนมาร์ก โดยอาศัยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต พบว่า สัดส่วนของสมุนไพรในหญ้าแห้งไม่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สายพันธุ์ของวัวที่แตกต่างกันมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือ พบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อกิโลกรัมชีสของนมจากวัวสายพันธุ์เจอร์ซีต่ำกว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อกิโลกรัมชีสของนมจากวัวสายพันธุ์โฮลสไตน์ และพบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อกิโลกรัมชีสของนมจากวัวสายพันธุ์โฮลสไตน์ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยก๊าซมีเทน ประมาณร้อยละ 50 รองลงมาคือการผลิตอาหารสัตว์ และการเลี้ยงวัวสาว

Tundra Ramírez et al., (2015) ศึกษาการปรับปรุงการใช้น้ำและค่าคาร์บอนฟุตพริ้นสำหรับการทำมะเขือเทศแห้ง โดยศึกษากระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเพาะปลูก และการอบแห้ง เป็นต้น และเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการปกติทั่วไปในการทำมะเขือเทศแห้งและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ ความชื้น และเอนทาลปี ในแต่ละฤดูกาล เพื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำและค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ความชื้น และเอนทาลปี ในแต่ละฤดูกาลสามารถลดการใช้น้ำและค่าคาร์บอนฟุตพริ้นได้

Verge et al., (2013) ศึกษาการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์นมจำนวน 11 ผลิตภัณฑ์ในประเทศแคนาดา โดยอุตสาหกรรมนมเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศแคนาดา และพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการปศุสัตว์เป็นหลักประมาณร้อยละ 20 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยโคนมสามารถผลิตน้ำนมได้ประมาณ 7.7 เมกะตัน ซึ่งสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นมได้ประมาณ 4.4 เมกะตัน ได้แก่ นมเหลวร้อยละ 64 และชีสร้อยละ 12 นอกจากนี้มีการใช้แบบจำลอง cradle-to-gate ในการพิจารณาผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ได้วัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่ไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือการกำจัดซากเพื่อประเมินหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นในผลิตภัณฑ์นม ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก

ฟาร์มสู่โรงงานแปรรูปในแต่ละภูมิภาคจะมีความแตกต่างกันตามความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศและการจัดการโคนม โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นสูงที่สุดสามอันดับแรกคือ เนยแข็ง เนย และนมผง ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของนมที่ต้องการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เพื่อหาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม และการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและวิเคราะห์ เพื่อการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ซึ่งสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตมะพร้าวขาว และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT โดยในส่วนของการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT นี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบ 4 กลุ่มการศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1.1 Baseline Scenario

คือ การศึกษาการใช้พลังงาน ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิ UHT โดยคิดการใช้วัตถุดิบและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์หลักทั้งหมด (ไม่พิจารณาการปันส่วน)

3.1.2 Co-Product Allocation Scenario

คือ การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม โดยพิจารณาการปันส่วนตามน้ำหนัก โดยแบ่งกรณีศึกษาการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) และการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

3.1.3 Biogas Utilization Scenario

คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีมีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

3.1.4 Co-Product and Biogas Utilization Scenario

คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม โดยพิจารณาการปันส่วนตามน้ำหนัก และนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแบ่งการศึกษาวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่หนึ่ง เนื้อมะพร้าวขาว และระบบทรัพยากรสนับสนุน ส่วนที่สอง ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT โดยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การรวบรวมและศึกษา เอกสารและมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก Baseline Scenario กำหนดแนวทางในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการจัดทำรูปแบบการ สรุปผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.1

3.3 การรวบรวมและศึกษา เอกสารและมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง

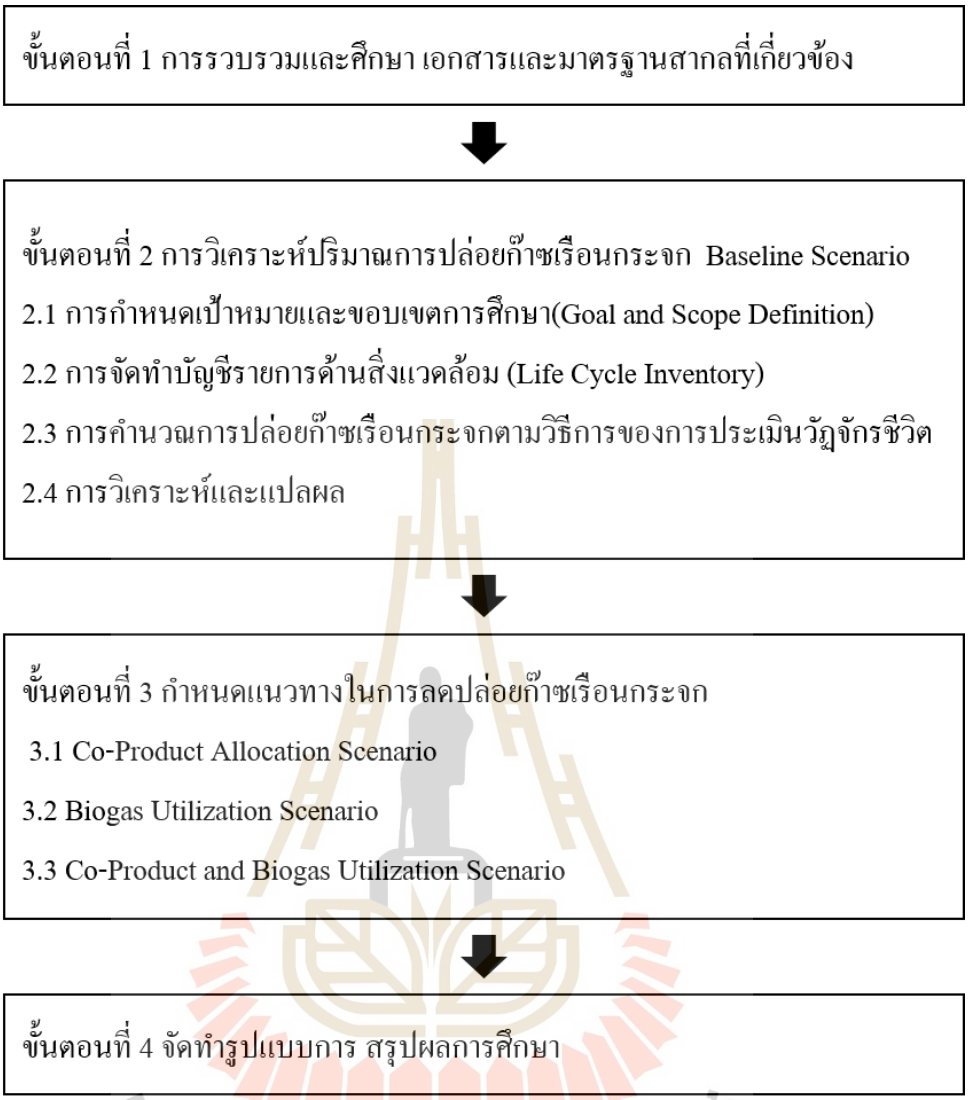
ศึกษางานวิจัย แหล่งอ้างอิง รวมถึงหลักการตามมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา และนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

1) การกำหนดเป้าหมาย

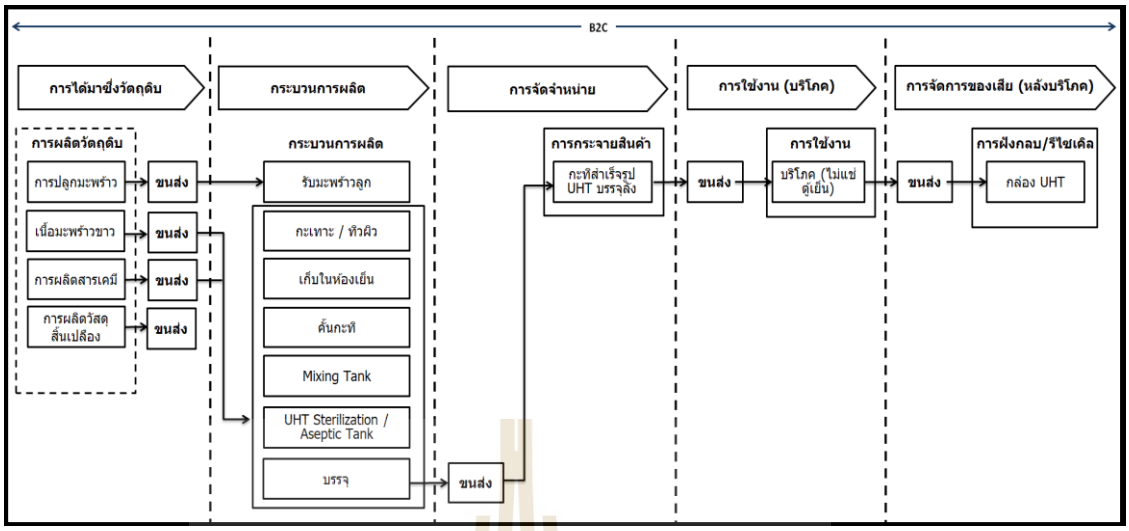
ศึกษาการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ UHT และผลิตภัณฑ์ร่วมจากกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2) การกำหนดขอบเขต

ในการศึกษานี้เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบการประเมินแบบ Business-to-Consumer (B2C) ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และขั้นตอนการผลิต รวมถึงกระบวนการสนับสนุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิต โดยจะมีการจัดทำแผนผังการไหลของวัสดุ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิต (แสดงดังรูปที่ 3.2) ภายใต้ขอบเขตโดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก Level 1 ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว และส่วนแรก Level 2 ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ UHT ดังแสดงในรูปที่ 3.3

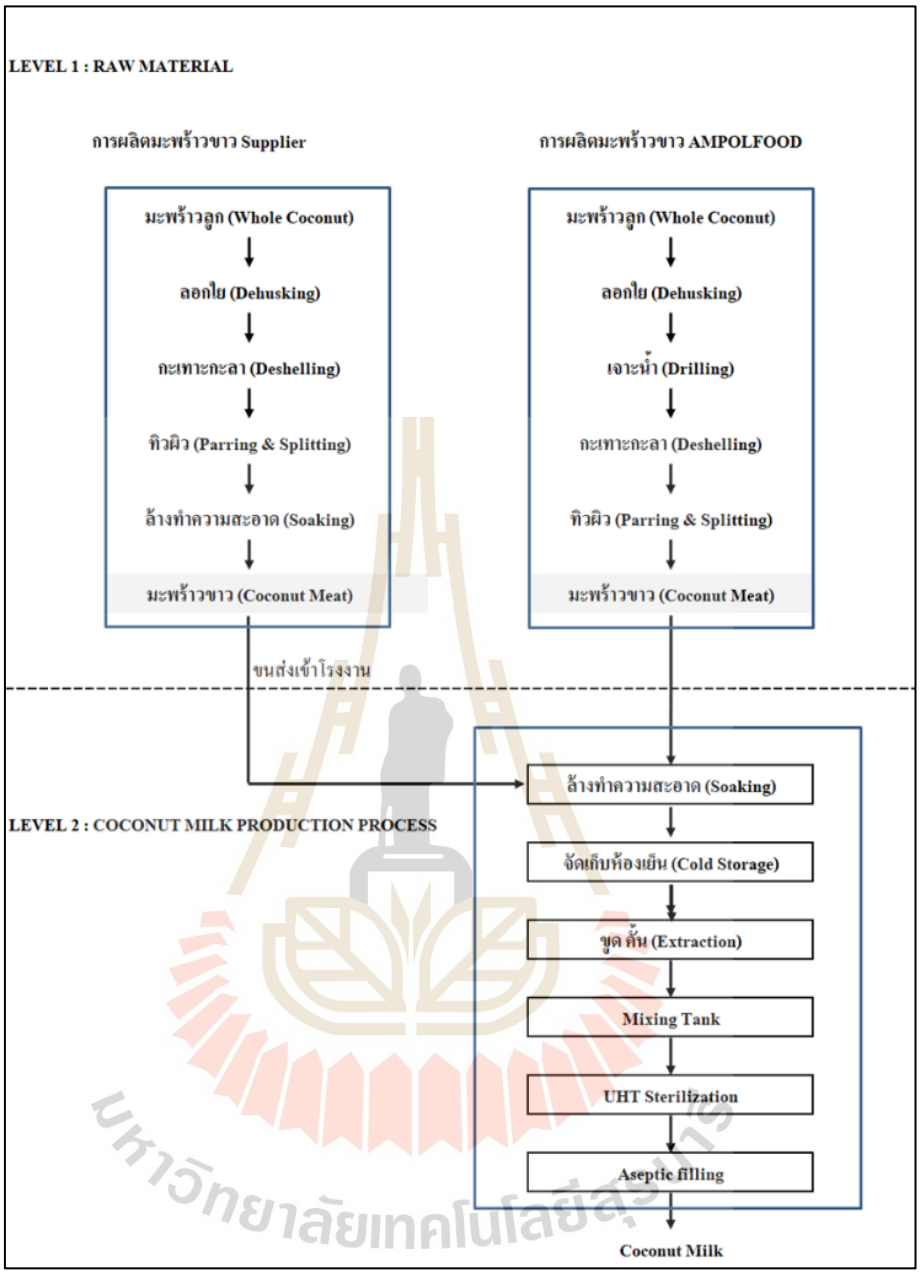


รูปที่ 3.2 ขอบเขตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT ตลอดวัฏจักรชีวิต

3) การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU)

ในงานวิจัยนี้กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบที่ศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งหน่วยการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม และการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกะทิ UHT 1 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว และกะทิ UHT

3.4.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

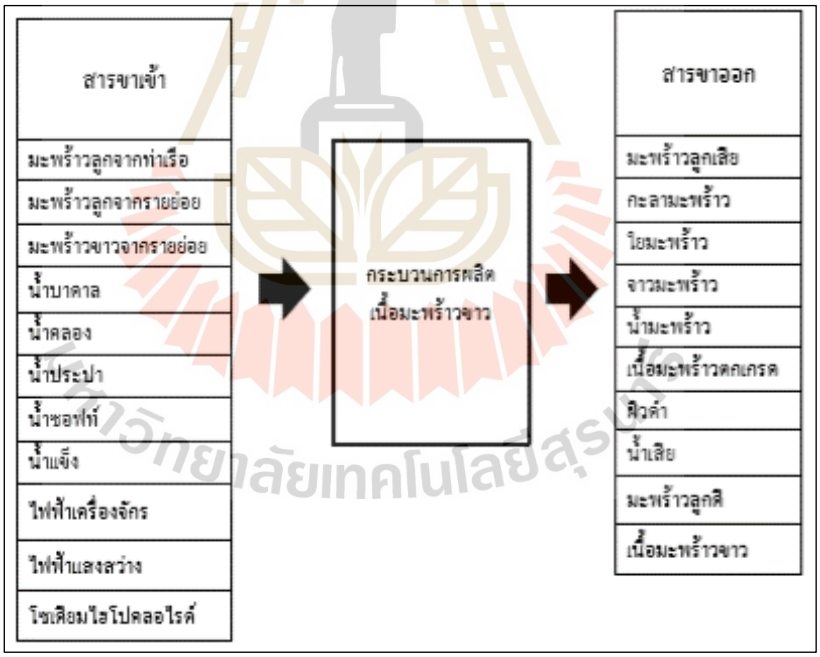
การจัดทำบัญชีรายการเป็นขั้นตอนหนึ่งของการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ใช้ระยะเวลานาน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายไว้แล้วในขั้นตอนแรก ทำการเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและพลังงาน และกากของเสียที่เกิดขึ้น ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการผลิตใน

โรงงาน โดยทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) โดยสามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกกระบวนการออกเป็น 2 ส่วน คือ บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว และผลิตภัณฑ์กะทิ UHT

1) บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการได้มาและการใช้ประโยชน์ และการขนส่ง โดยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรและพลังงาน เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการเก็บข้อมูลครั้งนี้ได้เลือกผู้ผลิตภายนอกจำนวน 7 แห่ง

ก) บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มาและการใช้ประโยชน์ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มาและการใช้ประโยชน์ของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

ข) บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการขนส่ง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการขนส่งของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)
รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32
รถตู้บรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5
รถตู้บรรทุก ขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5
รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32
รถตู้บรรทุก10 ล้อ	16

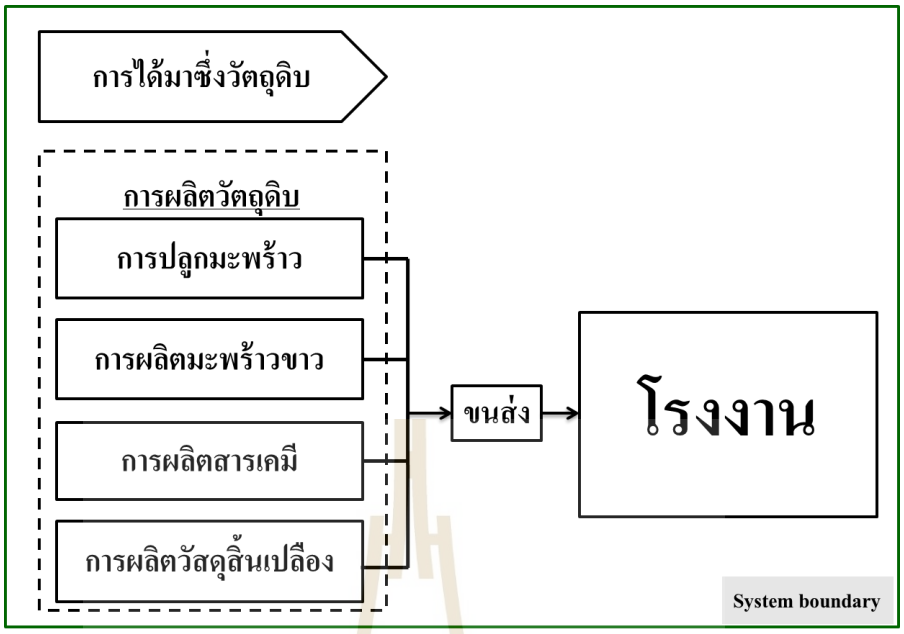
2) บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตกะทิ UHT

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตกะทิ UHT แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการได้มาและการใช้ประโยชน์ และการขนส่ง โดยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรและพลังงาน เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายในโรงงานอุตสาหกรรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

ก) บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มา และการใช้ประโยชน์

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรและพลังงานของตลอดวัฏจักรชีวิต ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน การจัดการซาก

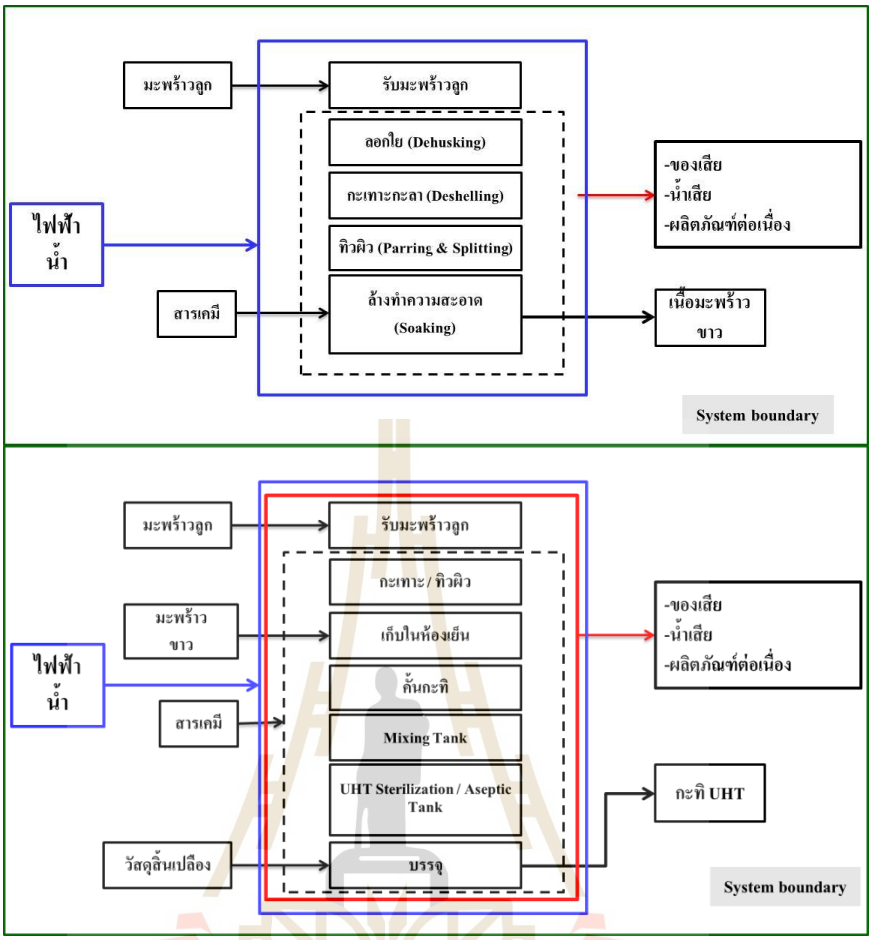
- ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จะแสดงถึงภาพรวมของวัตถุดิบทุกตัวที่ใช้ในกระบวนการผลิต และรวมถึงการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของการได้มา
และการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT

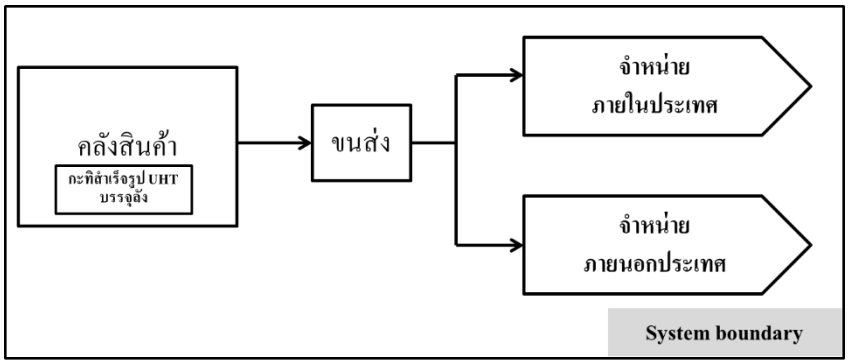
- ขั้นตอนกระบวนการผลิตจะแสดงถึงภาพรวมในกระบวนการผลิต การบรรจุผลิตภัณฑ์ และการขนส่งภายในกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 3.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนกระบวนการผลิตของการได้มาและการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT

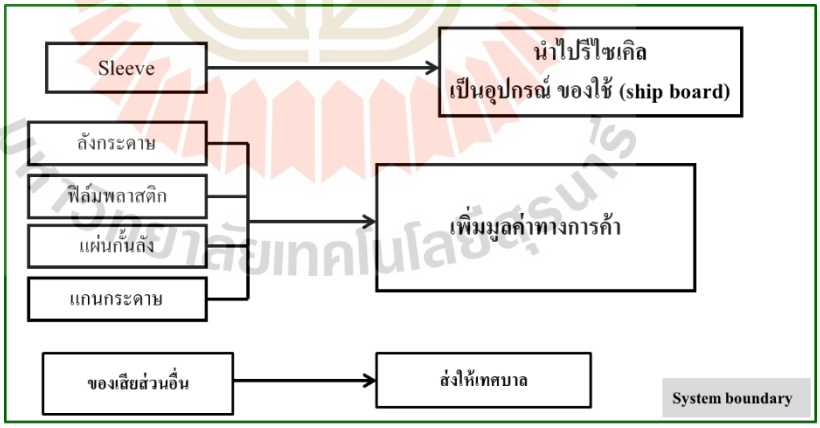
- ขั้นตอนการกระจายสินค้าจะแสดงถึงภาพรวมในขนส่งสินค้าเพื่อจัดจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการกระจายสินค้าของการได้มา
และ การใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT

- ขั้นตอนการใช้งาน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ใช้ในการประกอบอาหาร จึงไม่นับรวมในขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนของการบริโภค (ตามข้อกำหนดใน PCR)

- ขั้นตอนการกกำจัดซากจะแสดงถึงภาพรวมในกระบวนการผลิต การบรรจุผลิตภัณฑ์ และการขนส่งภายในกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดการซากของการ
ได้มาและการใช้ประโยชน์ของการผลิตกะทิ UHT

ข) บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการขนส่ง การขนส่งของกระบวนการผลิตน้ำกะทิ UHT จัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในการขนส่งวัตถุดิบ และทรัพยากร และวัสดุ

ช่วยผลิต โดยขั้นตอนการเก็บข้อมูลเป็นไปตามข้อมูลชนิดของพาหนะทั้งหมด 6 ประเภทที่ใช้ในการขนส่งแสดงตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการขนส่งของกระบวนการผลิตกะทิ UHT

ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ	11
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5
รถตู้บรรทุก10 ล้อ	16
รถบรรทุกขยะ 10ล้อ	16

3) แหล่งข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แหล่งข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตกะทิ UHT

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ	อ้างอิง
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	ข้อมูลปริมาณการใช้วัสดุบรรจุและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ	ค่า EF ของวัสดุบรรจุภัณฑ์และวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ EF TGO (update_June 16)
	ข้อมูลปริมาณการใช้เนื้อมะพร้าวขาว	การคำนวณค่า EF ของการผลิตมะพร้าวขาว	ข้อมูลจากการคำนวณ
	ข้อมูลปริมาณการใช้วัสดุบรรจุและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ	ค่า EF ของวัสดุบรรจุภัณฑ์และวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ EF TGO (update_June 16)
	ข้อมูลระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ	ค่า EF ของการขนส่ง	

ตารางที่ 3.3 แหล่งข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตกะทิ UHT (ต่อ)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ	อ้างอิง
การใช้งาน	ข้อกำหนดตาม PCR		
การกำจัดซาก	ข้อมูลปริมาณเศษกล่อง UHT	ค่า EF ของการจัดการของเสีย	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ EF TGO (update_June 16)

3.4.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีของการประเมินวัฏจักรชีวิต

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลจากการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม และกระบวนการผลิตน้ำกะทิ UHT 1 กิโลกรัม โดยอาศัยหลักการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบ (CO_2-eq) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.1) ดังนี้

$$CFP = \sum (A_i \times EF_i) \tag{3.1}$$

เมื่อ CFP = ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

A_i = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม i (หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละกิจกรรม i (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

1) การปันส่วน (Allocation)

ในการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องเชื่อมกระบวนการย่อยๆ ที่อยู่ในระบบการผลิตโดยใช้ปริมาณอ้างอิงของวัตถุดิบหรือพลังงาน ในกระบวนการย่อยภายในระบบที่ศึกษาอาจเกิด ผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป แต่มีผลิตภัณฑ์เพียงชนิดที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่อไปภายในระบบ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปแปรรูปใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการอื่นๆ หรือถูกทิ้งไป ดังนั้นต้องทำการปันส่วนปริมาณ วัตถุดิบและพลังงานที่เกี่ยวข้อง

กับการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมเข้าไปในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ผู้วิจัยได้เลือกใช้การปันส่วนโดยใช้น้ำหนัก

2) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิ(Secondary data) ควรเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูล ดังนี้

ก) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) ซึ่งสามารถสืบค้นได้จากเวปไซต์ www.tgo.or.th

ข) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications) โดยสืบค้นจากฐานข้อมูลวารสารทางวิชาการ

ค) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม และฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

ง) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

จ) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลทดแทน ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารขาเข้าหรือสารขาออกบางรายการได้ ให้ใช้ข้อมูลทดแทนจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด หรือพิจารณาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายการกลุ่มเดียวกัน (เช่น กลุ่มรายการเครื่องปรุง และกลุ่มรายการวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นต้น) ที่มีค่าสูงสุดมาใช้แทน

3.3.4 การวิเคราะห์และแปรผล

การวิเคราะห์และแปรผลการศึกษา สรุปผลที่ได้จากผลลัพธ์ของการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว และการผลิตกะทิ UHT ในรูปแบบของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ รวมถึงกำหนดแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

3.5 กำหนดแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.5.1 Co-Product Allocation Scenario

ทำการศึกษาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้หลักการการปันส่วนโดยน้ำหนักให้กับผลิตภัณฑ์ร่วมที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตกรณีฐาน (Baseline Process) โดยแบ่ง กรณีศึกษาการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก :

Model 1) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กากและน้ำมะพร้าว : Model 2) และการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3) แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การปันส่วนตามน้ำหนักของ Co-Product Allocation Scenario (Model 1 2 3)

ขั้นตอน	การปันส่วนตามน้ำหนัก (%)		
	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว จาว) กลุ่ม 3
รับมะพร้าวลูก	49.42	28.72	28.30
กะเทาะ/ ทิวผิว	52.39	30.45	30.00
ล้าง/เก็บเข้าห้องเย็น	77.68	77.68	77.68
ขูด/คั้น	83.22	83.22	83.22
ถังบรรจุ 1	100.00	100.00	100.00

3.5.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย และการผลิตไฟฟ้าจาก Biogas

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียและจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ใช้วิธีการคำนวณจากคู่มือของ IPCC เป็นหลัก ได้แก่ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

1) วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม ใช้สมการที่ 6.2 จากคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 6 Wastewater Treatment and Discharge

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

โดย $EF_j = \frac{emission_factor_each_treament}{dischare_pathway_or_system} = \frac{kgCH_4}{kgCOD}$

$$j = \frac{each_treatment}{dischare_pathway_or_system}$$

B_o = *maximum CH_4 producing capacity, kg CH_4/kg COD*

MCF_j = *methane correction factor (fraction)*

ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ คือ 432,623 m^3 และมีค่า COD เท่ากับ 5,000 mg/L คำนวณ COD Loading ได้ดังนี้

$$432623 m^3 \times 5000 \frac{mg}{l} \times 1000 \frac{l}{m^3} = 2163115 kg.COD$$

ใช้ IPCC COD-default factor for B_o คือ 0.25 kg CH4/kg COD) จากตาราง DEFAULT MCF VALUES FOR INDUSTRIAL WASTEWATER ใช้ค่า *MFC* ของ Anaerobic deep lagoon คือ 0.8 คำนวณ CH_4 emission factor ของการบำบัดน้ำเสีย

$$= 0.25 \frac{kgCH_4}{kgCOD} \times 0.8$$

$$= 0.20 \frac{kgCH_4}{kgCOD}$$

ค่า Global warming potential ของ CH_4 คือ 25 เท่าของ CO_2 จะได้ CO_2 *emission factor ของการบำบัดน้ำเสีย*

$$= 0.25 \frac{kgCO_2}{kgCH_4} \times 0.20 \frac{kgCH_4}{kgCOD}$$

$$= 5 \frac{kgCO_2}{kgCOD}$$

ค่า COD Loading คือ 2,163,115 kg COD และปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ คือ 432,623 m^3 คำนวณ CO_2 *emission factor* ของการบำบัดน้ำเสีย EF น้ำเสีย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$= 5\frac{kgCO_2}{kgCOD} \times \frac{2163115\,kgCOD}{432623\,m^3}$$

$$= 25\frac{kgCO_2}{m^3}$$

ตารางที่ 3.5 Default MCF values for industrial wastewater

TABLE 6.8
DEFAULT MCF VALUES FOR INDUSTRIAL WASTEWATER

Type of treatment and discharge pathway or system	Comments	MCF [1]	Range
Untreated			
Sea, river and lake discharge	Rivers with high organics loadings may turn anaerobic, however this is not considered here.	0.1	0 – 0.2
Treated			
Aerobic treatment plant	Must be well managed. Some CH_4 can be emitted from settling basins and other pockets.	0	0 – 0.1
Aerobic treatment plant	Not well managed. Overloaded	0.3	0.2 – 0.4
Anaerobic digester for sludge	CH_4 recovery not considered here	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic reactor (e.g., UASB, Fixed Film Reactor)	CH_4 recovery not considered here	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic shallow lagoon	Depth less than 2 metres, use expert judgment	0.2	0 – 0.3
Anaerobic deep lagoon	Depth more than 2 metres	0.8	0.8 – 1.0

[1] Based on expert judgment by lead authors of this section

อ้างอิง : IPCC (2006)

2) การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียกรณีใช้แก๊สมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นไปผลิตไฟฟ้า

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียกรณีใช้ CH_4 ที่เกิดขึ้นไปผลิตไฟฟ้า จะคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสียและจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง CH_4 แบบ Stationary Combustion โดยใช้สมการที่ 2.1 ที่มาจาก IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2 Stationary Com bustion GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM STATIONARY COMBUSTION

$$Emissions_{GHG,fuel} = Fuel_consumption_{fuel} \times Emission_factor_{GHG,fuel}$$

โดย $Emissions_{GHG,fuel}$ = emissions of a given GHG by type of fuel (kg GHG)

$Fuel\ Consumption_{fuel}$ = amount of fuel combusted (TJ)

$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$ = default emission factor of a given GHG by type of fuel (kg gas/TJ) For CO_2, it ncludes the carbon oxidation factor, Assumed to be 1 (ดูรูปที่ 3.9)

TABLE 2.2 (CONTINUED)
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE ENERGY INDUSTRIES
(kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

Fuel		CO_2			CH_4			N_2O		
		Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1.5	15
Industrial Wastes		n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1.5	15
Waste Oils		n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1.5	15
Peat		106 000	100 000	108 000	n 1	0.3	3	n 1.5	0.5	5
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	n 112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1.5	15
	Sulphite lyes (Black Liquor)[a]	n 95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15
	Charcoal	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1.5	15
Liquid Biofuels	Biogasoline	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Biodiesels	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	n 79 600	67 100	95 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Other Biogas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Other non-fossil fuels	Municipal Wastes (biomass fraction)	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15

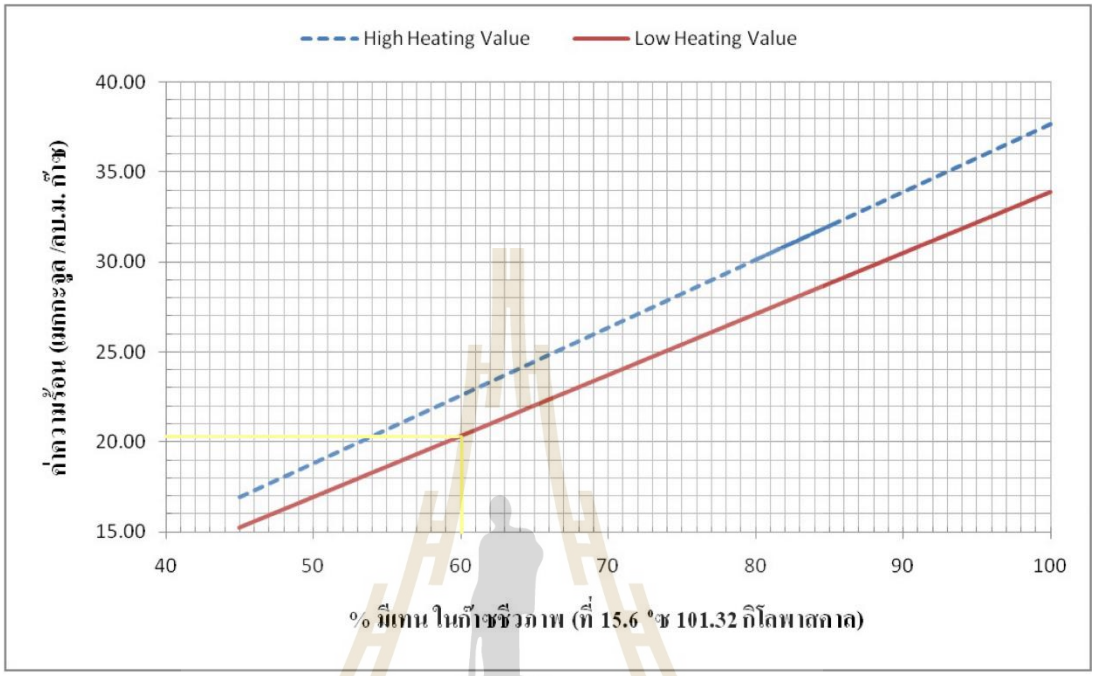
(a) Includes the biomass-derived CO_2 emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO_2 emitted from the kraft mill lime kiln.
n indicates a new emission factor which was not present in the 1996 Guidelines
r indicates an emission factor that has been revised since the 1996 Guidelines

รูปที่ 3.9 Default emission factors for stationary combustion in the energy industrie

โดยรายละเอียดในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียกรณีใช้ CH_4 ที่เกิดขึ้นไปผลิตไฟฟ้ามีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า Emission factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง CH_4 แบบ Stationary Combustion โดยปริมาณ Biogas (CH_4 เป็นก๊าซหลัก และสำหรับเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เกิดจากซากดึกดำบรรพ์จะไม่คิดการเกิดก๊าซเรือนกระจกจาก CO_2) ที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการบำบัดน้ำ

เสียจะถูกนำไปเผาไหม้ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับ Biogas ที่มีปริมาณ CH_4 ร้อยละ 60 จะมีค่าความร้อนเท่ากับ 20.93 MJ/kg Biogas ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ % มีเทนต่างๆ
(ที่ 15.6 องศาเซลเซียส ความดัน 101.32 กิโลพาสคาล)

และจากตารางที่ 2.2 ค่า Default Emission Factor ของ CH_4 ของ Gas Biomass –Sludge Gas คือ 1 และค่า Global Warming Potentials คือ 25 ส่วนค่า Default Emission Factor ของ N_2O ของ Gas Biomass – Sludge Gas คือ 0.1 และค่า Global Warming Potentials คือ 298

Default Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง Biogas แบบ Stationary Combustion

$$= Biogas \times \left[\left(\begin{array}{l} Default.Emission.factor.of.CH_4 \\ \times Global.warm.potentials \times 10^{-6} \frac{TJ}{MJ} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} Default.Emission.factor.of.N_2O \\ \times Global.warm.potentials \times 10^{-6} \frac{TJ}{MJ} \end{array} \right) \right]$$

$$= 20.93 \frac{MJ}{kg.biogas} \times \left[\begin{array}{l} \left(1 \frac{kg}{TJ} + 25 CO_2 e \times 10^{-6} \frac{TJ}{MJ} \right) \\ + \left(0.1 \frac{kg}{TJ} \times 298 CO_2 e \times 10^{-6} \frac{TJ}{MJ} \right) \end{array} \right]$$

$$= 0.0011 \frac{kgCO_2 e}{kg.biogas}$$

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการบำบัดน้ำเสียกรณีใช้ CH_4 ที่เกิดขึ้นไปผลิตไฟฟ้า

รูปที่ 3.11 ผังสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตไฟฟ้า (บำบัดน้ำเสีย)

รายละเอียดในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียกรณีใช้ CH_4 ที่เกิดขึ้นไปผลิตไฟฟ้ามีดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า (ไม่มีการขนส่งสารขาเข้า)

$$= \frac{\left[\begin{array}{l} \left(amount.of.wastewater \times GHG.E.F \right) \\ + \left(amount.of.electricity \times GHG.E.F \right) \\ + \left(amount.of.biogas \times GHG.E.F \right) \end{array} \right]}{amount.of.electricity.produced}$$

$$= \frac{\left[\begin{array}{l}\left(432623\,m^3 \times 0\,\frac{kgCO_2e}{m^3}\right)+ \\ \left(411138\,kWh \times 0.6093\,\frac{kgCO_2e}{kWh}\right) \\ +\left(730436\,m^2 \times 0.0011\,\frac{kgCO_2e}{m^3}\right)\end{array}\right]}{1307100\,kWh}$$

$$= 0.1923\,\frac{kgCO_2e}{kWh}$$ ไฟฟ้าที่ผลิตได้

ตารางที่ 3.6 การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

ประเภทการใช้ไฟฟ้า	**สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า**	**GHG E.F. ($kg.CO_2e/kwh$)**	**ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kg.CO_2e/kwh$)**
ใช้จากการไฟฟ้า	91.73%	0.6093	0.5589
ใช้จากไฟฟ้าที่ผลิตได้เอง	8.27%	0.1923	0.0159
รวมการใช้ไฟฟ้าทุกประเภท	100%	-	0.5748

จากตารางที่ 3.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

= (สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า x GHG E.F.) +
(สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้เอง x GHG E.F.)

$$= \left(91.73\% \times 0.6093\,\frac{kgCO_2e}{kWh}\right)+\left(8.27\% \times 0.1923\,\frac{kgCO_2}{kWh}\right)$$

$$= 0.5748\,\frac{kgCO_2e}{kWh}$$

3.5.3 Co-Product and Biogas Utilization Scenario

ทำการศึกษาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้หลักการการปันส่วนโดยน้ำหนักให้กับผลิตภัณฑ์ร่วมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ร่วมกับการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า (Biogas Utilization Scenario) โดยแบ่งกรณีศึกษาการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก: Model 1) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) และการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

3.6 จัดทำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อได้ทำการจัดเก็บข้อมูลตามวิธีตั้งแต่หัวข้อ 3.1 ถึง 3.5 และทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ UHT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ UHT 1 กิโลกรัม หลังจากทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลตามขั้นตอนและขอบเขตการทำวิจัยดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในส่วนของบทนี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที โดยแสดงผลการศึกษาวิจัยออกเป็น 7 ส่วน ได้แก่ (1) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Data Inventory) กะทิสำเร็จรูปยูเอชที ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต โดยแสดงทั้งรูปแบบของชนิดและปริมาณที่เกิดขึ้น (2) ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมะพร้าวขาว และกระบวนการสนับสนุนการผลิต (3) ผลการศึกษาการใช้พลังงานและการประเมินปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที กรณีฐาน Baseline Scenario (4) ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิยูเอชที ร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product Allocation Scenario โดยแบ่งการศึกษาในกรณีการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ด้วยวิธีการคิดแบบการปันส่วนโดยมวล คือ กลุ่มที่ 1 การใช้ประโยชน์ เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกากมะพร้าว กลุ่มที่ 2 การใช้ประโยชน์ เนื้อตกเกรด ผิวทิว กากมะพร้าว และน้ำมะพร้าว กลุ่มที่ 3 การใช้ประโยชน์เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว จาวมะพร้าว (5) ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีมีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario (6) ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม และนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Co-Product Allocation and Biogas Utilization Scenario (7) สรุปผลการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกรณีศึกษา โดยผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดดังนี้

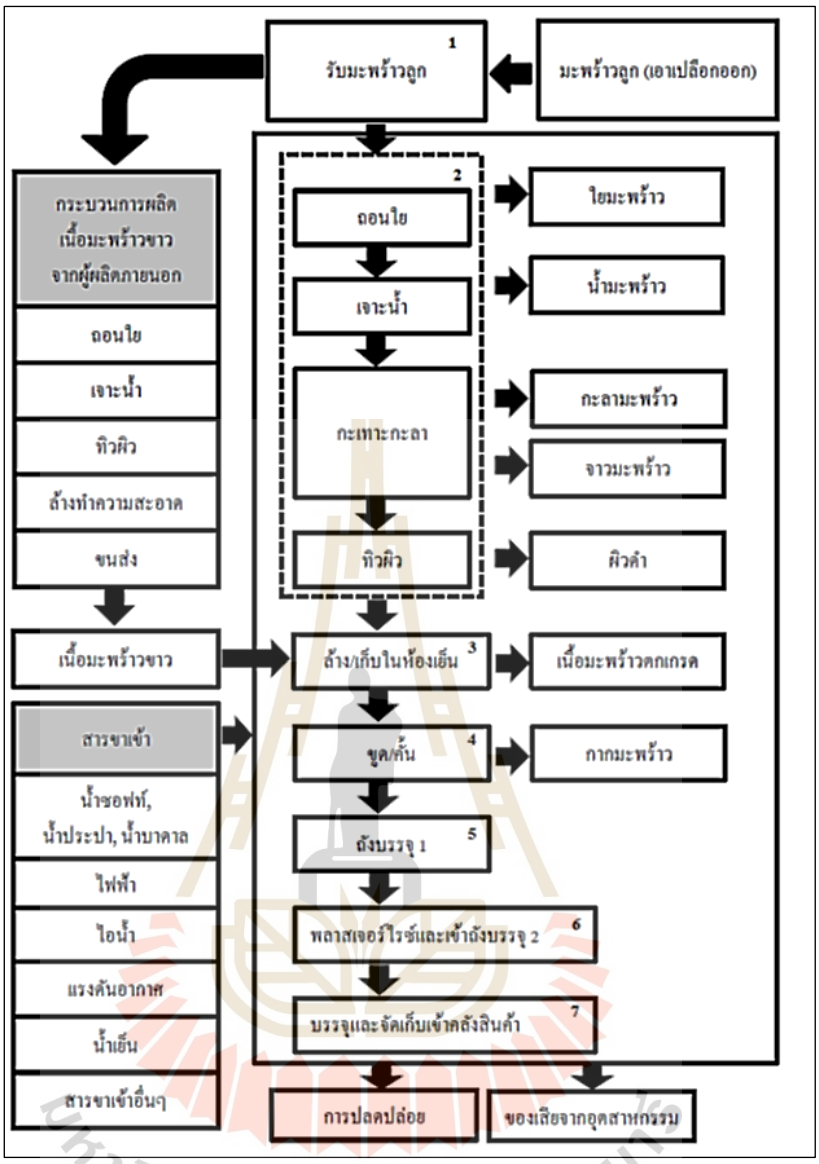
4.1 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กะทิยูเอชที

การจัดทำบัญชีรายการเป็นขั้นตอนหนึ่งของการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ใช้ระยะเวลานานและยุ่งยากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายไว้แล้วในขั้นตอนแรก รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปยูเอชที เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก

จากระบบผลิตภัณฑ์ โดยสร้างผังการไหลของทรัพยากร พลังงาน วัตถุดิบ ของเสีย และมลพิษที่เข้าและออกจากระบบ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทย เริ่มจากเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม 2558 โดยสามารถนำมาแสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยแสดงค่าเป็นปริมาณต่อหน่วยการทำงาน (ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปยูเอชที 1 กิโลกรัม) ตามขอบเขตที่ต้องการศึกษาดังนี้

4.1.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์กะทิ UHT จำแนกตามกระบวนการผลิต

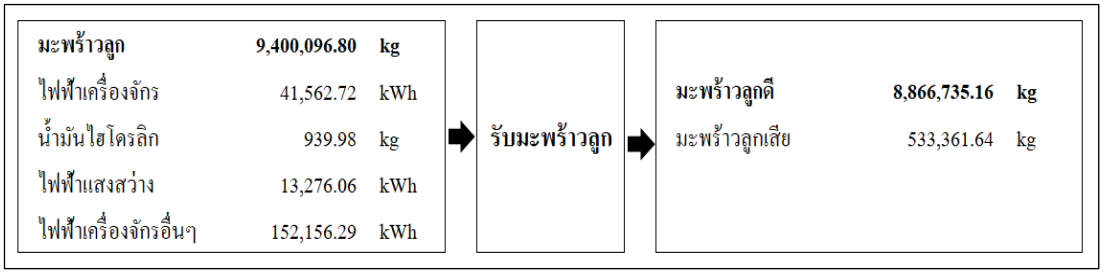
จากการศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT สามารถสรุปและแสดง Flow Diagram กระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT ได้ดังรูปที่ 4.1 โดยกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT เริ่มต้นจากขั้นตอนการรับมะพร้าวลูกที่ขนส่งมาโดยรถบรรทุกลำเลียงเข้าจัดเก็บในไซโลเก็บมะพร้าวลูกเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตในขั้นตอนถัดไป ในขั้นตอนนี้จะมีการสุ่มตรวจคุณภาพและชั่งน้ำหนัก คัดแยกของเสีย จากนั้นมะพร้าวลูกจะถูกลำเลียงเข้าสู่ขั้นตอนการกะเทาะ/ทิวผิว โดยการนำมะพร้าวลูกไปทำการถอนใยมะพร้าว เจาะเก็บน้ำมะพร้าว กะเทาะกะลาออกจากเนื้อมะพร้าว และปอกทิวผิวดำออก เพื่อให้ได้เป็นมะพร้าวเนื้อขาว ซึ่งมะพร้าวขาว และล้างทำความสะอาดก่อนนำไปจัดเก็บในห้องเย็นในขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็น โดยการควบคุมอุณหภูมิห้อง เพื่อเก็บรักษามะพร้าวขาวไม่ให้เน่าเสียหาย ในขั้นตอนนี้จะมีการรับมะพร้าวข้าวจากผู้ผลิตจากภายนอกเข้ามาจัดเก็บร่วมด้วย จากนั้นมะพร้าวขาวทั้งหมดจะเข้าสู่ขั้นตอนการคั้นกะทิ โดยลำเลียงมะพร้าวขาวเข้าสู่เครื่องบดเพื่อลดขนาดให้ได้มะพร้าวที่เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วต่อด้วยการคั้นซึ่งเป็นการคั้นด้วยการบีบอัด (Belt Pressing) ได้เป็นกะทิ หลังจากนั้นกะทิที่ได้ทั้งหมดจะถูกส่งมาที่เครื่องกรองกากด้วยตะแกรงกรอง ซึ่งกระบวนการจะเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องและส่งเข้าสู่ ขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสม เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เบื้องต้น ผสมเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ และปรับไขมันให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และจัดเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ ซึ่งทำการฆ่าเชื้อและจัดเก็บกะทิก่อนส่งไปขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้าต่อไป ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT สามารถสรุปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.8 และตารางที่ 4.1 ถึง 4.7 ดังนี้



รูปที่ 4.1 Flow Diagram กระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) ขั้นตอนการรับมะพร้าวลูก



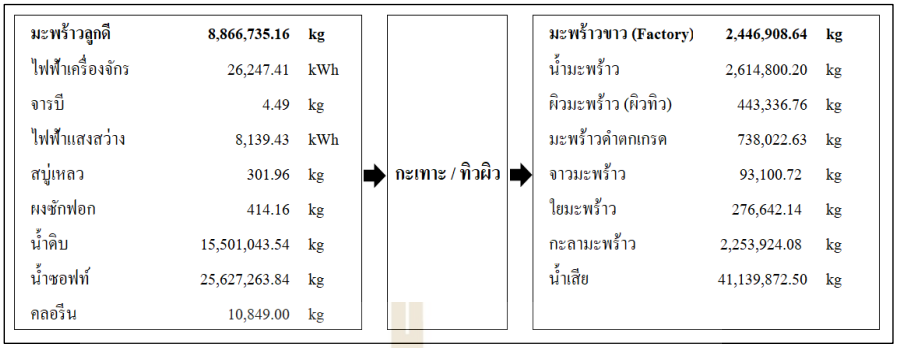
รูปที่ 4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการรับมะพร้าวลูก

ตารางที่ 4.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนรับมะพร้าวลูกต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**ปริมาณ/FU**
มะพร้าวลูก	9,400,096.80	kg	0.6179
ไฟฟ้า	206,995.07	kWh	0.0136
น้ำมันไฮโดรลิก	939.98	kg	0.0001
บัญชีรายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
มะพร้าวลูกดี	8,866,735.16	kg	0.5828
มะพร้าวลูกเสีย	533,361.64	kg	0.0351

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) ขั้นตอนการกะเทาะ/ทิวผิว

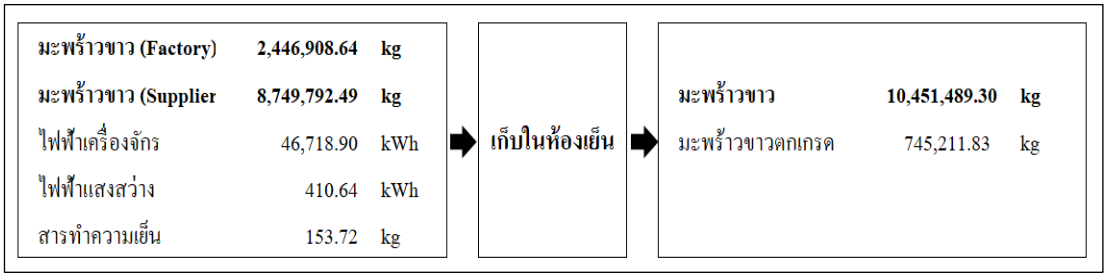


รูปที่ 4.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการกะเทาะ/ทิวผิว

ตารางที่ 4.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการกะเทาะ/ทิวผิว ต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
มะพร้าวลูกดี	8,866,735.16	Kg	0.5828
ไฟฟ้า	34,386.84	kWh	0.0023
จารบี	4.49	Kg	0
สบู่เหลว	301.96	Kg	0
ผงซักฟอก	414.16	Kg	0
น้ำดิบ	15,501,043.54	Kg	1.0189
น้ำซอฟท์	25,627,263.84	Kg	1.6846
คลอรีน	10,849.00	Kg	0.0007
มะพร้าวขาว (Factory)	2,446,908.64	Kg	0.1608
น้ำมะพร้าว	2,614,800.20	Kg	0.1719
ผิวมะพร้าว (ผิวทิว)	443,336.76	Kg	0.0291
มะพร้าวดำตกเกรด	738,022.63	Kg	0.0485
จาวมะพร้าว	93,100.72	Kg	0.0061
ใยมะพร้าว	276,642.14	Kg	0.0182
กะลามะพร้าว	2,253,924.08	Kg	0.1482
น้ำเสีย	41,139,872.50	Kg	2.7043

3) ขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็น



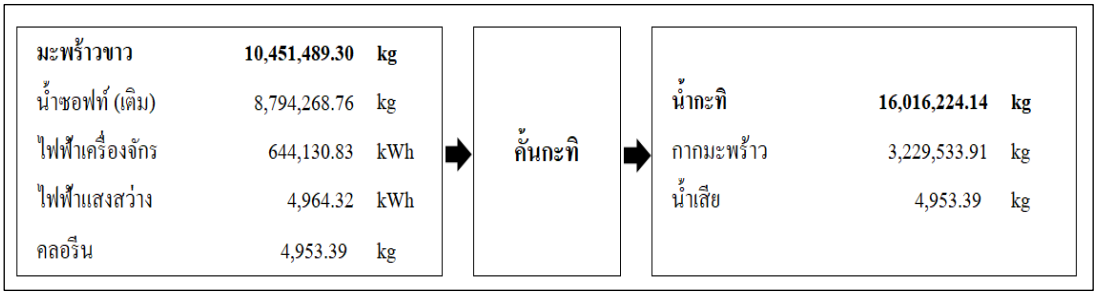
รูปที่ 4.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็น

ตารางที่ 4.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการจัดเก็บในห้องเย็นต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
มะพร้าวขาว (Factory)	2,446,908.64	kg	0.1608
มะพร้าวขาว (Supplier)	8,749,792.49	kg	0.5752
ไฟฟ้า	47,129.54	kWh	0.0031
สารทำความเย็น	153.72	kg	0.0000
บัญชีรายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
มะพร้าวขาว	10,451,489.30	kg	0.6870
มะพร้าวขาวตกเกรด	745,211.83	kg	0.0490

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) ขั้นตอนการคั้นกะทิ



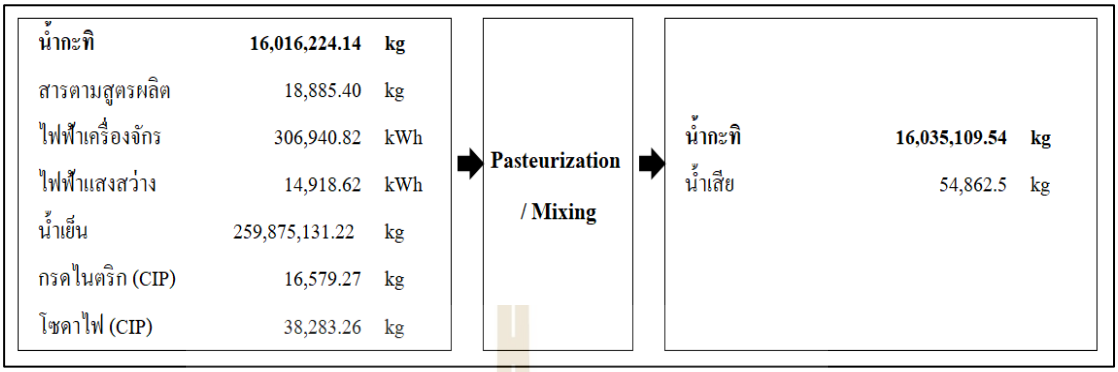
รูปที่ 4.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการคั้นกะทิ

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการคั้นกะทิต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**ปริมาณ/FU**
มะพร้าวขาว	10,451,489.30	kg	0.6870
น้ำซอฟท์ (เติม)	8,794,268.76	kg	0.5781
ไฟฟ้า	649,095.14	kWh	0.0427
คลอรีน	4,953.39	kg	0.0003
บัญชีรายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำกะทิ	16,016,224.14	kg	1.0528
กากมะพร้าว	3,229,533.91	kg	0.2123
น้ำเสีย	4,953.39	kg	0.0003

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5) ขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสม

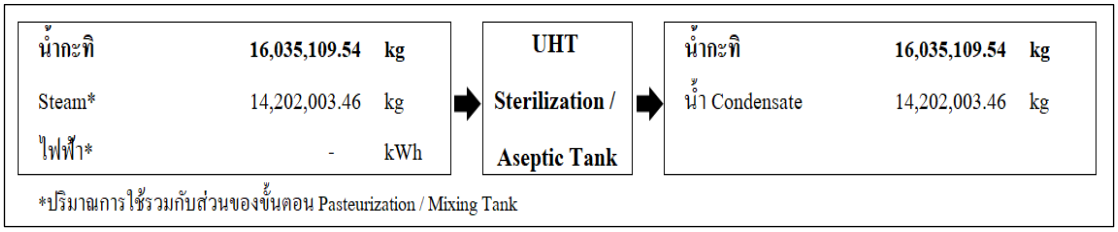


รูปที่ 4.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสม

ตารางที่ 4.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสมต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำกะทิ	16,016,224.14	kg	1.0528
สารตามสูตรผลิต	18,885.40	kg	0.0012
ไฟฟ้า	321,859.43	kWh	0.0212
น้ำเย็น	259,875,131.22	kg	17.0826
กรดไนตริก (CIP)	16,579.27	kg	0.0011
โซดาไฟ (CIP)	38,283.26	kg	0.0025
บัญชีรายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำกะทิ	16,035,109.54	kg	1.0541
น้ำเสีย	54,862.5	kg	0.0036

6) ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และจัดเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ



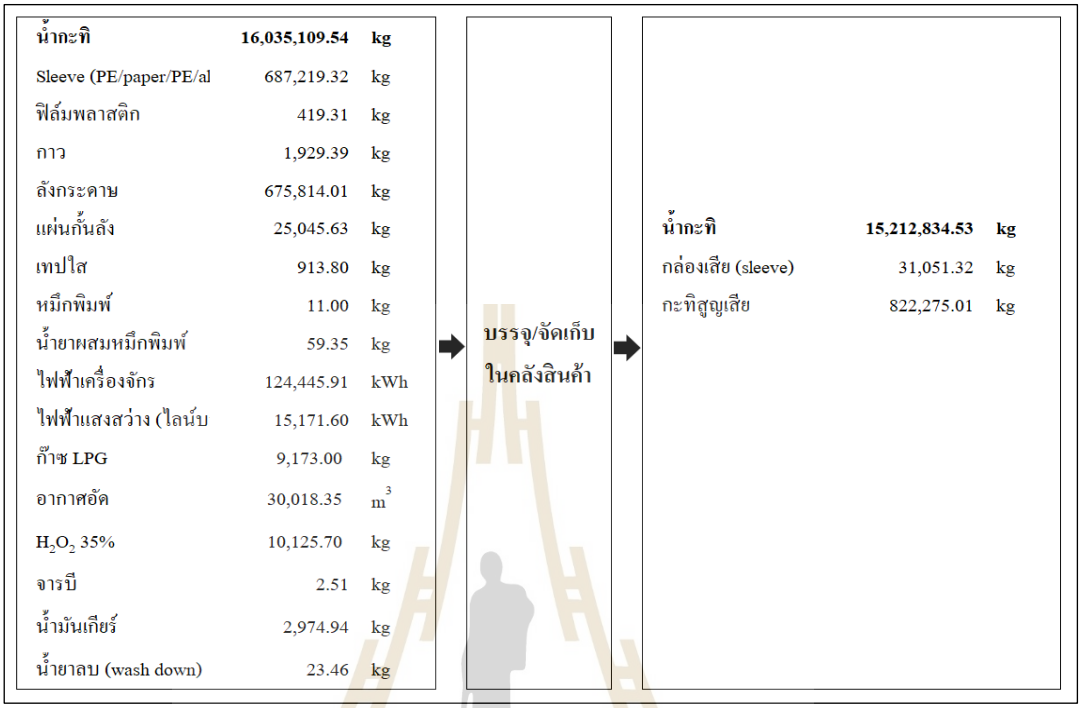
รูปที่ 4.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และจัดเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ

ตารางที่ 4.6 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการพาสเจอไรส์และผสมต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**ปริมาณ/FU**
น้ำกะทิ	16,035,109.54	kg	1.0541
Steam*	14,202,003.46	kg	0.9336
บัญชีรายการสารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำกะทิ	16,035,109.54	kg	1.0541
น้ำ Condensate	14,202,003.46	kg	0.9336

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7) ขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้า



รูปที่ 4.8 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้า

ตารางที่ 4.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้าต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

บัญชีรายการสารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำกะทิ	16,035,109.54	kg	1.0541
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	687,219.32	kg	0.0452
ฟิล์มพลาสติก	419.31	kg	0
กาว	1,929.39	kg	0.0001
ลังกระดาษ	675,814.01	kg	0.0444
แผ่นกั้นลัง	25,045.63	kg	0.0016
เทปใส	913.8	kg	0.0001
หมึกพิมพ์	11	kg	0

ตารางที่ 4.7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้าต่อกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (ต่อ)

บัญชีรายการสารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/FU
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	59.35	kg	0
ไฟฟ้า	139,617.51	kWh	0.0092
ก๊าซ LPG	9,173.00	kg	0.0006
อากาศอัด	30,018.35	m^3	0.002
H_2O_2 35%	10,125.70	kg	0.0007
จารบี	2.51	kg	0
น้ำมันเกียร์	2,974.94	kg	0.0002
น้ำยาลบ (wash down)	23.46	kg	0
น้ำกะทิ	15,212,834.53	kg	1
กล่องเสีย (sleeve)	31,051.32	kg	0.002
กะทิสูญเสีย	822,275.01	kg	0.0541

4.1.2 สรุปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที

ตารางที่ 4.8 สรุปบัญชีรายการสารขาเข้า การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)

ที่	รายการ	หน่วย	ปริมาณรวม	ปริมาณ/FU
1	Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	687,219	0.0452
2	Sodium hypochlorite (ล้างมะพร้าวขาว)	กิโลกรัม	10,849	0.0007
3	เทปใส	กิโลกรัม	914	0.0001
4	แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	25,046	0.0016
5	กาว	กิโลกรัม	1,929	0.0001
6	น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	59	0
7	ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	419	0
8	มะพร้าวขาว (Supplier)	กิโลกรัม	8,749,792	0.5752
9	มะพร้าวลูก (ปอกเปลือกแล้ว)	กิโลกรัม	9,400,097	0.6179

ตารางที่ 4.8 สรุปบัญชีรายการสารขาเข้า การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ) (ต่อ)

ที่	รายการ	หน่วย	ปริมาณรวม	ปริมาณ/FU
10	ลังกระดาษ	กิโลกรัม	675,814	0.0444
11	หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	11	0
12	อิมัลซิไฟเออร์	กิโลกรัม	18,885	0.0012
13	น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	8,794,269	0.5781

ตารางที่ 4.9 สรุปบัญชีรายการสานขาเข้า การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม (การผลิต)

ที่	รายการ	หน่วย	ปริมาณรวม	ปริมาณ/FU
1	H2O2 35%	กิโลกรัม	10,126	0.0007
2	Steam	กิโลกรัม	14,202,003	0.9336
3	โซดาไฟ (CIP)	กิโลกรัม	38,283	0.0025
4	ไฟฟ้าเครื่องจักร	Kwh	1,399,084	0.092
5	กรดไนตริก (CIP)	กิโลกรัม	16,579	0.0011
6	ก๊าซ LPG	กิโลกรัม	9,173	0.0006
7	คลอรีน	กิโลกรัม	4,953	0.0003
8	จารบี	กิโลกรัม	7	0
9	น้ำเย็น	กิโลกรัม	259,875,131	17.0826
10	น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	25,627,264	1.6846
11	น้ำดิบ	กิโลกรัม	15,501,044	1.0189
12	น้ำมันเกียร์	กิโลกรัม	2,975	0.0002
13	น้ำมันไฮโดรลิก SHELL TELLUS 46	กิโลกรัม	940	0.0001
14	น้ำยาลบ (wash down)	กิโลกรัม	23	0
15	ผงซักฟอก (ทำความสะอาดพื้น)	กิโลกรัม	414	0
16	สบู่เหลว (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	302	0
17	สารทำความเย็น	กิโลกรัม	154	0
18	อากาศอัด	m3	30,018	0.002

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 สรุปบัญชีรายการสารขาออก การผลิตกะทิยูเอชที ปริมาณ 1 กิโลกรัม

ที่	รายการ	หน่วย	ปริมาณรวม	ปริมาณ/FU
1	ใยมะพร้าว	กิโลกรัม	276,642	0.0182
2	กะลามะพร้าว	กิโลกรัม	2,253,924	0.1482
3	กากมะพร้าว	กิโลกรัม	3,229,534	0.2123
4	จาวมะพร้าว	กิโลกรัม	93,101	0.0061
5	น้ำเสีย	กิโลกรัม	41,199,391	2.7082
6	กะทิสูญเสีย	กิโลกรัม	822,275	0.0541
7	น้ำ Condensate	กิโลกรัม	14,202,003	0.9336
8	น้ำมะพร้าว	กิโลกรัม	2,614,800	0.1719
9	ผิวมะพร้าว (ผิวทิว)	กิโลกรัม	443,337	0.0291
10	มะพร้าวขาวตกเกรด	กิโลกรัม	745,212	0.0490
11	มะพร้าวผิวดำตกเกรด	กิโลกรัม	738,023	0.0485
12	มะพร้าวลูกเสีย	กิโลกรัม	533,362	0.0351
13	กล่องเสีย (sleeve)	กิโลกรัม	31,051	0.0020

4.2 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ค่า EF) ที่ใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT สามารถใช้ค่าได้จาก 2 แหล่ง คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฐานข้อมูลสามารถดูข้อมูลได้จากภาคผนวก ก และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตรวจวัด หรือการคำนวณ ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน (1) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ คือ เนื้อมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก (2) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต ได้แก่การผลิตน้ำ (น้ำอ่อน น้ำ RO น้ำดิบ น้ำเย็น) การบำบัดน้ำเสีย ระบบอากาศอัด และไฟฟ้าจากน้ำเสีย

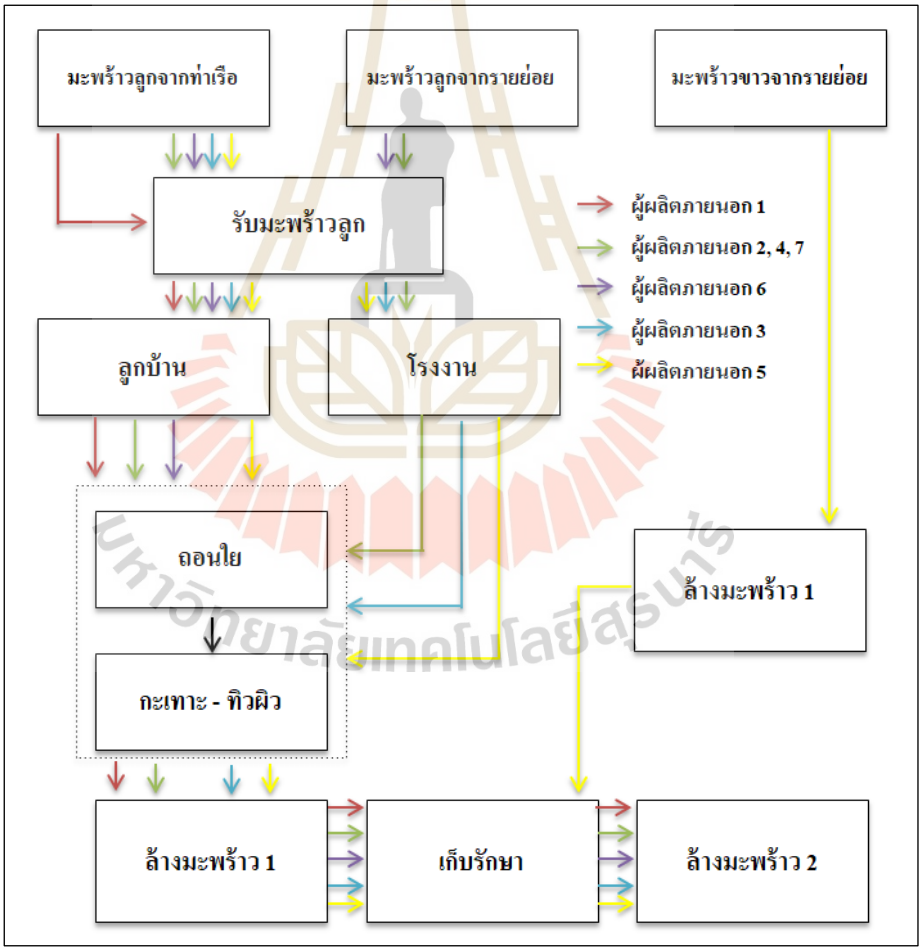
4.2.1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ (เนื้อมะพร้าวขาว)

การประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกของเนื้อมะพร้าวขาว แบ่งการสรุปผลการวิจัยเป็น 4 ส่วน คือ (1) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (2) การประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก การได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร (3) การประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (4) สรุปค่า

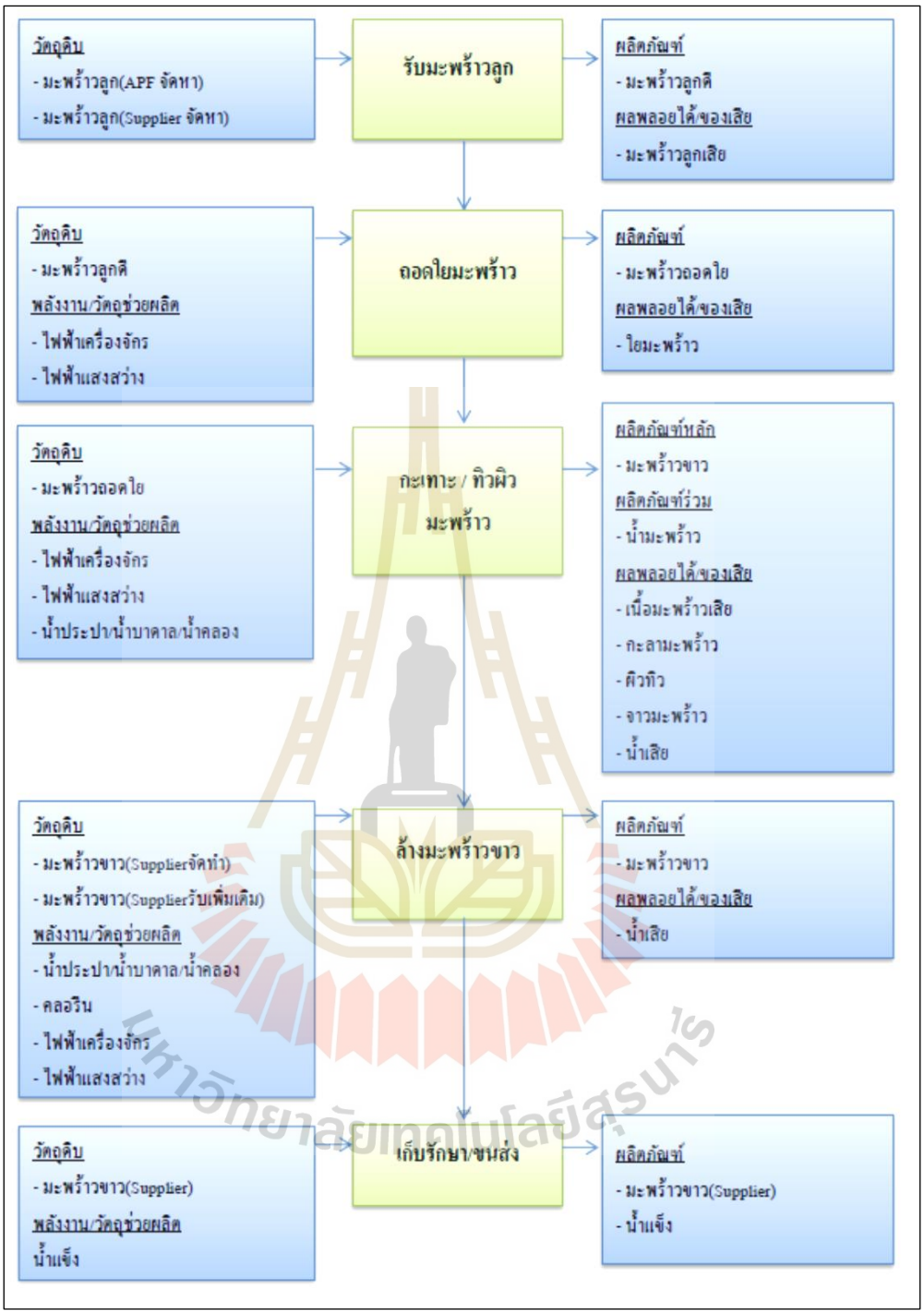
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตกะทิยูเอชทีในหัวข้องานวิจัยในลำดับต่อไป

1) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรและพลังงาน

โดยเก็บข้อมูลจากผู้ผลิตภายนอกจำนวน 7 แหล่ง และจัดทำขั้นตอนกระบวนการผลิตมะพร้าวขาวได้ดังแสดงดังรูปที่ 4.9 รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิตเนื้อมะพร้าวดังรูปที่ 4.10 เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบ โดยสามารถสรุปเป็นบัญชีรายการสารขาเข้า และบัญชีรายการสารขาออกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 กระบวนการผลิตมะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอกจำนวน 7 แหล่ง



รูปที่ 4.10 Flow Diagram ขั้นตอนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

ตารางที่ 4.11 บัญชีรายการสารขาเข้าของกระบวนการผลิตเนื่อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง)

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณ						
		ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
วัตถุดิบ								
มะพร้าวลูกจากท่าเรือ	กิโลกรัม	2.7564	2.0771	2.7564	2.7461	2	2.0056	2.0097
มะพร้าวลูกจากรายย่อย	กิโลกรัม	-	0.6156	-	0.2746	-	0.1588	0.1546
มะพร้าวขาวจากรายย่อย	กิโลกรัม	-	-	-	-	0.3077	-	-
ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
น้ำบาดาล	กิโลกรัม	-	10.967	-	-	13.1538	9.1601	5.7973
น้ำคลอง	กิโลกรัม	22.9688	-	-	13.4364	-	-	-
น้ำประปา	กิโลกรัม	1.6071	2.4925	7.3946	0.8006	-	-	-
น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	9.1072	14.1242	3.6045	4.5366	2.6154	2.6227	2.6281
น้ำแข็ง	กิโลกรัม	0.2472	0.213	922.83	0.0684	0.071	0.0712	0.0713
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.0156	0.0091	0.0042	0.0162	0.0016	0.0008	0.0028
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.001	0.0014	0.0001	0.0016	0.0006	0.0001	0.0001
โซเดียมไฮโปคลอไรด์	กิโลกรัม	0.0178	0.0119	0.0051	0.061	0.0159	0.0082	0.0144

ตารางที่ 4.11 บัญชีรายการสารขาเข้าของกระบวนการผลิตเนื่อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง) (ต่อ)

สารขาออก	หน่วย	ปริมาณ						
		ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
ผลพลอยได้								
มะพร้าวลูกเสีย	กิโลกรัม	0.1838	0.12	0.1838	0.1812	0.15	0.1651	0.1623
กะลามะพร้าว	กิโลกรัม	0.6509	0.6509	0.6509	0.7184	0.3567	0.2778	0.2791
ใยมะพร้าว	กิโลกรัม	0.0268	0.0268	0.0268	0.0296	0.185	0.002	0.002
จาวมะพร้าว	กิโลกรัม	0.0054	0.0054	0.0054	0.0059	0.0185	0.0116	0.0108
ผลิตภัณฑ์ร่วม								
น้ำมะพร้าว	กิโลกรัม	0.8333	0.8333	0.8333	0.9198	0.4846	0.6006	0.6
เนื้อมะพร้าวตกเกรด	กิโลกรัม	0.0268	0.0268	0.0268	0.0325	0.0208	0.05	0.0501
ผิวดำ	กิโลกรัม	0.0295	0.0295	0.0295	0.0296	0.0925	0.06	0.06

ตารางที่ 4.11 บัญชีรายการสารขาเข้าของกระบวนการผลิตเนื่อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง) (ต่อ)

สารขาออก	หน่วย	ปริมาณ						
		ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
ของเสีย								
น้ำเสีย	กิโลกรัม	33.948	27.8085	11.1021	18.903	14.6346	11.8621	8.5112
ผลิตภัณฑ์								
มะพร้าวลูกดี	กิโลกรัม	2.5727	2.5727	2.5726	2.8395	1.85	2.002	2.002
เนื้อมะพร้าวขาว	กิโลกรัม	1	1	1	1	1	1	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก 7 แหล่ง)

สารขาเข้า	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก						
		ผู้ผลิต ภายนอก 1	ผู้ผลิต ภายนอก 2	ผู้ผลิต ภายนอก 3	ผู้ผลิต ภายนอก 4	ผู้ผลิต ภายนอก 5	ผู้ผลิต ภายนอก 6	ผู้ผลิต ภายนอก 7
<u>วัตถุดิบ</u>								
มะพร้าวลูกจากท่าเรือ / รายย่อย	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.6563	0.6563	0.6563	0.6563	0.6563	0.6563	0.6563
มะพร้าวขาวจากรายย่อย	$kgCO_2eq$/หน่วย	-	-	-	-	1.7845	-	-
<u>ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต</u>								
น้ำบาดาล	$kgCO_2eq$/หน่วย	-	0.0001	-	-	0.0002	0.0001	0.0002
น้ำคลอง	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.0001	-	-	0.0001	-	-	-
น้ำประปา	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	-	-	-
น้ำซอฟท์	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
น้ำแข็ง	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
ไฟฟ้าเครื่องจักร / แสงสว่าง (ขั้นตอนการล้างที่ผู้ผลิตภายนอก)	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.6093	0.6093	0.6093	0.6093	0.6093	0.6093	0.6093
ไฟฟ้าเครื่องจักร / แสงสว่าง (ขั้นตอนการล้างที่อำพลฟูดส์)	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.5748	0.5748	0.5748	0.5748	0.5748	0.5748	0.5748
โซเดียมไฮโปคลอไรด์	$kgCO_2eq$/หน่วย	0.8712	0.8712	0.8712	0.8712	0.8712	0.8712	0.8712

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 ค่าการปันส่วนตามน้ำหนักรายการสารขาออกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก)

สารขาออก	การปันส่วนตามน้ำหนัก (%)						
	ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
มะพร้าวลูกดี	93.33	95.54	93.33	94	92.5	92.5	92.5
มะพร้าวลูกเสีย	6.67	4.46	6.67	6	7.5	7.5	7.5
เนื้อมะพร้าวขาว	39.28	39.28	39.28	39.28	41.58	50	50
น้ำมะพร้าว	32.73	32.73	32.73	32.73	29.11	30.03	30
กะลามะพร้าว	25.57	25.57	25.57	25.57	21.4	13.89	13.95
ผิวดำ	1.16	1.16	1.16	1.05	5.56	3	3
เนื้อมะพร้าวตกเกรด	1.05	1.05	1.05	1.16	1.25	2.5	2.51
จาว	0.21	0.21	0.21	0.21	1.11	0.58	0.54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) การประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1กก.

จากตารางที่ 4.10 บัญชีรายการสารขาเข้าในส่วนของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวนั้น พบว่า มะพร้าวลูกเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับกระบวนการผลิตของผู้ผลิตภายนอกทั้ง 7 แหล่ง สูงสุดเป็นอันดับหนึ่งในสัดส่วนร้อยละ 91.54 รองลงมาคือมะพร้าวลูกที่ได้มาจากรายย่อยมีค่าร้อยละ 6.74 และอันดับสุดท้าย คือมะพร้าวขาวจากรายย่อย ดังนั้นปริมาณมะพร้าวลูกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว อย่างไรก็ดีในกรณีที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในเวลาเดียวกัน มีการใช้วัตถุดิบและพลังงานร่วมกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะอาศัยหลักการปันส่วนตามน้ำหนักของรายการวัตถุดิบ พลังงาน และของเสียที่เกิดขึ้น โดยสัดส่วนเนื้อมะพร้าวขาวที่ได้จากกระบวนการผลิตไม่ได้แปรผันตรงกับปริมาณวัตถุดิบ แต่เป็นสัดส่วนของเนื้อมะพร้าวขาวที่สามารถผลิตได้ กับปริมาณวัตถุดิบที่นำมาสำหรับแปรรูป ซึ่งค่าการปันส่วนนี้จะเป็นค่าที่ใช้ในการประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อที่ให้ทราบถึงปริมาณการใช้จริงของทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตในกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว ดังแสดงดังตารางที่ 4.13 ดังนั้นการประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวของผู้ผลิตภายนอกทั้งหมด 7 แหล่ง ได้ใช้ข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมตามตารางที่ 4.10 และ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตารางที่ 4.12 และค่าการปันส่วนตามตารางที่ 4.13 โดยสรุปผลการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการผลิตเนื้อมะพร้าวขาวของผู้ผลิตภายนอกทั้งหมด 7 แหล่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.14 สรุปค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อยแก๊สเรือนกระจก ($kgCo_2eq/kg$)						
	ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.6632	0.6632	0.6632	0.732	0.716	0.657	0.6569
การผลิต	0.0517	0.2012	0.0228	0.2781	0.379	0.1494	0.1025
การกระจายสินค้า	0.001	0.0009	0.0004	0.0003	0.0005	0.0003	0.0003
การใช้งาน	0.0129	0.02	0.0052	0.0065	0.0065	0.0037	0.0037
รวม	0.7288	0.8853	0.6916	1.0169	1.102	0.8104	0.7634

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) การประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.15 สรุปค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง วัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อยแก๊สเรือนกระจก ($kgCo_2eq/kg$)						
	ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.016	0.0166	0.016	0.0218	0.023	0.0293	0.0294
การผลิต	0.0038	0.0029	0.0031	0.0024	0.0019	0.0036	0.0077
การกระจายสินค้า	0.0066	0.0084	0.0063	0.008	0.0258	0.0253	0.0253
การใช้งาน	0	0	0	0	0	0	0
รวม	0.0264	0.0279	0.0254	0.0322	0.0507	0.0582	0.0624

4) สรุปผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

จากการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และการประเมินการประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรและการประเมินการประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ขนส่ง วัตถุดิบพลังงาน ทรัพยากร สามารถสรุปผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม ได้ดังตารางที่ 4.16 4.17 และรูปที่ 4.11 จากผลดังกล่าว พบว่าเนื้อมะพร้าวขาวน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.8974 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม มะพร้าวขาว ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นตัวแทนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมะพร้าวขาวเพื่อนำไปใช้คำนวณในกระบวนการผลิตกะทิต่อไป และจากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว พบว่า ผู้ผลิตภายนอก 5 มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเป็นอับดับหนึ่งเท่ากับ 1.0491 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม รองลงมาคือผู้ผลิตภายนอก 4 มีค่า 1.0169 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม และผู้ผลิต 2 6 7 1 และ 3

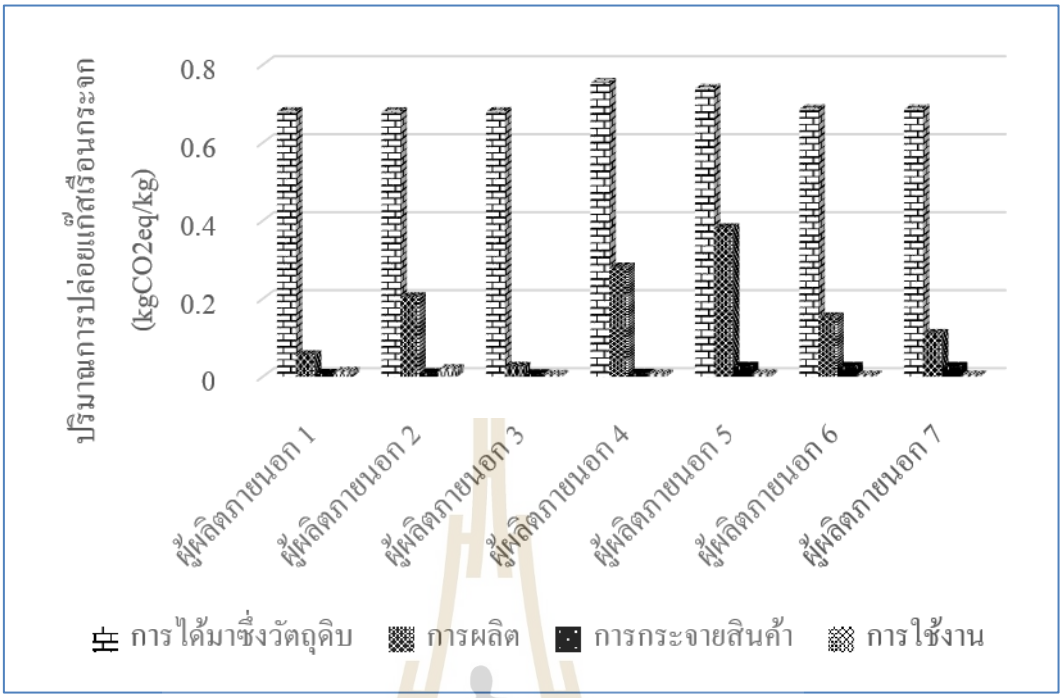
ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาและการใช้ประโยชน์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าช่วงวัฏจักรชีวิตของการขนส่ง

ตารางที่ 4.16 สรุปค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม (สรุปตามช่วงวัฏจักรชีวิต)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อยแก๊สเรือนกระจก ($kgCo_2eq/kg$)						
	ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.6792	0.6789	0.6792	0.7538	0.739	0.6863	0.6863
การผลิต	0.0555	0.2041	0.0259	0.2805	0.3809	0.153	0.1102
การกระจายสินค้า	0.0076	0.0093	0.0067	0.0083	0.0263	0.0256	0.0256
การใช้งาน	0.0129	0.02	0.0052	0.0065	0.0065	0.0037	0.0037
รวม	0.7552	0.9132	0.717	1.0491	1.1527	0.8686	0.8258

ตารางที่ 4.17 สรุปค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (kgCo2eq/kg)						
	ผู้ผลิตภายนอก 1	ผู้ผลิตภายนอก 2	ผู้ผลิตภายนอก 3	ผู้ผลิตภายนอก 4	ผู้ผลิตภายนอก 5	ผู้ผลิตภายนอก 6	ผู้ผลิตภายนอก 7
การได้มาและการใช้ประโยชน์	0.7288	0.8853	0.6916	1.0169	1.102	0.8104	0.7634
การขนส่ง	0.0264	0.0279	0.0254	0.0322	0.0507	0.0582	0.0624
รวม	0.7552	0.9132	0.717	1.0491	1.1527	0.8686	0.8258



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

4.2.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต

1) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการสนับสนุนการผลิต

จากการเก็บข้อมูลกระบวนการสนับสนุนการผลิตซึ่งประกอบไปด้วย ระบบผลิตน้ำอ่อน ระบบผลิตน้ำ RO ระบบผลิตน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำเย็น ระบบผลิตอากาศอัด ระบบบำบัดน้ำเสีย และการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบน้ำเสีย โดยสามารถสรุปการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมได้ดังตารางที่ 4.18 ถึง 4.24

ตารางที่ 4.18 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำอ่อน

การผลิตน้ำอ่อน	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
ไฟฟ้า	kWh	1,040,614.40	1.7728
น้ำบาดาล	m^3	600,849.00	1.0236
NaCl	kg	345,000.00	0.5877
สารขาออก			
Soft waterที่ผลิตได้	m^3	587,003.07	1.0000
น้ำเสีย	m^3	13,845.93	0.0236

ตารางที่ 4.19 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำ RO

การผลิตน้ำ RO	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
น้ำ soft	m^3	29,552.00	1.3392
ไฟฟ้า	kWh	93,184.00	4.2228
กรดมะนาว (citric acid monohydrate)	Kg	60.00	0.0001
สารขาออก			
RO water	m^3	22,067.00	1.0000
น้ำ Brine	m^3	7,485.00	0.3392

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.20 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำดิบ

การผลิตน้ำดิบ	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
น้ำที่ผ่านการบำบัด	m^3	69,836.00	1.3020
NaOCl ความเข้มข้น10%	kg	28,200.00	0.5258
Poly Aluminium Chloride (PAC)	kg	5,250.00	0.0979
Polymer	kg	175.00	0.0033
ไฟฟ้า	kWh	218,048.00	4.0653
สารขาออก			
น้ำดิบ (น้ำประปา)	m^3	53,636.00	1.0000
น้ำเสีย	m^3	16,200.00	0.3020

ตารางที่ 4.21 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตน้ำเย็น

การผลิตน้ำเย็น	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
ไฟฟ้า	kWh	2,057,613.89	2.3618
น้ำอ่อน	m^3	6,539.74	0.0075
น้ำCirculate	m^3	864,660.26	0.9925
สารขาออก			
น้ำเย็นที่ผลิตได้	m^3	871,200.00	1.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตอากาศอัด

การผลิตอากาศอัด	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
อากาศ	m^3	6,753,309.20	1.0000
ไฟฟ้า	kWh	852,550.00	0.1262
น้ำมันหล่อลื่น	kg	178.88	0.0000
สารขาออก			
อากาศอัด	m^3	6,753,309.20	1.0000
หมายเหตุ			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย	kWh/m^3	0.13	

ตารางที่ 4.23 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตไอน้ำ

การผลิตน้ำไอน้ำ	**ค่า LCI**		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**ปริมาณ/ FU**
สารขาเข้า			
น้ำ RO	m^3	15,298.80	0.0003
น้ำอ่อน	m^3	4,691.04	0.0001
น้ำ Condensate	m^3	29,622.29	0.0006
น้ำมันดีเซล (รถ JCB ตักกะลา)	ลิตร	12,170.00	0.0003
กะลามะพร้าว	kg	5,901,598.92	0.1293
ใยมะพร้าว	kg	724,350.46	0.0159
น้ำมันเตา	kg	1,044,742.00	0.0229
ไฟฟ้าในการผลิตใยมะพร้าว	kWh	108,992.89	0.0024
ไฟฟ้า	kWh	378,268.96	0.0083
สารขาออก			
ไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งปี	kg	45,642,681.53	1.0000
น้ำ Blowdown	m^3	3,969.45	0.0001

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.24 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย	**ค่า LCI**	
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**
สารขาเข้า		
น้ำเสีย	m^3	432,623.00
ไฟฟ้า	kWh	411,138.00
สารขาออก		
น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด	m^3	432,623.00
ไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก biogas	kWh	1,307,100.00
สารในระบบ		
ปริมาณ Biogas	m^3	730,436.00
COD 5,000 mg/l		
รวม , kgCO2e		

2) สรุปการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต

จากข้อมูลบัญชีรายการได้ทำการคำนวณเปรียบเทียบค่า EF ใน 2 กรณีที่เกิดจากผลกระทบของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เปลี่ยนไปในกรณีไม่ใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และกรณีที่ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการผลิตไฟฟ้าเพื่อช่วยทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า สามารถสรุปผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิตได้ดังตารางที่ 4.25 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นตัวแทนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการคำนวณในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.25 สรุปค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต

รายการ	หน่วย	กรณีใช้ไฟฟ้าจาก PEA	กรณีใช้ไฟฟ้าจาก BIOGAS
ไฟฟ้า	kWh	0.6093	0.5748
น้ำเสีย	กิโลกรัม	0.0256	
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.1047	0.1017
น้ำเย็น	กิโลกรัม	0.0014	0.0014
อากาศอัด	m^3	0.0769	0.0726
น้ำดิบ	กิโลกรัม	0.0107	0.0028
น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	0.0018	0.0011

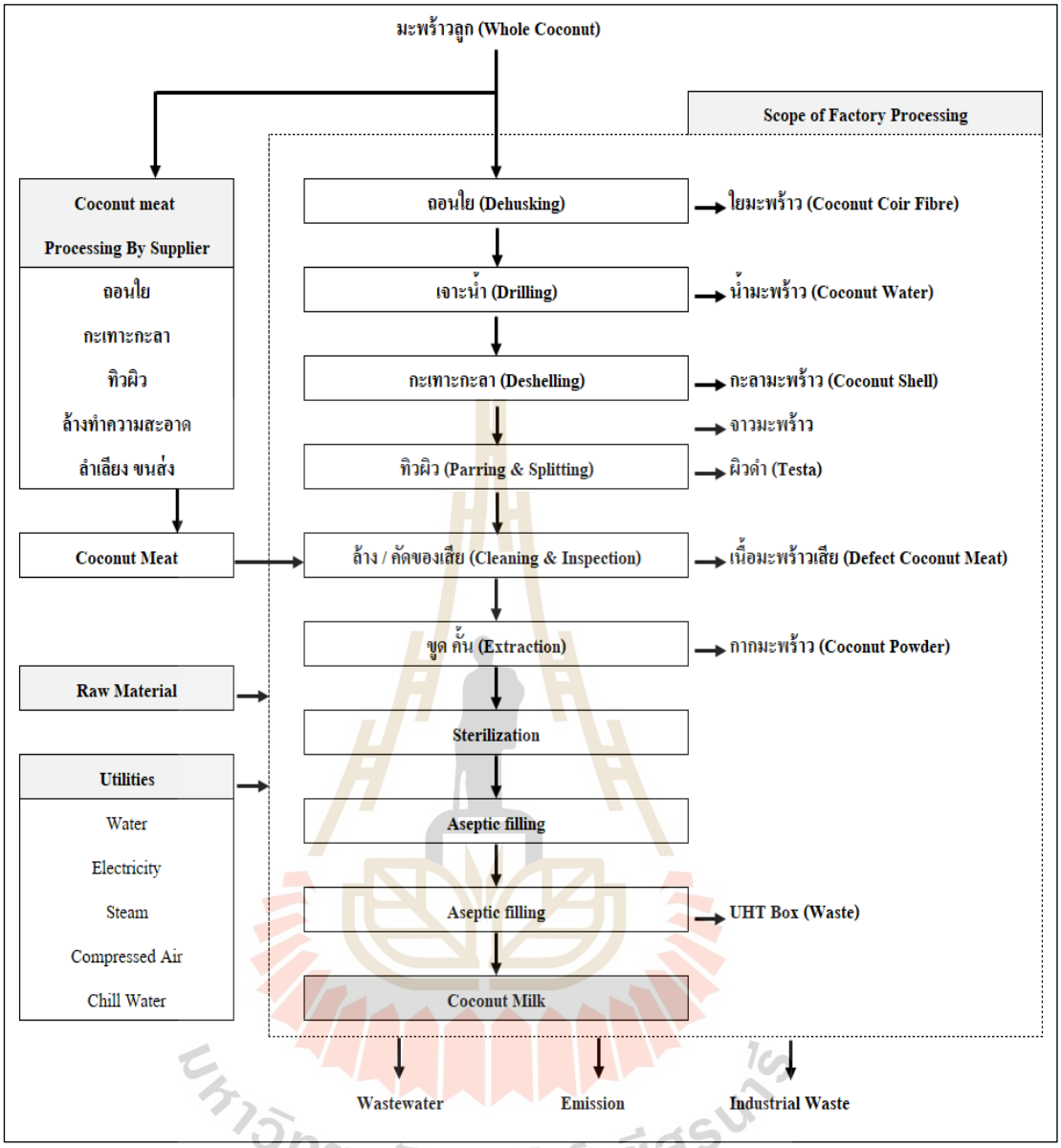
4.3 ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูปยูเอชที

4.3.1 สรุปการประเมินการเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปยูเอชที 1 กิโลกรัม (กรณีฐาน Baseline Processing)

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Processing) คือ กระบวนการแปรรูปมะพร้าวเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT โดยคิดการใช้วัตถุดิบและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์หลักทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 4.12

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (Baseline Processing) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม (กรณีฐาน Baseline Processing) แสดงในตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.13

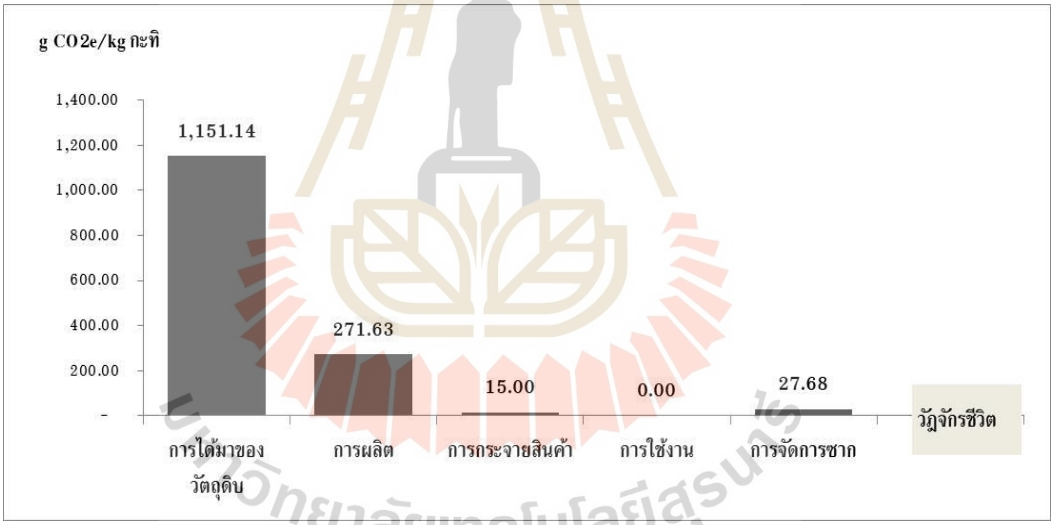
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.12 แผนผังกระบวนการผลิตของ Baseline Process

ตารางที่ 4.26 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$ eq./kg)		
	การได้มา และใช้ประโยชน์	การขนส่ง	ผลรวม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	1.0728	0.0783	1.1511
การผลิต	0.2717	0.0000	0.2717
การกระจายสินค้า	-	0.0145	0.0145
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	0.0274	0.0002	0.0276
รวม	1.3719	0.0930	1.4649



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ (Baseline Process)

จากตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.13 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,465 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,151 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.55 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 270 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์

เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 18.54 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 28 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 1.89 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.02 ตามลำดับ

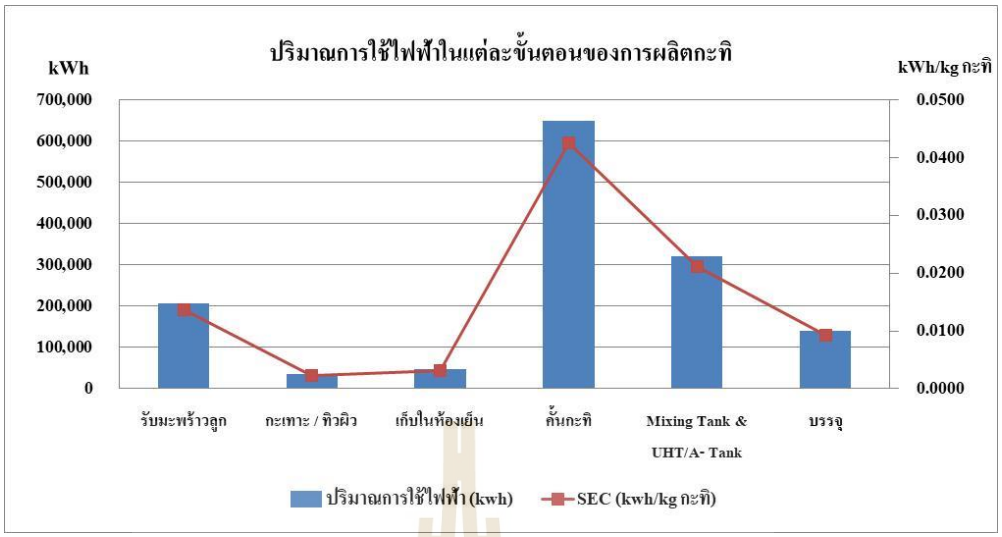
4.3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในผลิตภัรฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม สามารถสรุปผลแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต เป็นการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต ไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้าสนับสนุนภายในพื้นที่การผลิต ส่วนที่สอง คือ การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตทรัพยากรและระบบสนับสนุน (ระบบ Utilities) ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม ได้แก่ น้ำเสีย ไอน้ำ น้ำเย็น อากาศอัด น้ำดิบ โดยสามารถสรุปการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม ได้ดังตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.27 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT

ขั้นตอน	ปริมาณการไฟฟ้า kWh	SEC ไฟฟ้า kWh / kg กะทิ
1. รับมะพร้าวลูก	206,995	0.0136
2. กะเทาะ / ทิวผิว	34,387	0.0023
3. เก็บในห้องเย็น	47,130	0.0031
4. คั้นกะทิ	649,095	0.0427
5. Mixing Tank 6. UHT/A- Tank	321,859	0.0212
7. บรรจุ	139,618	0.0092
รวม	1,399,084	0.092

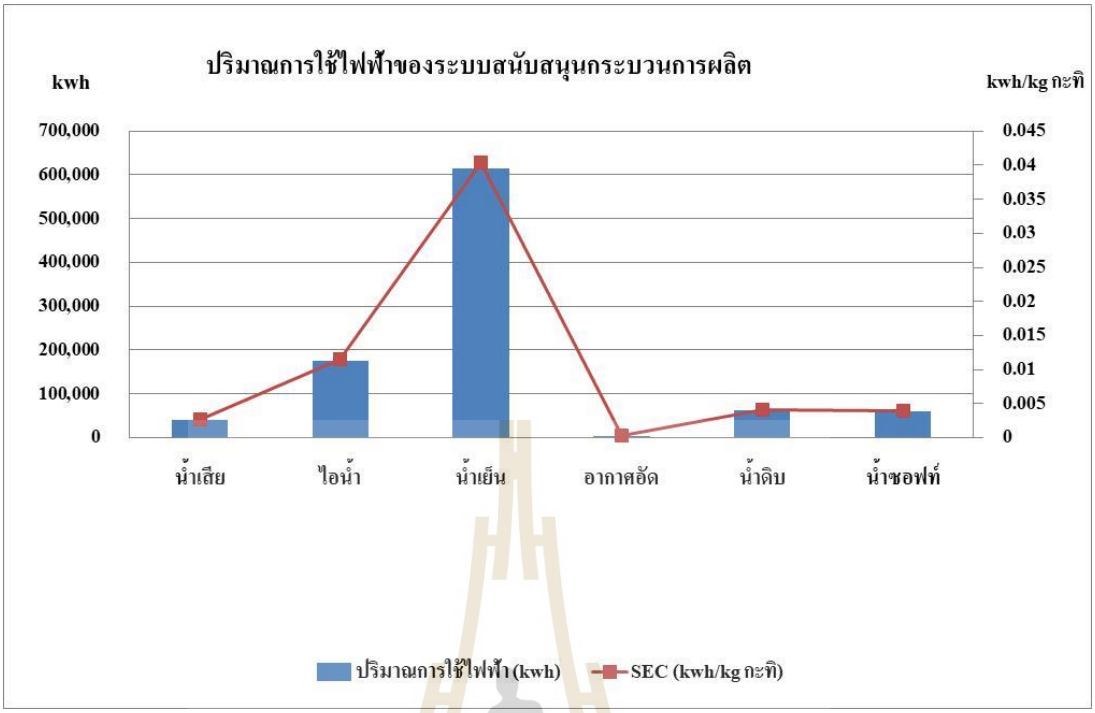
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิ

ตารางที่ 4.28 ตารางสรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนกระบวนการผลิตกะทิ UHT

ระบบสนับสนุน	หน่วย	ปริมาณ	SEC Utility		ปริมาณการใช้ไฟแต่ละระบบ (kWh)	SEC ,kWh/ kg กะทิ
น้ำเสีย	กิโลกรัม	42,021,666	0.001	kWh/kg	39,935	0.0026
ไอน้ำ	กิโลกรัม	14,202,003	0.0123	kWh/kg	174,304	0.0115
น้ำเย็น	กิโลกรัม	259,875,131	0.0024	kWh/kg	613,777	0.0403
อากาศอัด	m3	30,018	0.1262	kWh/m3	3,790	0.0002
น้ำดิบ	กิโลกรัม	15,501,044	0.0041	kWh/kg	63,017	0.0041
น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	34,421,533	0.0018	kWh/kg	61,021	0.004
รวม					955,843	0.0628



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกะทิ

ตารางที่ 4.29 สรุปการใช้ไฟฟ้าในการผลิตกะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม

แหล่งใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม (kWh)	SEC ,kWh/kg กะทิ
กระบวนการผลิต	1,399,084	0.0920
ระบบสนับสนุน	955,843	0.0628
รวม	2,354,927	0.1548

ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.1548 กิโลวัตต์ ชั่วโมง โดยมีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 0.0920 กิโลวัตต์ ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 59 ใช้ไฟฟ้าในระบบสนับสนุน 0.0628 กิโลวัตต์ ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 41

4.4 ผลการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product Allocation Scenario

กระบวนการนำผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตเดียวกันในช่วงเวลาเดียวกันมาทำการเพิ่มมูลค่า หรือนำมาแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยกระบวนการเหล่านี้จะส่งผลให้ค่า

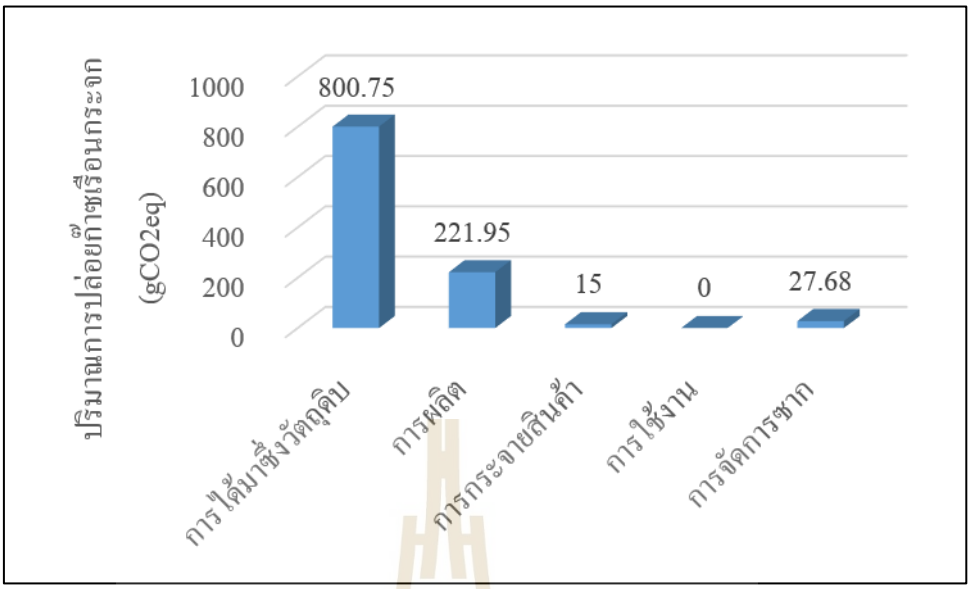
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ของผลิตภัณฑ์หลักมีค่าที่ลดลง เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการปันส่วนค่าของทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตให้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมกับการผลิตผลิตภัณฑ์หลัก

โดยแบ่งกรณีศึกษาการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) และการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

4.4.1 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1)

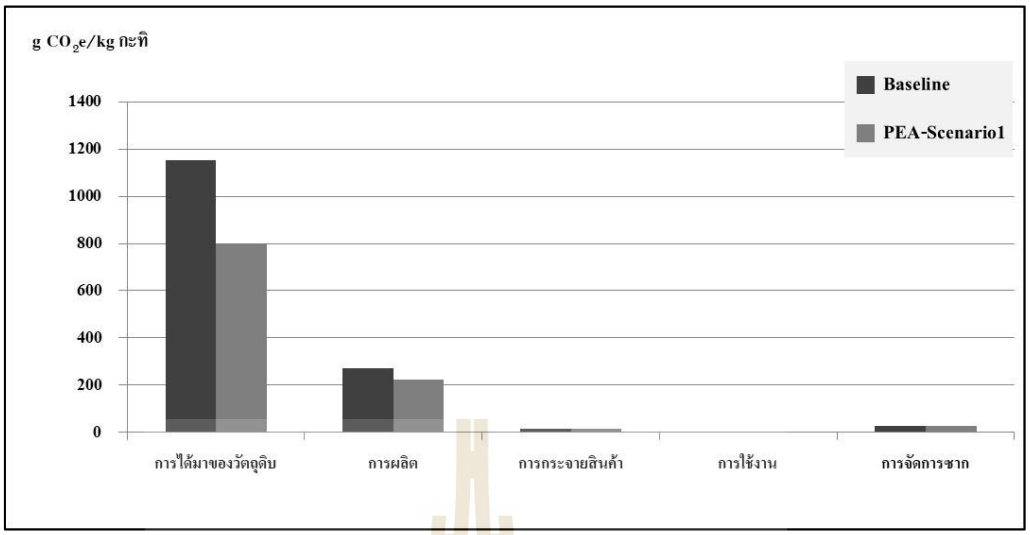
ตารางที่ 4.30 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (Co-Product: Model 1)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	752.34	48.40	800.75
การผลิต	221.93	0.02	221.95
การกระจายสินค้า	-	15.00	15.00
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.40	0.28	27.68
รวม	1,001.67	63.70	1,065.38



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Co-Product: Model 1)

จากตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.16 พบว่าผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,065.38 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 800.75 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75.16 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 221.95 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 20.83 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 28 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 2.6 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.4 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product : Model 1) ลดลงร้อยละ 27 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (Co-Product: Model 1) เทียบกับ Baseline Scenario

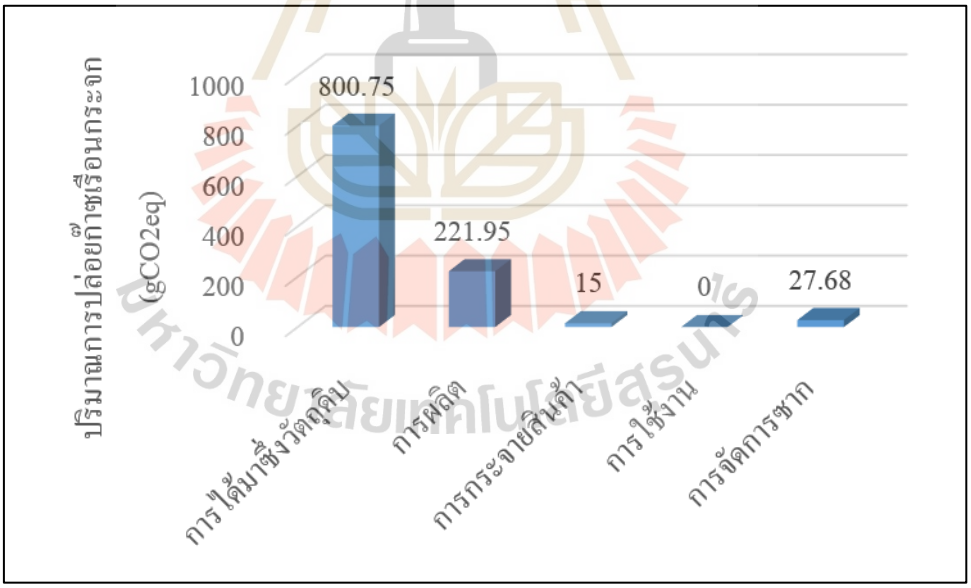
4.4.2 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ทิวผิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) แสดงในตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.18

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.31 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (CoProduct: Model 2)

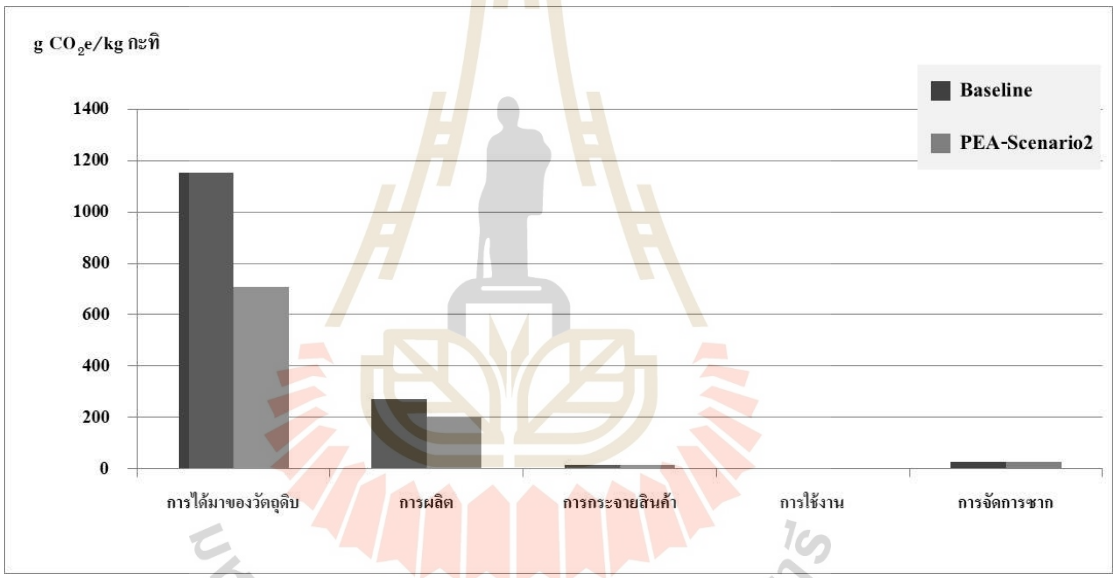
ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	668.40	37.80	706.20
การผลิต	201.57	0.02	201.59
การกระจายสินค้า	-	15.00	15.00
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.40	0.28	27.68
รวม	897.37	53.10	950.47



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (Co-Product: Model 2)

จากตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.18 พบว่าผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 950.47 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 706.20 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.30 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 201.59 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 21.21 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.68 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 2.91 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็น ร้อยละ 1.58 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product : Model 1) ลดลงร้อยละ 35 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.19



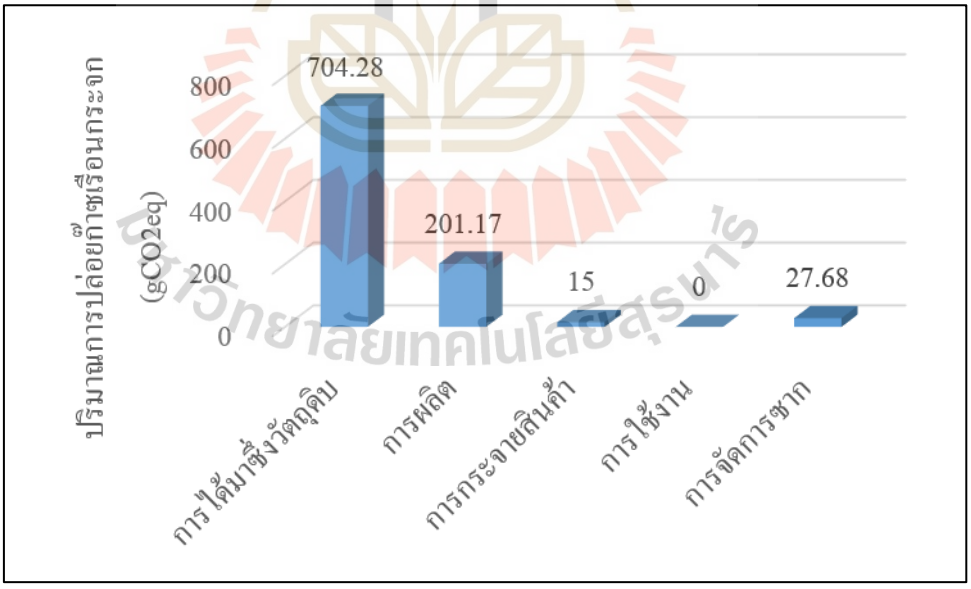
รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (CoProduct: Model 2) เทียบกับ Baseline Scenario)

4.4.3 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม(เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3) แสดงในตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.20

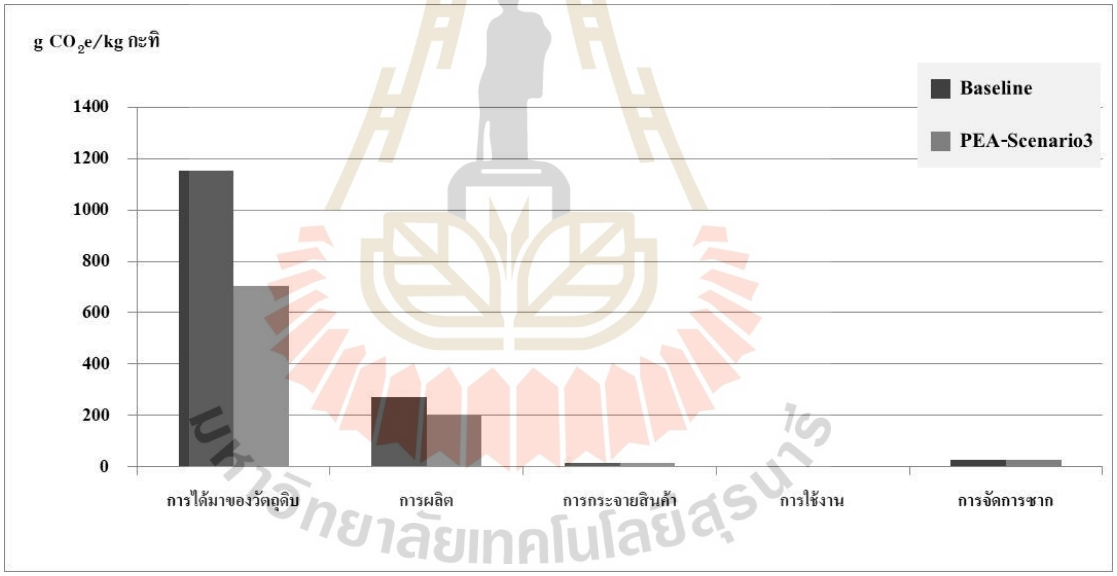
ตารางที่ 4.32 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (Co-Product: Model 3)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	666.7	37.58	704.28
การผลิต	201.15	0.02	201.17
การกระจายสินค้า	-	15	15
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.4	0.28	27.68
รวม	895.25	52.88	948.13



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิยูเอชที (Co-Product: Model 3)

จากตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.20 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 948.13 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 704.28 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเท่ากับร้อยละ 74.28 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 201.17 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 21.22 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.68 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือเท่ากับร้อยละ 2.92 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเท่ากับร้อยละ 1.58 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product : Model 1) ลดลงร้อยละ 35 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Co-Product : Model 3) เทียบกับ Baseline Scenario

4.5 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีมีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario

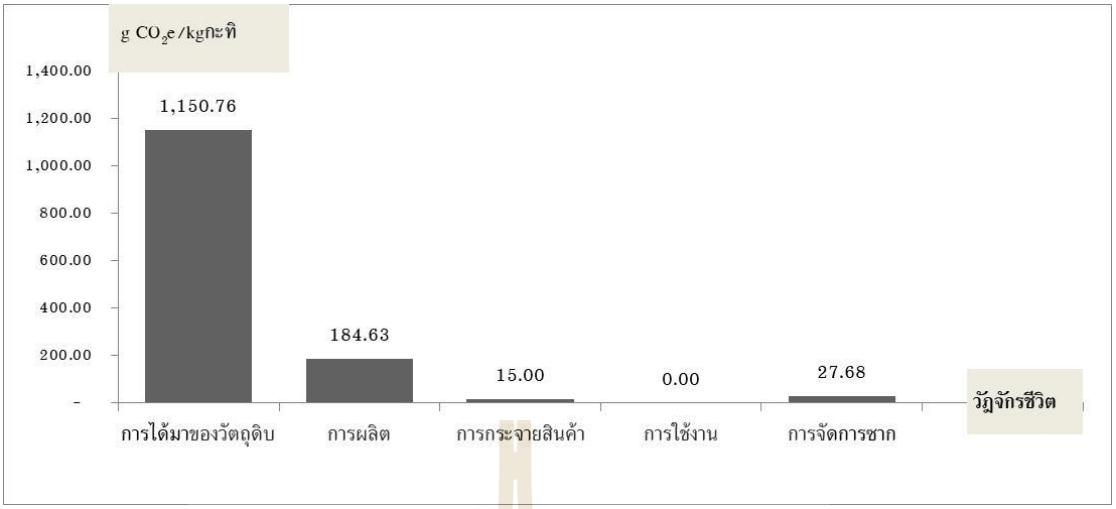
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีมีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีมีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.33 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas)

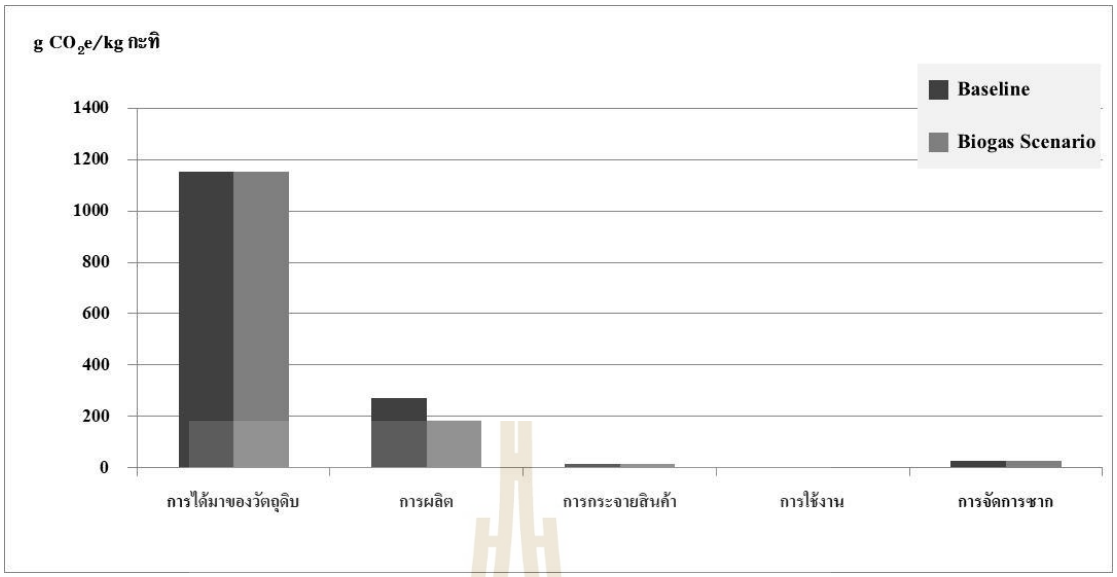
ช่วงวัฏจักรชีวิต	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (gCO_2 eq./kg)		
	การได้มา และใช้ประโยชน์	การขนส่ง	ผลรวม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	1.0725	0.0783	1,150.8
การผลิต	0.1845	0.0000	184.5
การกระจายสินค้า	-	0.0145	14.5
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	0.0274	0.0002	27.6
รวม	1.2844	0.0930	1,377.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

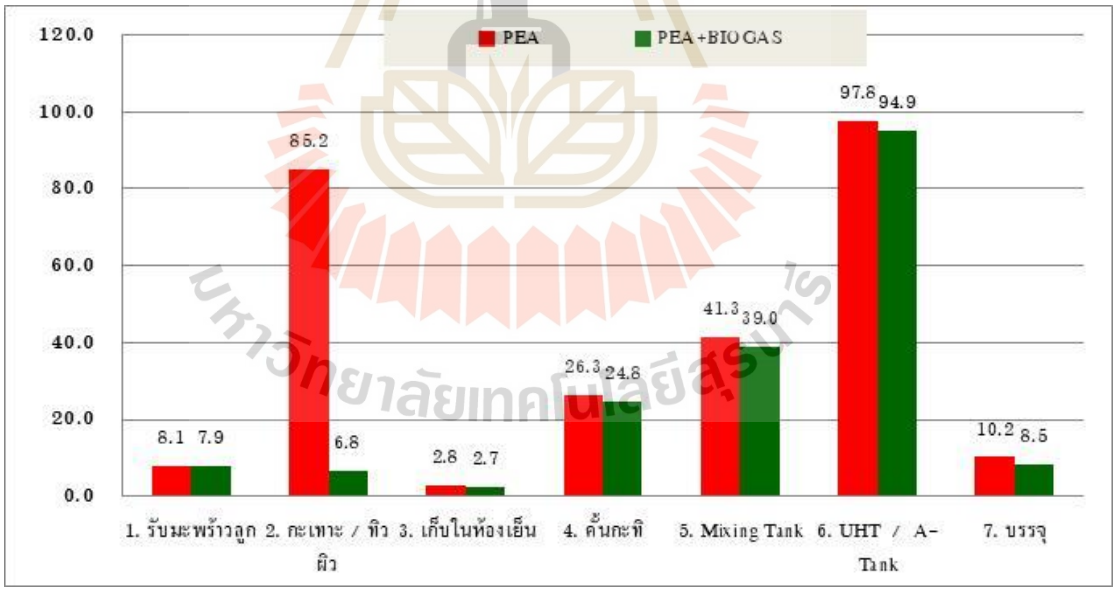


รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas)

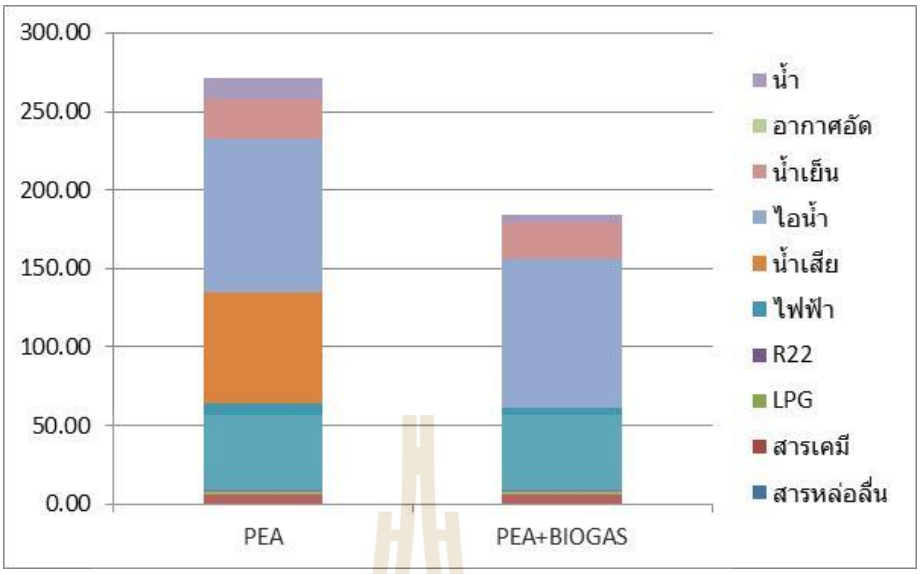
จากตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.22 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,377.4 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,150.8 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 83.51 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 184.5 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 13.40 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.60 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 2.01 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 14.5 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.09 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas) ลดลงร้อยละ 5.97 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.23 และจากการนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งผลโดยตรงต่อค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตที่ลดลงถึงร้อยละ32



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas) เทียบกับ Baseline Scenario



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ากับพลังงานไฟฟ้าร่วมกับไบโอแก๊ส



รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานไฟฟ้าร่วมกับไบโอแก๊ส

4.6 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product and Biogas Utilization Scenario

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม โดยพิจารณาการปันส่วนตามน้ำหนัก และนำก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาการใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

แบ่งกรณีศึกษาการพัฒนาผลิตกะทิร่วมกับผลิตภัณฑ์ร่วมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) และการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

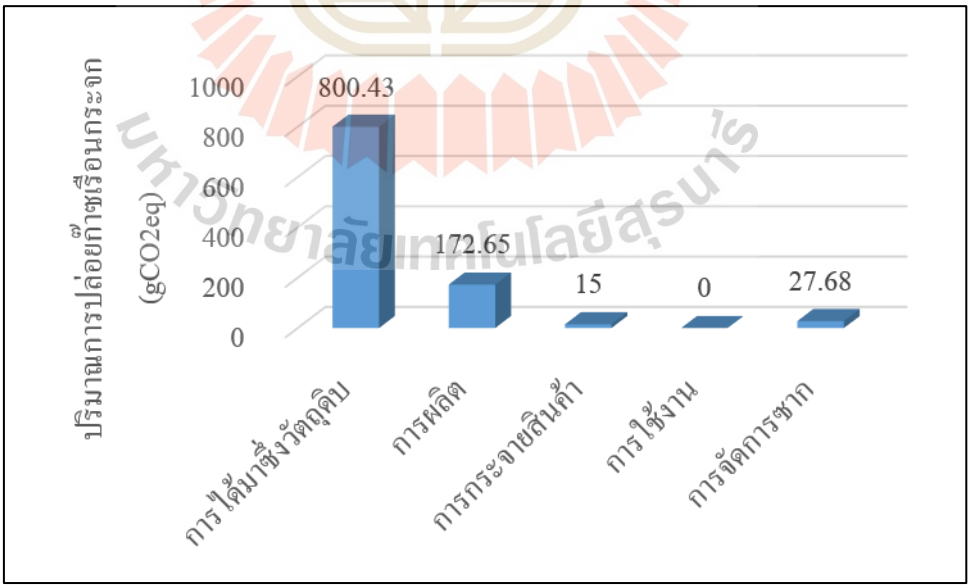
4.6.1 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Biogas : Model 1) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการ

พัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก : Model 1) แสดงในตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.26

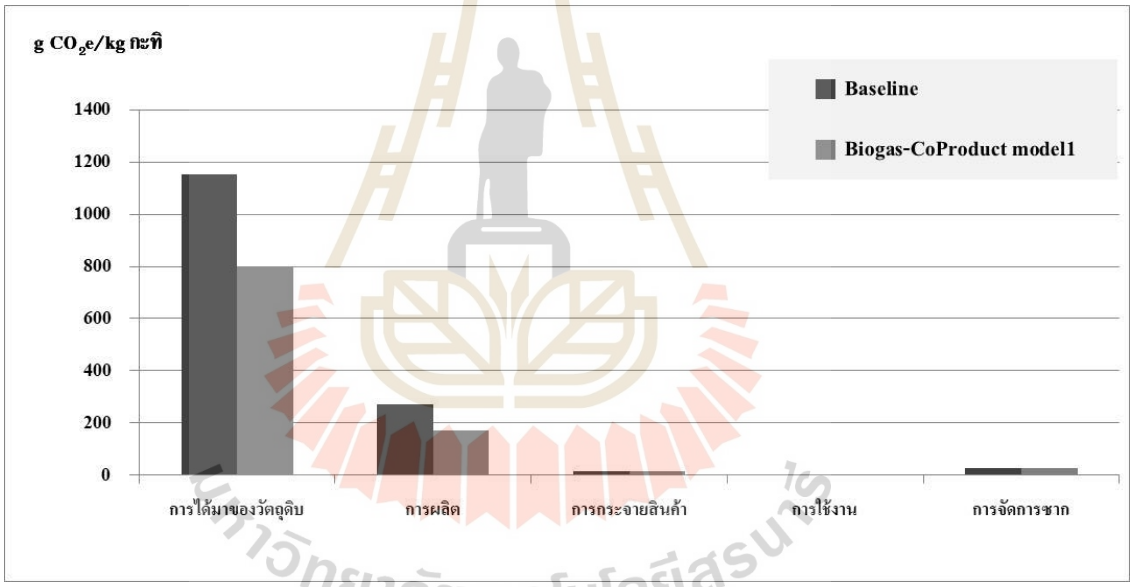
ตารางที่ 4.34 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 1)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	752.03	48.40	800.43
การผลิต	172.63	0.02	172.65
การกระจายสินค้า	-	15.00	15.00
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.40	0.28	27.68
รวม	952.06	63.70	1,015.76



รูปที่ 4-26 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 1)

จากตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.26 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 1,015.76 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 800.43 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.80 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 172.65 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 17.00 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.68 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 2.73 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.48 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 1) ลดลงร้อยละ 31 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.27



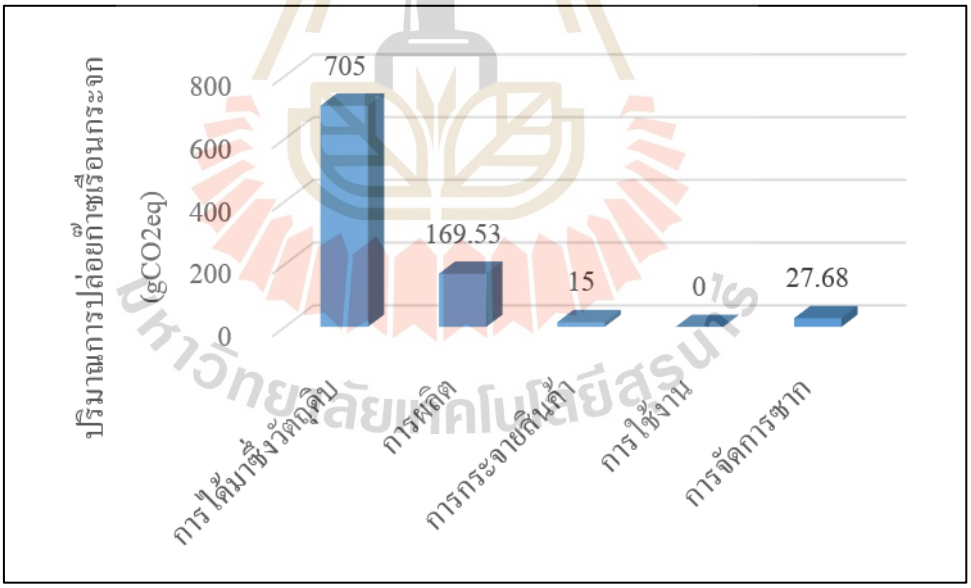
รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 1) เทียบกับ Baseline Scenario

4.6.2 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Biogas : Model 2) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว : Model 2) แสดงในตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.35 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 2)

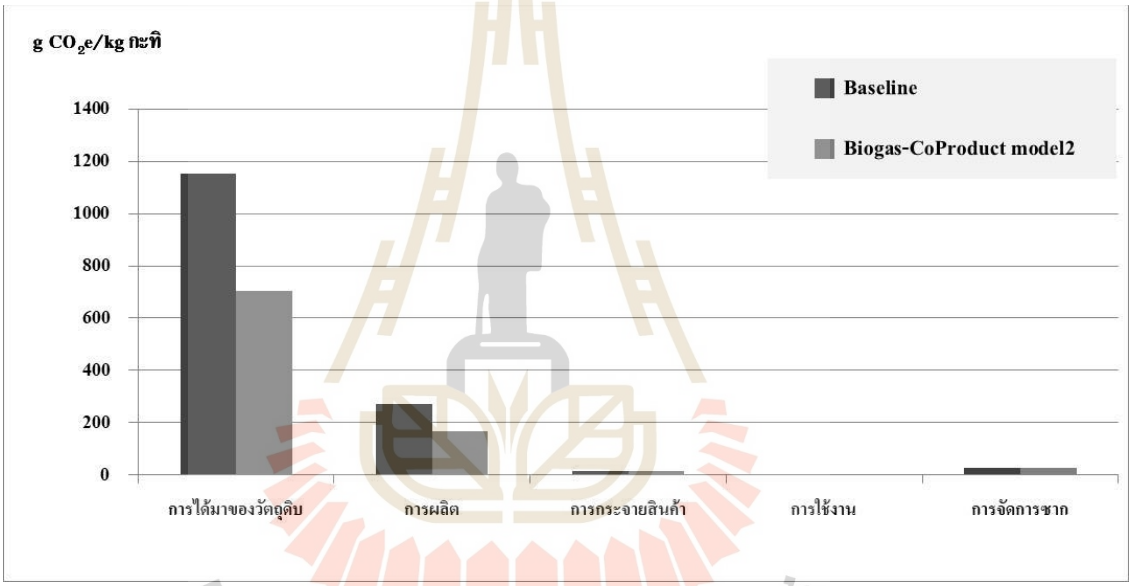
ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	668.08	37.80	705.88
การผลิต	169.51	0.02	169.53
การกระจายสินค้า	-	15.00	15.00
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.40	0.28	27.68
รวม	864.99	53.10	918.09



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 2)

จากตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.28 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 918.09 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 705.88 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.89 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 169.53 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 18.47 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.68 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 3.02 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.63 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 2) ลดลงร้อยละ 37 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.29



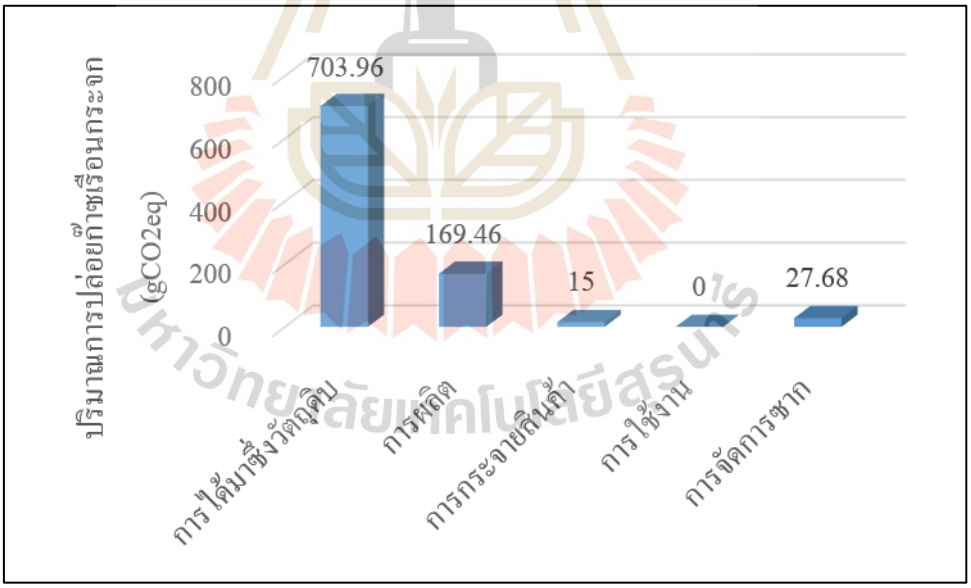
รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 2) เทียบกับ Baseline Scenario

4.6.3 การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม(เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Biogas : Model) สามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ค ซึ่งได้สรุปการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว : Model 3) แสดงในตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.30

ตารางที่ 4.36 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 3)

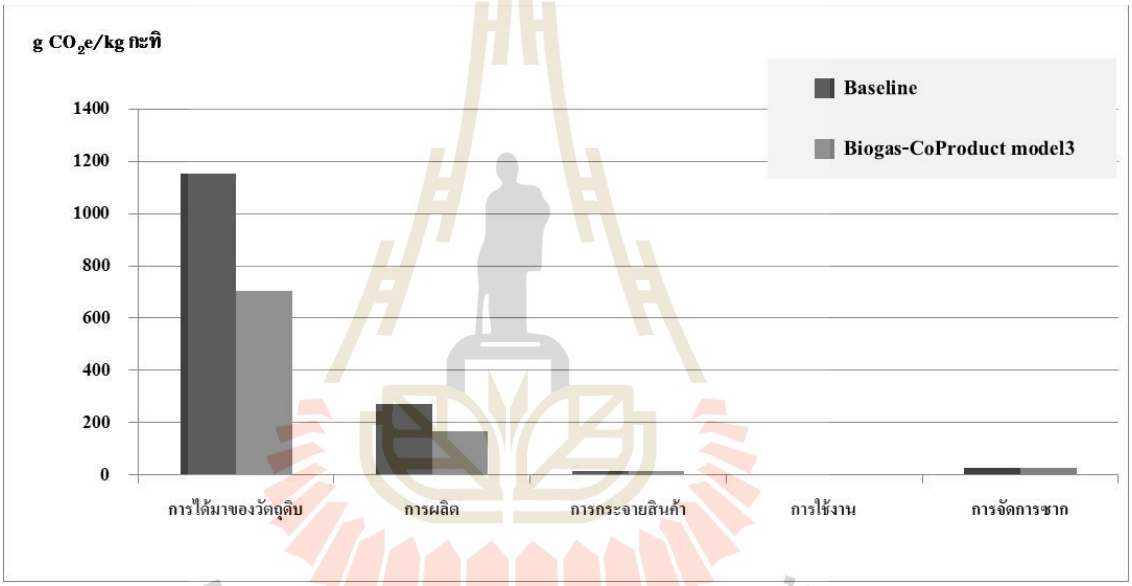
ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม(gCO2 eq.)
การได้มาของวัตถุดิบ	666.38	37.58	703.96
การผลิต	169.45	0.02	169.46
การกระจายสินค้า	-	15.00	15.00
การใช้งาน	-	-	-
การจัดการซาก	27.40	0.28	27.68
รวม	863.23	52.88	916.10



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 3)

จากตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.30 พบว่า ผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป UHT 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 916.10 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 703.96 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.84 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตมีค่า 169.46 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 18.50 ต่อมาคือ การกำจัดซากมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 27.68 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 3.02 และการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 15 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.64 ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 3) ลดลงร้อยละ 37 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน Baseline Scenario โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.31



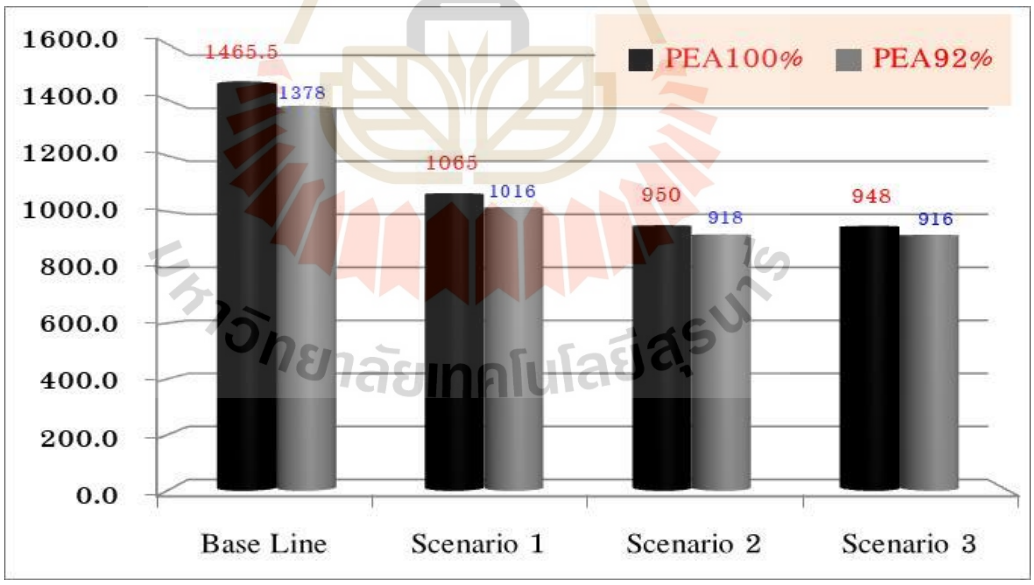
รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (Biogas : Model 3) เทียบกับ Baseline Scenario

4.7 สรุปการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิยูเอชที พบว่า

ตารางที่ 4.37 สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ CO_2 Reduction (เทียบกับ Baseline)

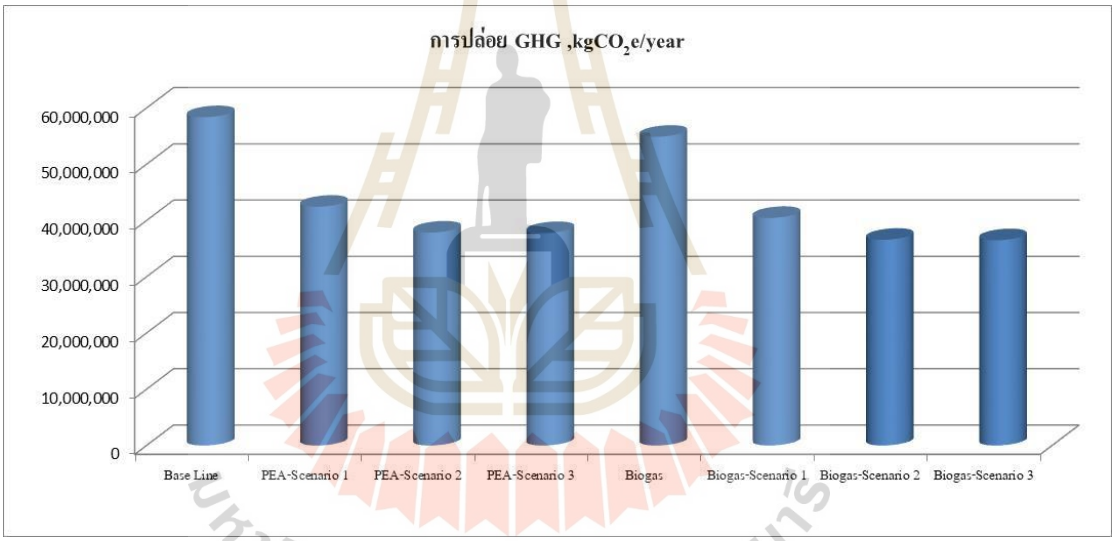
หัวข้อ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		CO_2 Reduction (เทียบกับ Baseline)	
	gCO_2eq/kg Coconut milk	$kgCo_2eq.year$	$kgCo_2eq.year$	ร้อยละ
Baseline	1465.5	58374930		
Co-Product 1	1065.38	42437048	15937882	27.30%
Co-Product 2	950.46	37859626	20515304	35.10%
Co-Product 3	948.13	37766587	20608343	35.30%
Biogas	1378.07	54892381	3482549	6%
Biogas-Co-Product 1	1015.76	40460476	17914454	30.70%
Biogas-Co-Product 2	918.09	36569876	21805054	37.40%
Biogas-Co-Product 3	916.1	36490923	21884007	37.50%



รูปที่ 4.32 สรุปเปรียบเทียบปริมาณ PEA 100% กับ PEA 92%

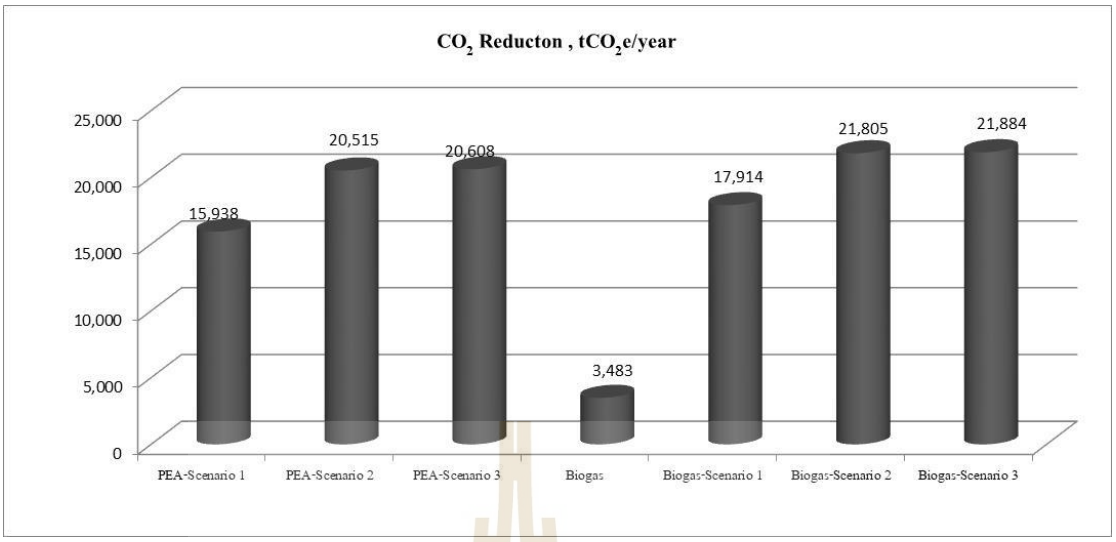
ตารางที่ 4.38 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ PEA 100% กับ PEA 92%

CF กะทิ 1 kg		ใช้ EF - PEA	ใช้ EF - PEA+Biogas
		PEA 100%	Biogas (8%)
		g CO_2 - eq	g CO_2 - eq
Base Line	ไม่ใช้ Co Product - ภาระ 100%	1,466	1,378
Scenario 1	ใช้ Co Product กลุ่ม ผิว เนื้อ กาก	1,065	1,016
Scenario 2	ใช้ Co Product กลุ่ม ผิว เนื้อ กาก , น้ำมะพร้าว	950	918
Scenario 3	ใช้ Co Product กลุ่ม ผิว เนื้อ กาก , น้ำมะพร้าว , จาว	948	916



รูปที่ 4.33 สรุปปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.34 สรุปการปล่อย CO_2 Reduction

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลของการศึกษาการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และแนวทางการลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิยูเอชที 1 กิโลกรัม ที่ผู้วิจัยได้ทำศึกษาตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ที่แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 1 บทที่ 3 และบทที่ 4 สามารถสรุปผลของการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 สรุปผลการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม กะทิยูเอชที

สำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมนั้น ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกตามกระบวนการผลิต ที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนของการรับมะพร้าวลูก เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการตรวจคุณภาพของมะพร้าว เพื่อทำการคัดแยกลูกมะพร้าวที่เสียออกจากมะพร้าวลูกดีก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนที่ 2)

2) ขั้นตอนของการกะเทาะ/ทิวผิว คือ ขั้นตอนในการแยกเอาเนื้อมะพร้าวออกจากกะลามะพร้าว และปอกผิวสีดำออกจากเนื้อมะพร้าว เพื่อให้เหลือไว้เฉพาะเนื้อมะพร้าวที่มีสีขาวเท่านั้นจึงจะสามารถนำเข้าสู่กระบวนการต่อไปได้

3) ขั้นตอนของการจัดเก็บเนื้อมะพร้าวที่ได้จากขั้นตอนที่ 2) ไว้ในห้องเย็น เพื่อการรักษาคุณภาพของเนื้อมะพร้าวที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกะทิให้คงคุณภาพที่เหมาะสำหรับการคั้นกะทิในขั้นตอนที่ 4)

4) ขั้นตอนของการคั้นกะทิ โดยในขั้นตอนนี้ต้องเริ่มจากการบดเนื้อมะพร้าวที่ได้จากห้องเย็นในขั้นตอนที่ 3) ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปคั้น และเข้าเครื่องกรองเพื่อแยกกากและน้ำกะทิออกจากกัน

5) ขั้นตอนของการพาสเจอร์ไรส์และการผสมน้ำกะทิ สำหรับในขั้นตอนที่ 5) นี้เป็นขั้นตอนของการฆ่าเชื้อพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำกะทิและการทำการปรับแต่งคุณภาพของน้ำกะทิด้วยการนำน้ำกะทิที่ได้จากขั้นตอนที่ 4) ไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิที่ 70 – 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที จากนั้นนำน้ำกะทิได้ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วไปลดอุณหภูมิให้น้ำกะทิมีอุณหภูมิไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปเก็บไว้ใน Mixing tank

6) ขั้นตอนของการฆ่าเชื้อและการจัดเก็บในถังเก็บผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ เป็นขั้นตอนของการนำเอาน้ำกะทิจากขั้นตอนที่ 5) มาทำการฆ่าเชื้อต่างๆ ที่จะก่อให้เกิดโรค โดยการนำน้ำกะทิผ่านความร้องที่อุณหภูมิมากกว่า 139 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วินาที ในเครื่อง UHT จากนั้นจึงนำไปลดอุณหภูมิให้เหลือไม่เกิด 35 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำกะทิปราศจากซึ่งจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเน่าเสียตลอดอายุของกะทิ จึงสามารถนำไปจัดเก็บใน Aseptic tank

7) ขั้นตอนของการบรรจุและการจัดเก็บในคลังสินค้า เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต คือการนำกะทิจาก Aseptic tank มาบรรจุเป็นกะทิกล่อง พร้อมรอการส่งจำหน่าย

ซึ่งในทุกขั้นตอนของการผลิตกะทิ ผู้วิจัยได้จัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าของวัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนั้นๆ รวมทั้งการทำบัญชีรายการสารขาออก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนั้นๆ ซึ่งในทุกๆ รายการ ผู้วิจัยได้ระบุถึงปริมาณของสารต่างๆ ต่อหน่วยการผลิต

5.1.2 สรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาก 2 แหล่ง คือ จากฐานข้อมูลที่ผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก และจากวิธีการคำนวณตามสมการ

1. สรุปผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบ (เนื้อมะพร้าวขาว)

พบว่า เนื้อมะพร้าวขาวน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ยที่ 0.8974 กิโลกรัมคาร์บอนไดอ๊อกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมมะพร้าวขาว ซึ่งค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร จากแหล่งผลิตทั้ง 7 แหล่ง ที่ผู้วิจัยนำมาเป็นกรณีศึกษานั้น พบว่า แหล่งผลิตที่ 5 (ร้อยละ 18.37) มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งผลิตทั้งหมดที่ผู้วิจัยนำมาเป็นกรณีศึกษา และเมื่อพิจารณาจากช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตนั้น พบว่า วัฏจักรของการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมาสูงที่สุด คือ ร้อยละ 64.97 เมื่อเทียบกับทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของการผลิต และสำหรับช่วงวัฏจักรชีวิตของการขนส่ง วัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม พบว่า แหล่งผลิตที่ 7 (ร้อยละ 20.68) มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งทั้งหมดที่ผู้วิจัยนำมาเป็นกรณีศึกษา และเมื่อพิจารณาจากช่วงวัฏจักรชีวิตของการขนส่ง วัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม นั้น พบว่า วัฏจักรของการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมาสูงที่สุด คือ ร้อยละ 47.11 เมื่อเทียบกับทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของการขนส่ง วัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากร ของเนื้อมะพร้าวขาว 1 กิโลกรัม

ดังนั้นผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการผลิตกะทิ มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรื่อนกระจกสูงสุดจากวัฏจักรของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

2. สรุปผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิต

จากที่ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรก ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิตมีค่าการปลดปล่อยสูงที่สุด (ร้อยละ 73.37) มาจากไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกระบวนการสนับสนุนการผลิต และในกรณีที่สอง ใช้ไฟฟ้าจากไบโอแก๊ส ผลจากการศึกษา พบว่า การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิตมีค่าการปลดปล่อยสูงที่สุด (ร้อยละ 76.19) ซึ่งมาจากไฟฟ้า

ดังนั้นผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกระบวนการสนับสนุนการผลิตกะทิ มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรื่อนกระจกสูงสุดจากการใช้ไฟฟ้า

5.1.3 สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูปยูเอสที

1. สรุปผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป ยูเอสที 1 กิโลกรัม

โดยพบว่า การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดนั้นอยู่ที่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูปยูเอสที 1 กิโลกรัม ทั้งในกรณีของการได้มา และใช้ประโยชน์ (ร้อยละ 78.20) และการขนส่ง (ร้อยละ 84.19) ตามลำดับ

2. สรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป ยูเอสที

โดยพบว่า ในขั้นตอนการคั้นกะทิของกระบวนการผลิตมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (ร้อยละ 46.43) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกขั้นตอนในกระบวนการผลิตเดียวกัน และขั้นตอนการทำน้ำเย็นในระบบสนับสนุนกระบวนการผลิตมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (ร้อยละ 64.17) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกขั้นตอนในระบบสนับสนุนกระบวนการผลิต

5.1.4 สรุปผลการศึกษาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product Allocation Scenario

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณี โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สรุปผลค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก: Model 1)

โดยพบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 75.11 และร้อยละ 75.98 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สลดลง ร้อยละ 3.09 และ ร้อยละ 8.21 ตามลำดับ

2. สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว: Model 2)

โดยพบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 74.48 และร้อยละ 71.19 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สลดลง ร้อยละ 3.72 และร้อยละ 13 ตามลำดับ

3. สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว: Model 3)

โดยพบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 74.47 และร้อยละ 71.06 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สลดลง ร้อยละ 3.73 และร้อยละ 13.13 ตามลำดับ

5.1.5 สรุปผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีมีการนำแก๊สชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า Biogas Utilization Scenario

ผลจากการศึกษา พบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 83.50 และร้อยละ 84.19 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.3 สำหรับ

กรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ส่วนในกรณีของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรนั้น พบว่า ร้อยละของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีค่าคงที่

5.1.6 สรุปผลการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม Co-Product and Biogas Utilization Scenario

โดยการสรุปผลในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

1. **สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว และกาก: Model 1)**

ผลจากการศึกษา พบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 78.99 และร้อยละ 75.98 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สลดลง ร้อยละ 0.79 สำหรับกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ส่วนในกรณีของการขนส่งวัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากรนั้น พบว่า ร้อยละของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีค่าลดลง ร้อยละ 8.21

2. **สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก และน้ำมะพร้าว: Model 2)**

ผลจากการศึกษา พบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 77.23 และร้อยละ 71.18 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.96 และร้อยละ 13 ตามลำดับ ทั้งกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบพลังงาน และทรัพยากร และกรณีของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร

3. **สรุปผลการศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อตกเกรด ผิวทิว กาก น้ำมะพร้าว และจาว: Model 3)**

ผลจากการศึกษา พบว่า ในช่วงวัฏจักรชีวิตของการได้มาของวัตถุดิบ มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ ร้อยละ 77.20 และร้อยละ 71.06 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงวัฏจักรอื่นๆ ทั้งในกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับกรณีฐาน Baseline Scenario พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1 และร้อย

ละ 13.12 ตามลำดับ ทั้งกรณีของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และกรณีของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตกะทิ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม และการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ พบว่า

5.2.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการวิจัย

คือ ที่ตั้งของแหล่งผลิตที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนั้น อยู่ห่างกัน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางเก็บข้อมูล

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการทำวิจัยในครั้งนี้ เป็นการเก็บข้อมูลจากกระบวนการต่างๆ ของการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตกะทิจากหลายแหล่งผลิต ซึ่งมีความแตกต่างกันเรื่องของอายุการใช้งาน และสภาพของเครื่องจักรกลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขออนุญาตเสนอว่าในการเก็บข้อมูลครั้งต่อไป ต้องกำหนดเงื่อนไขให้เครื่องจักรกลต่างๆ นั้น มีความเหมือนกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

ธารทิพย์ เศรษฐชาญวิทย์. (2558). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังเพื่อกำหนดนโยบายการจัดการสิ่งแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาพัฒนาสังคมและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 77-78.

รพีพัฒน์ อิงคสิทธิ์. วิกฤตสีฟ้า (1) : ว่าด้วย น้ำ – อาหาร – พลังงาน. ป่าสาละ. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2562 จาก **http://www.salforest.com/blog/water-food-energy-nexus**

วีรฉัตร์ ฉัตรปัญญาเจริญ. (2558). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวนาสวน (*Oryza sativa* L.) และข้าวโพด (*Zea mays* L.) ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำยาว 1 ตอนล่าง อำเภอท่าวังผาจังหวัดน่าน. ดุษฎีนิพนธ์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 5-6.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร. (2558). แนวทางการประเมิน water footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprintในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก

พรเทพ แก้วเชื้อ. (2556). การพัฒนารอยเท้าน้ำ ในประเทศไทย. วิศวสารลาดกระบัง ปีที่ 30 ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2556, 13-18.

Dourte, Daniel & Fraisse, Clyde & Uryasev, Oxana. (2012). Water footprint: A Dynamic, Web-Based Tool for Agricultural System Evaluation and Regional Comparison, Conference: International Annual Meeting American Society of Agronomy/ Crop Science Society of America/ Soil Science Society of America

Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, Water Resource Manage 21: 35–48

Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M. (2011). The Water footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan London.Washington, DC. 31-62.

Zeng, Z., J. Liu and H.H.G. Savenije. 2013. A Simple Approach to Assess Water Scarcity Integrating Water Quantity and Quality. Ecological Indicators. 34(441-449).

ภาคผนวก ก

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีฐาน (Baseline Processing)

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
1	มะพร้าวลูก	0.6563	•							EF TGO (Update_June16): มะพร้าว
2	อิมัลซิไฟเออร์	3.3483							•	CF of Japan (Nonionic Surfactant)
3	Sleeve (PE/paper/PE/ aluminium foil/PE)	1.5829							•	EF Tetra Pak Carton_ สืบหาเมื่อวันที่ 30/07/2559
4	ฟิล์มพลาสติก	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film
5	ลังกระดาษ	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
6	เทปใส	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film รวมกับ Polypropylene
7	แผ่นกั้นลัง	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน
8	กาว	2.6280				•				Product Category Rules (PCRs): กาว (Polyvinyl acetate polymer latex)
9	หมึกพิมพ์	2.5000							•	EF TGO (Update_Sep 13): Ink, ROTO printing color
10	น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	1.1239							•	EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide50%
11	ไฟฟ้า	0.6093				•				EF TGO (Update_June16): Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)
12	น้ำมันไฮดรอลิก	0.8319				•				Product Category Rules (PCRs): น้ำมันไฮดรอลิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
13	จารบี	1.0547							•	EF TGO (Update_September14): จาระบี
14	สบู่เหลว	2.3900							•	EF TGO (Update_September14): Sosping agent
15	ผงซักฟอก	5.8902							•	EF TGO (Update_June16): Sodium tripolyphosphate
16	โซเดียมไฮโปคลอไรด์	0.8712				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hypochlorite
17	สารทำความเย็น R-22	75.7860				•				EF TGO (Update_June16): Chlorodifluoromethane, R22 (สารทำความเย็น, R22)
18	กรดไนตริก (CIP)	0.6504				•				EF TGO (Update_June16): Nitric acid
19	โซดาไฟ (CIP)	1.1148				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hydroxide

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
20	ก๊าซ LPG	3.6021				•				EF TGO (Update_June16): ก๊าซหุงต้ม (LPG)
21	H_2O_2 35%	1.1239				•				EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide 50%
22	จารบี	1.0547				•				EF TGO (Update_September14): จาระบี
23	น้ำมันเกียร์	0.8319				•				EF TGO (Update_June16): Lubricant oil (น้ำมันเกียร์)
24	น้ำยาลบ (wash down)	0.0533						•		VOC Emissions from Wastewater Treatment Plants
25	ไฟฟ้า	0.6093				•				EF TGO (Update_June16): Electricity, grid mix (ไฟฟ้า) และคำนวณจากที่ผลิตได้เอง
26	น้ำเสีย	0.0256	•							จากการคำนวณ
27	ไอน้ำ	0.1047				•				EF TGO (Update_June16): Nitric acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
28	น้ำเย็น	0.0014	•							จากการคำนวณ
29	อากาศอัด	0.0769				•				-
30	น้ำดิบ	0.0107	•							จากการคำนวณ
31	น้ำอ่อน	0.0018	•							จากการคำนวณ
32	เนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก)	0.8974	•							จากการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวกลับ (kgCO2 eq./km)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด16 ตัน	0.0530	0.5863				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน	0.0543	0.4346				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกสูงสุด 7 ตัน	0.1824	0.3324				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะ 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading /0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) (ต่อ)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
เรือบรรทุก container 40 ตัน	0.0107	-				•				EF TGO (Update_June 16): เรือบรรทุก container
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	0.0674	0.4246				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading
รถบรรทุกขยะ 10ล้อ 16 ตัน	0.0472	0.4892				•				EF TGO (Update_June 16): รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-Product Production Process)

ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
1	มะพร้าวลูก	0.6563	•							EF TGO (Update_June16): มะพร้าว
2	อิมัลซิไฟเออร์	3.3483							•	CF of Japan (Nonionic Surfactant)
3	Sleeve (PE/paper/PE/ aluminium foil/PE)	1.5829							•	EF Tetra Pak Carton_ สืบหาเมื่อวันที่ 30/07/2559
4	ฟิล์มพลาสติก	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film
5	ลังกระดาษ	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
6	เทปใส	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film รวมกับ Polypropylene
7	แผ่นกั้นลัง	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน
8	กาว	2.6280				•				Product Category Rules (PCRs): กาว (Polyvinyl acetate polymer latex)
9	หมึกพิมพ์	2.5000							•	EF TGO (Update_Sep 13): Ink, ROTO printing color
10	น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	1.1239							•	EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide50%
11	ไฟฟ้า	0.6093				•				EF TGO (Update_June16): Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)
12	น้ำมันไฮดรอลิก	0.8319				•				Product Category Rules (PCRs): น้ำมันไฮดรอลิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
13	จารบี	1.0547							•	EF TGO (Update_September14): จาระบี
14	สบู่เหลว	2.3900							•	EF TGO (Update_September14): Sosping agent
15	ผงซักฟอก	5.8902							•	EF TGO (Update_June16): Sodium tripolyphosphate
16	โซเดียมไฮโปคลอไรด์	0.8712				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hypochlorite
17	สารทำความเย็น R-22	75.7860				•				EF TGO (Update_June16): Chlorodifluoromethane, R22 (สารทำความเย็น, R22)
18	กรดไนตริก (CIP)	0.6504				•				EF TGO (Update_June16): Nitric acid
19	โซดาไฟ (CIP)	1.1148				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hydroxide

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
20	ก๊าซ LPG	3.6021				•				EF TGO (Update_June16): ก๊าซหุงต้ม (LPG)
21	H_2O_2 35%	1.1239				•				EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide 50%
22	จารบี	1.0547				•				EF TGO (Update_September14): จาระบี
23	น้ำมันเกียร์	0.8319				•				EF TGO (Update_June16): Lubricant oil (น้ำมันเกียร์)
24	น้ำยาลบ (wash down)	0.0533						•		VOC Emissions from Wastewater Treatment Plants
25	ไฟฟ้า	0.6093				•				EF TGO (Update_June16): Electricity, grid mix (ไฟฟ้า) และคำนวณจากที่ผลิตได้เอง
26	น้ำเสีย	0.0256	•							จากการคำนวณ
27	ไอน้ำ	0.1047				•				EF TGO (Update_June16): Nitric acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
28	น้ำเย็น	0.0014	•							จากการคำนวณ
29	อากาศอัด	0.0769				•				-
30	น้ำดิบ	0.0107	•							จากการคำนวณ
31	น้ำอ่อน	0.0018	•							จากการคำนวณ
32	เนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก)	0.8974	•							จากการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวกลับ (kgCO2 eq./km)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด16 ตัน	0.0530	0.5863				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน	0.0543	0.4346				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกสูงสุด 7 ตัน	0.1824	0.3324				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะ 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading /0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) (ต่อ)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
เรือบรรทุก container 40 ตัน	0.0107	-				•				EF TGO (Update_June 16): เรือบรรทุก container
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	0.0674	0.4246				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading
รถบรรทุกขยะ 10ล้อ 16 ตัน	0.0472	0.4892				•				EF TGO (Update_June 16): รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีมีกระบวนการอนุรักษ์ทรัพยากร และพลังงาน ร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสีย

(Energy Conservation by product and waste value added)

ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
1	มะพร้าวลูก	0.6563	•							EF TGO (Update_June16): มะพร้าว
2	อิมัลซิไฟเออร์	3.3483							•	CF of Japan (Nonionic Surfactant)
3	Sleeve (PE/paper/PE/ aluminium foil/PE)	1.5829							•	EF Tetra Pak Carton_ สืบหาเมื่อวันที่ 30/07/2559
4	ฟิล์มพลาสติก	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film
5	ลังกระดาษ	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
6	เทปใส	1.9372				•				EF TGO (Update_June16): Extrusion,plastic film รวมกับ Polypropylene
7	แผ่นกั้นลัง	1.6052				•				EF TGO (Update_June16): กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน
8	กาว	2.6280				•				Product Category Rules (PCRs): กาว (Polyvinyl acetate polymer latex)
9	หมึกพิมพ์	2.5000							•	EF TGO (Update_Sep 13): Ink, ROTO printing color
10	น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	1.1239							•	EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide50%
11	ไฟฟ้า	0.5748				•				EF TGO (Update_June16): Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)
12	น้ำมันไฮดรอลิก	0.8319				•				Product Category Rules (PCRs): น้ำมันไฮดรอลิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
13	จารบี	1.0547							•	EF TGO (Update_September14): จาระบี
14	สบู่เหลว	2.3900							•	EF TGO (Update_September14): Sosping agent
15	ผงซักฟอก	5.8902							•	EF TGO (Update_June16): Sodium tripolyphosphate
16	โซเดียมไฮโปคลอไรด์	0.8712				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hypochlorite
17	สารทำความเย็น R-22	75.7860				•				EF TGO (Update_June16): Chlorodifluoromethane, R22 (สารทำความเย็น, R22)
18	กรดไนตริก (CIP)	0.6504				•				EF TGO (Update_June16): Nitric acid
19	โซดาไฟ (CIP)	1.1148				•				EF TGO (Update_June16): Sodium hydroxide

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
20	ก๊าซ LPG	3.6021				•				EF TGO (Update_June16): ก๊าซหุงต้ม (LPG)
21	H_2O_2 35%	1.1239				•				EF TGO (Update_June16): Hydrogen Peroxide 50%
22	จารบี	1.0547				•				EF TGO (Update_September14): จาระบี
23	น้ำมันเกียร์	0.8319				•				EF TGO (Update_June16): Lubricant oil (น้ำมันเกียร์)
24	น้ำยาลบ (wash down)	0.0533						•		VOC Emissions from Wastewater Treatment Plants
25	ไฟฟ้า	0.5748	•							จากการคำนวณ
26	น้ำเสีย	0.0000	•							จากการคำนวณ
27	ไอน้ำ	0.1017	•							จากการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มา และการใช้ประโยชน์) (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO2 q./หน่วย)	ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง EF
			1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
28	น้ำเย็น	0.0014	•							จากการคำนวณ
29	อากาศอัด	0.0726	•							จากการคำนวณ
30	น้ำดิบ	0.0028	•							จากการคำนวณ
31	น้ำอ่อน	0.0011	•							จากการคำนวณ
32	เนื้อมะพร้าวขาว (ผู้ผลิตภายนอก)	0.8974	•							จากการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.6 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวกลับ (kgCO2 eq./km)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด16 ตัน	0.0530	0.5863				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน	0.0543	0.4346				•				EF TGO (Update_June 16): รถตู้บรรทุกเปิด 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading / 0% Loading
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกสูงสุด 7 ตัน	0.1824	0.3324				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะ 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading /0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.6 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การขนส่ง) (ต่อ)

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ที่มา						Substitute	แหล่งอ้างอิง
	เที่ยวไป (kgCO2 eq./tkm)	เที่ยวกลับ (kgCO2 eq./km)	1st		2nd			Others		
			Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB			
เรือบรรทุก container 40 ตัน	0.0107	-				•				EF TGO (Update_June 16): เรือบรรทุก container
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	0.0674	0.4246				•				EF TGO (Update_June 16): รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading
รถบรรทุกขยะ 10ล้อ 16 ตัน	0.0472	0.4892				•				EF TGO (Update_June 16): รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading/0% Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

การปันส่วน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.1. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีฐาน (Baseline Process)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าการปันส่วนตามน้ำหนัก
1. รับมะพร้าวลูก	มะพร้าวลูกดี	8,866,735.16	100%
	มะพร้าวลูกเสีย	533,361.64	
	รวม	9,400,096.80	
2. กะเทาะ/ ทิวผิว	มะพร้าวขาว (โรงงาน)	2,446,908.64	100%
	น้ำมะพร้าว	2,614,800.20	
	ผิวมะพร้าว (ผิวทิว)	443,336.76	
	มะพร้าวผิวดำตกเกรด	738,022.63	
	จาวมะพร้าว	93,100.72	
	ใยมะพร้าว	276,642.14	
	กะลามะพร้าว	2,253,924.08	
	รวม	6,243,068.23	
3. ล้าง/เก็บเข้าห้องเย็น	มะพร้าวขาว	10,451,489.30	100%
	มะพร้าวขาวตกเกรด	745,211.83	
	รวม	11,196,701.13	
4. ขูด/คั้น	น้ำกะทิ	16,016,224.14	100%
	กากมะพร้าว	3,229,533.91	
	รวม	19,245,758.05	
5. ถังบรรจุ 1	น้ำกะทิ	16,035,109.54	100%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.2 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-Product Production Process)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	การปันส่วนตามน้ำหนัก (%)		
			ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว จาว) กลุ่ม 3
1. รับมะพร้าวลูก	มะพร้าวลูกดี	8,866,735.16	49.42	28.72	28.30
	มะพร้าวลูกเสีย	533,361.64			
	รวม	9,400,096.80			
2. กะเทาะ/ ทิวผิว	มะพร้าวขาว (โรงงาน)	2,446,908.64	52.39	30.45	30.00
	น้ำมะพร้าว	2,614,800.20			
	ผิวมะพร้าว (ผิวทิว)	443,336.76			
	มะพร้าวผิวดำตกเกรด	738,022.63			
	จาวมะพร้าว	93,100.72			
	ใยมะพร้าว	276,642.14			
	กะลามะพร้าว	2,253,924.08			
	รวม	6,243,068.23			

สถาบันเทคโนโลยีสุรนารี

ข.2 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีผลิตกะทิร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-Product Production Process) (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าการปันส่วนตามน้ำหนัก		
			ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าวจาว) กลุ่ม 3
3. ล้าง/เก็บเข้าห้องเย็น	มะพร้าวขาว	10,451,489.30	77.68	77.68	77.68
	มะพร้าวขาวตกเกรด	745,211.83			
	รวม	11,196,701.13			
4. ขูด/คั้น	น้ำกะทิ	16,016,224.14	83.22	83.22	83.22
	กากมะพร้าว	3,229,533.91			
	รวม	19,245,758.05			
5. ถังบรรจุ 1	น้ำกะทิ	16,035,109.54	100.00	100.00	100.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีมีกระบวนการอนุรักษณ์ทรัพยากรและพลังงานร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสีย

(Energy Conservation by Product and Waste Value Added)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	การปันส่วนตามน้ำหนัก (%)			
			ไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม	มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม		
				ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าวจาว) กลุ่ม 3
1. รับมะพร้าวลูก	มะพร้าวลูกดี	8,866,735.16	100.00	49.42	28.72	28.30
	มะพร้าวลูกเสีย	533,361.64				
	รวม	9,400,096.80				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีมีกระบวนการอนุรักษณ์ทรัพยากรและพลังงานร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสีย (Energy Conservation by Product and Waste Value Added) (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	การปันส่วนตามน้ำหนัก (%)			
			ไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม	มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม		
				ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว จาว) กลุ่ม 3
2. กะเทาะ/ ทิวผิว	มะพร้าวขาว (โรงงาน)	2,446,908.64	100.00	52.39	30.45	30.00
	น้ำมะพร้าว	2,614,800.20				
	ผิวมะพร้าว (ผิวทิว)	443,336.76				
	มะพร้าวผิวดำตกเกรด	738,022.63				
	จาวมะพร้าว	93,100.72				
	ใยมะพร้าว	276,642.14				
	กะลามะพร้าว	2,253,924.08				
	รวม	6,243,068.23				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.3 การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีมีกระบวนการอนุรักษณ์ทรัพยากรและพลังงานร่วมกับการใช้ประโยชน์จากของเสีย (Energy Conservation by Product and Waste Value Added) (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าการปันส่วนตามน้ำหนัก			
			ไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม	มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วม		
				ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก) กลุ่ม 1	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว) กลุ่ม 2	ผลิตภัณฑ์ร่วม (เนื้อ ผิว กาก น้ำมะพร้าว จาว) กลุ่ม 3
3. ล้าง/เก็บเข้าห้องเย็น	มะพร้าวขาว	10,451,489.30	100.00	77.68	77.68	77.68
	มะพร้าวขาวตกเกรด	745,211.83				
	รวม	11,196,701.13				
4. ขูด/คั้น	น้ำกะทิ	16,016,224.14	100.00	83.22	83.22	83.22
	กากมะพร้าว	3,229,533.91				
	รวม	19,245,758.05				
5. ถังบรรจุ 1	น้ำกะทิ	16,035,109.54	100.00	100.00	100.00	100.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

การประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กะทิ UHT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก กรณีฐาน (Baseline Process)

ค.1 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การได้มาซึ่งวัตถุดิบ					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
<u>1. รับมะพร้าวลูก</u>					
มะพร้าวลูก	กิโลกรัม	0.6179	0.6563	100	0.4055
<u>3.ล้าง/เก็บในห้องเย็น</u>					
มะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก	กิโลกรัม	0.5752	0.8974	100	0.5161
<u>4. ขูด/คั้น</u>					
น้ำซอฟท์ (เติมสินค้า)	กิโลกรัม	0.5781	0.0018	100	0.001
<u>5. ถังบรรจุ 1</u>					
อิมัลซิไฟเออร์	กิโลกรัม	0.0012	3.3483	100	0.0042
<u>7. บรรจุและจัดเก็บเข้าคลังสินค้า</u>					
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	0.0452	1.5829	100	0.0715
ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	0	1.9372	100	0.0001
ลังกระดาษ	กิโลกรัม	0.0444	1.6052	100	0.0713
เทปใส	กิโลกรัม	0.0001	1.9372	100	0.0001
แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	0.0016	1.6052	100	0.0026
กาว	กิโลกรัม	0.0001	2.628	100	0.0003
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0	2.5	100	0
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0	1.1239	100	0
รวม					1.0728

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
<u>1. รับมะพร้าวลูก</u>					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
มะพร้าวลูก	กิโลกรัม	0.6179			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0027	0.6093	100	0.0017
น้ำมันไฮโดรลิก	กิโลกรัม	0.0001	0.8319	100	0.0001
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0.0009	0.6093	100	0.0005
ไฟฟ้าเครื่องจักรอื่นๆ	กิโลวัตต์	0.0096	0.6093	100	0.0058
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
มะพร้าวลูกดี	กิโลกรัม	0.5828			
สารขาออก : ของเสีย					
มะพร้าวลูกเสีย	กิโลกรัม	0.0351			
<u>2. กะเทาะ / ทิวผิว</u>					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
มะพร้าวลูกดี	กิโลกรัม	0.5828			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0017	0.6093	100	0.0011
จารบี	กิโลกรัม	0	1.0547	100	0
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0.0005	0.6093	100	0.0003
สบู่เหลว	กิโลวัตต์	0	2.39	100	0
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	0	5.8902	100	0
น้ำดิบ	กิโลกรัม	1.0189	0.0107	100	0.0109

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
น้ำซอฟท์	กิโลกรัม	1.6846	0.0018	100	0.003
โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์	กิโลกรัม	0.0007	0.8712	100	0.0006
2. กะเทาะ / ทิวผิว					
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
เนื้อมะพร้าวขาวของบริษัทอำพลฟูดส์ฯ	กิโลกรัม	0.1608			
น้ำมะพร้าว	กิโลกรัม	0.1719			
มะพร้าวตกเกรด	กิโลกรัม	0.0485			
ผิวมะพร้าว (ลูกดี)	กิโลกรัม	0.0291			
สารขาออก : ของเสีย					
ใยมะพร้าว (ลูกดี)	กิโลกรัม	0.0182			
กะลามะพร้าว (ลูกดี)	กิโลกรัม	0.1482			
จาวมะพร้าว (ลูกดี)	กิโลกรัม	0.0061			
น้ำเสีย	กิโลกรัม	2.7403	0.0256	100	0.0692
3. ล้าง/เก็บในห้องเย็น					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
เนื้อมะพร้าวขาวของบริษัทอำพลฟูดส์ฯ	กิโลกรัม	0.1608			
เนื้อมะพร้าวขาวของผู้ผลิตภายนอก	กิโลกรัม	0.5752			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0031	0.6093	100	0.0019
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0	0.6093	100	0
สารทำความเย็น R-22	กิโลกรัม	0	75.786	100	0.0008

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ผงซักฟอก (ทำความสะอาดพื้น)	กิโลกรัม	0	5.8902	100	0.0001
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
เนื้อมะพร้าวขาว	กิโลกรัม	0.687			
4. ขูด/คั้น					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
เนื้อมะพร้าวขาว	กิโลกรัม	0.687			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0423	0.6093	100	0.0258
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0.0003	0.6093	100	0.0002
โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์	กิโลกรัม	0.0003	0.8712	100	0.0003
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
น้ำกะทิ	กิโลกรัม	1.0528			
สารขาออก : ของเสีย					
กากมะพร้าว	กิโลกรัม	0.2123			
น้ำเสีย	กิโลกรัม	0.0003	0.0256	100	
5. ถังบรรจุ 1					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
น้ำกะทิ	กิโลกรัม	1.0528			
อิมัลซิไฟเออร์	กิโลกรัม	0.0012			

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0202	0.6093	100	0.0123
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0.001	0.6093	100	0.0006
น้ำเย็น	กิโลกรัม	17.0826	0.0015	100	0.0248
กรดไนตริก (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	0.0011	0.6504	100	0.0007
โซดาไฟ (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	0.0025	1.1148	100	0.0028
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
น้ำกะทิ	กิโลกรัม	1.0541			
สารขาออก : ของเสีย					
น้ำเสีย	กิโลกรัม	0.0036	0.0256	100	0.0001
6. พลาสเจอร์ไรซ์และเข้าถังบรรจุ 2					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
น้ำกะทิ	กิโลกรัม	1.0541			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0	0.6093	100	
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0	0.6093	100	
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.9336	0.1047	100	0.0978
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
น้ำกะทิ **UHT**	กิโลกรัม	1.0541			
น้ำ Condensate	กิโลกรัม	0.9336	-	100	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
7. บรรจุและจัดเก็บเข้าคลังสินค้า					
สารขาเข้า : วัตถุดิบ					
น้ำกะทิ **UHT**	กิโลกรัม	1.0541			
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	0.0452			
ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	0			
ลังกระดาษ	กิโลกรัม	0.0444			
เทปใส	กิโลกรัม	0.0001			
แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	0.0016			
กาว	กิโลกรัม	0.0001			
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0			
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0			
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต					
ไฟฟ้าเครื่องจักร	กิโลวัตต์	0.0082	0.6093	100	0.005
ไฟฟ้าแสงสว่าง	กิโลวัตต์	0.001	0.6093	100	0.0006
ก๊าซเอลพีจี	กิโลกรัม	0.0006	3.6021	100	0.0022
อากาศอัด	กิโลกรัม	0.002	0.0769	100	0.0002
H_2O_2 35%	กิโลกรัม	0.0007	1.1239	100	0.0007
จารบี	กิโลกรัม	0	1.0547	100	0
น้ำมันเกียร์	กิโลกรัม	0.0002	0.8319	100	0.0002
น้ำยาลบ	กิโลกรัม	0	0.0533	100	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.2 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การผลิต					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สารขาออก : ผลิตภัณฑ์					
ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ **UHT**	กิโลกรัม	1			
ผลิตภัณฑ์+บรรจุภัณฑ์	กิโลกรัม	1.0431			
สารขาออก : ของเสีย					
น้ำกะทิสูญเสีย	กิโลกรัม	0.0541	0.0256	100	0.0014
กล่องเสีย	กิโลกรัม	0.002			
	รวม				0.2717

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.3 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการได้มา และใช้ประโยชน์ของกระบวนการผลิตกะทิ UHT (การจัดการซาก)

การได้มา และการใช้ประโยชน์ : การจัดการซาก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	0.0112	2.9300	41.00	0.0135
ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	0.0000	2.3200	62.00	0.0000
ลังกระดาษ	กิโลกรัม	0.0111	2.9300	41.00	0.0133
เทปใส	กิโลกรัม	0.0004	2.9300	41.00	0.0005
แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	0.0000	2.3200	62.00	0.0000
กาว	กิโลกรัม	0.0000	2.3200	100.00	0.0001
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	2.3200	100.00	0.0000
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	2.3200	100.00	0.0000
		รวม			0.0274

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.4 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ)

การขนส่ง : การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. รับมะพร้าวลูก								
มะพร้าวลูก	กิโลกรัม	0.6179	0.5716	0.0357	0.0530	0.5863	100.00	0.0512
3.ล้าง/เก็บในห้องเย็น								
มะพร้าวขาวจากผู้ผลิตภายนอก	กิโลกรัม	0.5752	0.1904	0.0173	0.0543	0.4346	100.00	0.0179
5. ถังบรรจุ 1								
อิมัลซิไฟเออร์	กิโลกรัม	0.0012	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
7. บรรจุและจัดเก็บเข้าคลังสินค้า								
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	0.0452	0.7844	0.0002	0.0107	-	100.00	0.0084
		0.0452	0.0020	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0002
ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0004	0.0674	0.4246	100.00	0.0000
ลังกระดาษ	กิโลกรัม	0.0444	0.0030	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0006
กาว	กิโลกรัม	0.0001	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.4 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การได้มาซึ่งวัตถุดิบ) (ต่อ)

การขนส่ง : การได้มาซึ่งวัตถุดิบ								
รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0	0	0	0.1402	0.3111	100	0
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0	0	0	0.1402	0.3111	100	0
เทปใส	กิโลกรัม	0.0001	0	0	0.1402	0.3111	100	0
แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	0.0016	0.0001	0	0.0674	0.4246	100	0
	รวม							0.0783

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.5 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต)

การขนส่ง : การผลิต

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. รับมะพร้าวลูก								
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
น้ำมันไฮโดรลิก	กิโลกรัม	0.0001	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
2. กะเทาะ / ทิวผิว								
ทรัพยากร และวัสดุช่วยการผลิต								
จารบี	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
สบู่เหลว (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000
ผงซักฟอก (ทำความสะอาดพื้น)	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ (ล้างเนื้อมะพร้าวขาว)	กิโลกรัม	0.0007	0.0000	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.5 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การขนส่ง : การผลิต

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. ล้าง/เก็บในห้องเย็น								
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
สารทำความเย็น R-22	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
ผงซักฟอก (ทำความสะอาดพื้น)	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
4. ขูด/คั้น								
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ (ทำความสะอาดสายพาน)	กิโลกรัม	0.0003	0.0000	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.5 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การผลิต) (ต่อ)

การขนส่ง : การผลิต

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
5. ถังบรรจุ 1								
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
กรดไนตริก (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	0.0011	0.0000	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000
โซดาไฟ (ทำความสะอาดเครื่องจักร)	กิโลกรัม	0.0025	0.0001	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000
7. บรรจุและจัดเก็บเข้าคลังสินค้า								
สารขาเข้า : ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต								
ก๊าซเอลพีจี	กิโลกรัม	0.0006	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
H2O2 35%	กิโลกรัม	0.0007	0.0001	0.0000	0.0674	0.4246	100.00	0.0000
จารบี	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
น้ำมันเกียร์	กิโลกรัม	0.0002	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
น้ำยาลบ	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1402	0.3111	100.00	0.0000
				รวม				0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า)

การขนส่ง : การกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1.ภายในประเทศ								
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	กิโลกรัม	0.0971	0.0049	0.0007	0.1824	0.3324	100.00	0.0011
อ่างทอง	กิโลกรัม	0.0025	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
เชียงใหม่	กิโลกรัม	0.0029	0.0020	0.0003	0.1824	0.3324	100.00	0.0005
เชียงราย	กิโลกรัม	0.0031	0.0025	0.0004	0.1824	0.3324	100.00	0.0006
เพชรบุรี	กิโลกรัม	0.0005	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
เพชรบูรณ์	กิโลกรัม	0.0013	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
เลย	กิโลกรัม	0.0017	0.0010	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
แพร่	กิโลกรัม	0.0009	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
กระบี่	กิโลกรัม	0.0011	0.0008	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
กาญจนบุรี	กิโลกรัม	0.0008	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
กาฬสินธุ์	กิโลกรัม	0.0011	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ขอนแก่น	กิโลกรัม	0.0064	0.0030	0.0004	0.1824	0.3324	100.00	0.0007
จันทบุรี	กิโลกรัม	0.0029	0.0008	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า) (ต่อ)

การขนส่ง : การกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ฉะเชิงเทรา	กิโลกรัม	0.0017	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ชลบุรี	กิโลกรัม	0.0059	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ชัยนาท	กิโลกรัม	0.0001	0.0000	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ชุมพร	กิโลกรัม	0.0021	0.0009	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
ตรัง	กิโลกรัม	0.0006	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ตราด	กิโลกรัม	0.0015	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ตาก	กิโลกรัม	0.0001	0.0000	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
นครนายก	กิโลกรัม	0.0003	0.0000	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
นครพนม	กิโลกรัม	0.0007	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
นครราชสีมา	กิโลกรัม	0.0095	0.0026	0.0004	0.1824	0.3324	100.00	0.0006
นครศรีธรรมราช	กิโลกรัม	0.0073	0.0056	0.0008	0.1824	0.3324	100.00	0.0013
นครสวรรค์	กิโลกรัม	0.0074	0.0019	0.0003	0.1824	0.3324	100.00	0.0004
น่าน	กิโลกรัม	0.0013	0.0009	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
บึงกาฬ	กิโลกรัม	0.0002	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า) (ต่อ)

การขนส่ง : การกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
บุรีรัมย์	กิโลกรัม	0.0011	0.0005	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ประจวบคีรีขันธ์	กิโลกรัม	0.0006	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ปราจีนบุรี	กิโลกรัม	0.0014	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ปัตตานี	กิโลกรัม	0.0003	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
พะเยา	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
พัทลุง	กิโลกรัม	0.0015	0.0012	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0003
พิจิตร	กิโลกรัม	0.0031	0.0011	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
พิษณุโลก	กิโลกรัม	0.0035	0.0015	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0004
ภูเก็ต	กิโลกรัม	0.0003	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
มหาสารคาม	กิโลกรัม	0.0012	0.0006	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ยโสธร	กิโลกรัม	0.0014	0.0008	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
ยะลา	กิโลกรัม	0.0010	0.0010	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
ร้อยเอ็ด	กิโลกรัม	0.0044	0.0023	0.0003	0.1824	0.3324	100.00	0.0005
ระยอง	กิโลกรัม	0.0046	0.0009	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า) (ต่อ)

การขนส่ง : การกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ราชบุรี	กิโลกรัม	0.0008	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ลพบุรี	กิโลกรัม	0.0023	0.0004	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
ลำปาง	กิโลกรัม	0.0014	0.0009	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
ลำพูน	กิโลกรัม	0.0002	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
ศรีสะเกษ	กิโลกรัม	0.0001	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
สกลนคร	กิโลกรัม	0.0021	0.0014	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0003
สงขลา	กิโลกรัม	0.0036	0.0034	0.0005	0.1824	0.3324	100.00	0.0008
สตูล	กิโลกรัม	0.0009	0.0009	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0002
สมุทรสงคราม	กิโลกรัม	0.0014	0.0001	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
สระแก้ว	กิโลกรัม	0.0014	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
สระบุรี	กิโลกรัม	0.0017	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
สิงห์บุรี	กิโลกรัม	0.0026	0.0004	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
สุโขทัย	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
สุพรรณบุรี	กิโลกรัม	0.0019	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การกระจายสินค้า) (ต่อ)

การขนส่ง : การกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สุราษฎร์ธานี	กิโลกรัม	0.0062	0.0038	0.0005	0.1824	0.3324	100.00	0.0009
สุรินทร์	กิโลกรัม	0.0036	0.0016	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0004
หนองคาย	กิโลกรัม	0.0023	0.0014	0.0002	0.1824	0.3324	100.00	0.0003
อยุธยา	กิโลกรัม	0.0031	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
อ่างทอง	กิโลกรัม	0.0025	0.0003	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
อุดรธานี	กิโลกรัม	0.0037	0.0021	0.0003	0.1824	0.3324	100.00	0.0005
อุตรดิตถ์	กิโลกรัม	0.0013	0.0006	0.0001	0.1824	0.3324	100.00	0.0001
อุทัยธานี	กิโลกรัม	0.0008	0.0002	0.0000	0.1824	0.3324	100.00	0.0000
อุบลราชธานี	กิโลกรัม	0.0067	0.0042	0.0006	0.1824	0.3324	100.00	0.0010
2..ภายนอกประเทศ	กิโลกรัม	0.0237	0.0013	0.0001	0.0530	0.5863	100.00	0.0001
				รวม				0.0145

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.7 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กะทิ UHT (การจัดการซาก)

การขนส่ง : การจัดการซาก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขาไป	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขากลับ	การปันส่วน (%)	ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
7. บรรจุและจัดเก็บเข้าคลังสินค้า								
Sleeve (PE/paper/PE/aluminium foil/PE)	กิโลกรัม	0.0452	0.0018	0.0001	0.0472	0.4892	100.00	0.0001
ฟิล์มพลาสติก	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
ลังกระดาษ	กิโลกรัม	0.0444	0.0018	0.0001	0.0472	0.4892	100.00	0.0001
แผ่นกั้นลัง	กิโลกรัม	0.0004	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
เทปใส	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
กาว	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
น้ำยาผสมหมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	0.0000	0.0000	0.0472	0.4892	100.00	0.0000
				รวม				0.0002

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

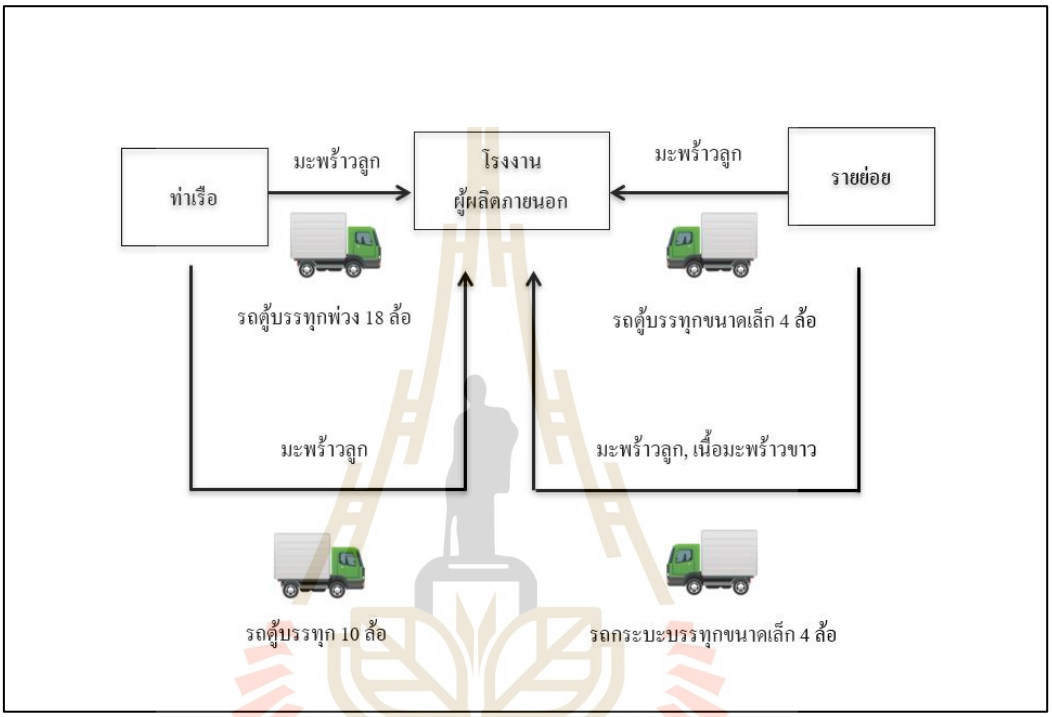
ภาคผนวก ง

การประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

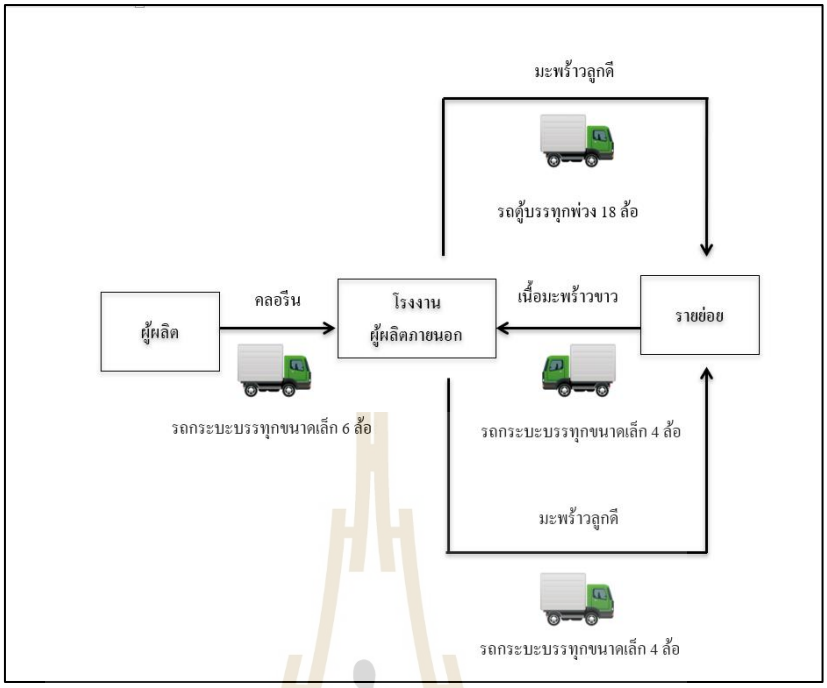
1. การศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการขนส่งของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว จัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในการขนส่งวัตถุดิบ และทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิต โดยรวบรวมข้อมูลชนิดของพาหนะทั้งหมด 7 ประเภท ที่ใช้ในการขนส่ง แสดงดังรูปที่ ง.1

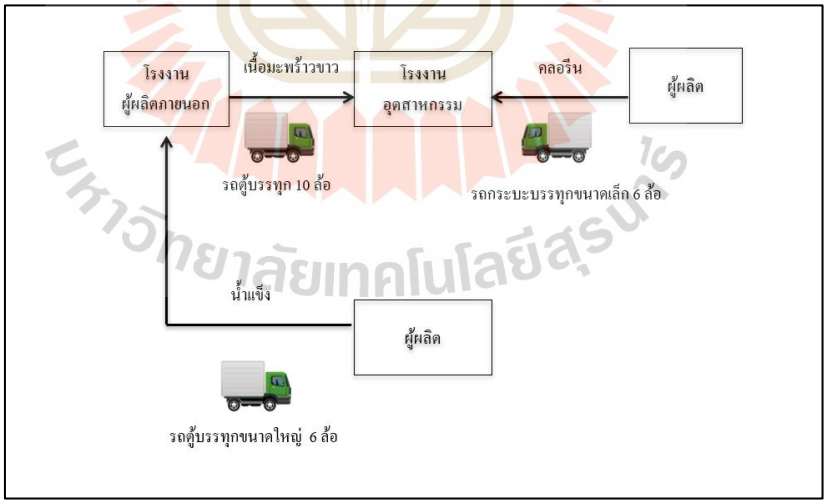


รูปที่ ง.1 การขนส่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูก และเนื้อมะพร้าว)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ง.2 การขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุช่วยผลิตเนื้อมะพร้าวขาว
(โรงงานผู้ผลิตภายนอก)



รูปที่ ง.3 การขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุช่วยผลิตเนื้อมะพร้าวขาว
(โรงงานอุตสาหกรรม)

โดยการเก็บข้อมูลครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการขนส่งของ 4 ช่วงวัฏจักรชีวิต คือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ซึ่งจะมีข้อมูลการขนส่งของวัตถุดิบจาก 3 แหล่ง คือ มะพร้าวลูกจากท่าเรือตามตารางที่ ง.1 มะพร้าวลูกจากรายย่อยตามตารางที่ ง.2 และเนื้อมะพร้าวขาวตามตารางที่ ง.3

ตารางที่ ง.1 บัญชีรายการการขนส่งของกระบวนได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูกจากท่าเรือ)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	มะพร้าวลูก (เอาเปลือกแข็งออก) จากท่าเรือ			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	245	2.7564
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	245	2.0771
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	245	2.7564
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	16	245	2.7461
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	450	2
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	470	2.0056
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	470	2.0097

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวลูกจากรายย่อย)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	มะพร้าวลูก (เอาเปลือกแข็งออก) จากท่าเรือ			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	50	0.6156
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถตู้บรรทุกพ่วง 4 ล้อ	1.5	50	0.2746
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	60	0.1588
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	60	0.1546

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (มะพร้าวขาวจากรายย่อย)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	มะพร้าวขาวจากรายย่อย			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	20	0.3077

สำหรับช่วงวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นภายในโรงงานผู้ผลิตภายนอก จะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการขนส่งในส่วนของโซเดียมไฮโปรคลอไรด์สำหรับขั้นตอนการล้างเนื้อมะพร้าวขาวตามตารางที่ ง.4 และการกระจายมะพร้าวลูกไปสู่รายย่อยตามตารางที่ ง.5 รวมถึงการขนส่งเนื้อมะพร้าวขาวที่แปรรูปจากรายย่อยกลับสู่โรงงานผู้ผลิตภายนอกตามตารางที่ ง.6

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการผลิต (โซเดียมไฮโปรคลอไรด์)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	มะพร้าวขาวจากรายย่อย			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การผลิต	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0161
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0092
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0044
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0602
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0154
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0077
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0139

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.5 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการผลิต (มะพร้าวลูก: กระจาย)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	มะพร้าวลูก (เอกเปลือกแข็งออก) กระจาย			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การผลิต	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	2.5727
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	2.5727
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	2.5727
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	0.2669
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	5	2.6722
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	10	2.002
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ	32	43	0.143

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.6 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการผลิต (เนื้อมะพร้าวขาว: ส่งกลับ)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	เนื้อมะพร้าวขาว (ส่งกลับ)			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การผลิต	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	1
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	1
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	1
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถตู้บรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	1.5	5	1
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	5	1
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	10	1
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	7	43	0.9286

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.7 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการกระจายสินค้า (เนื้อมะพร้าวขาว)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	เนื้อมะพร้าวขาว (บางสะพานส่งไปทับสะแก)(ทับสะแกส่งไปอำพลฟูดส์)			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
กระจายสินค้า	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	16	45	0.3077
		รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	16	315	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ช่วงวัฏจักรของการกระจายสินค้าจะมีการเก็บข้อมูลในส่วนของน้ำแข็งที่ใช้สำหรับเก็บรักษาเนื้อมะพร้าวขาวระหว่างการขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตภายนอกไปสู่โรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ ง.8 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการกระจายสินค้า (น้ำแข็ง)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	น้ำแข็ง			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
กระจายสินค้า	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.2472
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.213
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.0978
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.0684
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.071
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.0712
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถตู้บรรทุกขนาดใหญ่ 6 ล้อ	8.5	20	0.0713

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ช่วงวัฏจักรการใช้งานเป็นวัฏจักรสุดท้ายของกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าวขาว โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลการขนส่งของโซเดียมไฮโปรคลอไดท์ที่มีการนำมาใช้สำหรับการล้างเนื้อมะพร้าวขาวที่เกิดขึ้นที่โรงงานอุตสาหกรรมตามตารางที่ ง.9

ตารางที่ ง.9 บัญชีรายการขนส่งของกระบวนการกระจายสินค้า (โซเดียมไฮโปรคลอไรด์)

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผู้ผลิตภายนอก	โซเดียมไฮโปรคลอไรด์			
		ประเภทรถบรรทุก	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ตัน)	ระยะทาง (กม)	ปริมาณ
การใช้งาน	ผู้ผลิตภายนอก 1	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0017
	ผู้ผลิตภายนอก 2	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0027
	ผู้ผลิตภายนอก 3	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0007
	ผู้ผลิตภายนอก 4	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0009
	ผู้ผลิตภายนอก 5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0005
	ผู้ผลิตภายนอก 6	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0005
	ผู้ผลิตภายนอก 7	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	8.5	37	0.0005

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกรณ์กณิศ แสงดี เกิดเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เริ่มเข้าศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนอัมพรไพศาล จังหวัดนนทบุรี และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปีพุทธศักราช 2542 0จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทวิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ) จากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เมื่อปีพุทธศักราช 2547 โดยได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี และสำเร็จการศึกษาสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ซึ่งมีประวัติการเข้าทำงานในตำแหน่ง

1. วิศวกรสิ่งแวดล้อม บริษัท เสนา เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด เมื่อ กันยายน 2542 - 2543
2. ผู้อำนวยการส่วนงานนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด เมื่อ กุมภาพันธ์ 2543 – ปัจจุบัน

และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีพุทธศักราช 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี