การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง: กรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย

THE ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS, WATER FOOTPRINT AND COST ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT PRODUCTS FOR ANIMAL TESTING: CASE STUDY FROM BANANA FIBER

นางสาวสุกัลยา เกตุแก้ว รหัสนิสิต 58312396

นางสาวธวัลพร มุษกะ รหัสนิสิต 58366023

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง: กรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย

ผู้จัดทำโครงงาน นางสาวสุกัลยา เกตุแก้ว รหัส 58312396
นางสาวธวัลพร มุษกะ รหัส 58366023

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.สุชาดา อยู่แก้ว

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2561

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.สุชาดา อยู่แก้ว)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(ดร.นพวรรณ โม้ทอง)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล)

Suttipong Songprawat .....กรรมการ
(ดร.สุทธิพงษ์ ทรงประวัติ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง: กรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวสุกัลยา เกตุแก้ว รหัส 58312396
	นางสาวธวัลพร มุษกะ รหัส 58366023
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.สุชาดา อยู่แก้ว
ที่ปรึกษาร่วม	ดร.นพวรรณ โม้ทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2561

.....

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก เพื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก หน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU) ที่ใช้ในการศึกษา คือ ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี โดยทำการศึกษา ณ อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษาคือ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก เท่ากับ 2,766.65, 363.78 และ 4.73 kg CO_2 eq/ปี ตามลำดับ สาเหตุหลัก มาจากขั้นตอนการผลิตเนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าจากการอบกาบกล้วยสด อบแผ่นชิ้นงานเปียก ต้มเส้นใย และกระบวนการฉีดขึ้นรูป โดยมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 20.97, 2.57 และ 0.04 m^3-H_2O/ปี ตามลำดับ ซึ่งคล้ายคลึงกัน คือ สาเหตุมาจากขั้นตอนการผลิตและการใช้งานเนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าจากการอบกาบกล้วยสด อบแผ่นชิ้นงานเปียก ต้มเส้นใย การฉายแสงยูวี และเครื่องล้างผลิตภัณฑ์ และการใช้น้ำจากการแช่กาบกล้วยแห้ง ในส่วนของต้นทุนที่ใช้ในการผลิต พบว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกมีราคาในการขายแพงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียกและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง เท่ากับ 480.10, 452.07 และ 294.68 บาท/ผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

Project Title	THE ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS, WATER FOOTPRINT AND COST ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT PRODUCTS FOR ANIMAL TESTING: CASE STUDY FROM BANANA FIBER
Author	Sukanya Ketkeaw ID. 58312396
	Thawanporn Musaka ID. 58366023
Project Advisor	Dr. Suchada Ukaew
Co-Advisor	Dr. Noppawan Motong
Major	Chemical engineering
Department	Industrial engineering
Academic Year	2561

.....

Abstract

The objective of this research is to study and evaluate the greenhouse gas emissions, water footprint, and cost analysis of environmental enrichment product for animal testing made from banana fiber. Two types of banana fiber as dry molded and wet molded products were compared with plastic product. The functional unit was per one year of liftime. The study was carried out at the Industrial Engineering laboratory, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok Province. The scope of the study was Cradle to Grave. The system boundary started from the acquisition of raw materials, production, The use, transportation and disposal of waste. The results showed that dry molded and wet molded products had more greenhouse gas emissions and water footprint than plastic product (sorting in descending order; wet molded, dry molded, and plastic product of 2,766.65, 363.78 and 4.73 kg CO_2 eq/year, respectively). The main GHG contributor was from the production stage, which came from the use of electricity for drying of fresh banana and wet piece, boiling of fiber and the injection molding processes. The water footprint of wet molded, dry molded, and plastic product were 20.97, 2.57 and 0.04 m^3H_2O/year, respectively. The results of water footprint were from the production process and the use of electricity for drying of fresh banana and wet piece, boiling of fiber, UV irradiation, washing product, and soaking of dry banana fiber. The production cost indicated that plastic product was more expensive than the wet molded and the dry molded products, which were 480.10, 452.07 and 294.68 baht/product, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุลวงไปด้วยดีเนื่องจากการช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่ายขอขอบคุณ ดร.สุชาดา อยู่แก้ว ที่ปรึกษาโครงงาน และ ดร. นพวรรณ โม้ทอง ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ แนวทางการแก้ไขปัญหา ตลอดจนตรวจและแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณ คณะกรรมการ ดร.สุทธิพงษ์ ทรงประวัติ และ รศ.ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร นักวิทยาศาสตร์ และครูช่างของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงบุคคลากรที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การดูแล อบรมและให้กำลังใจเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน
สุกัลยา เกตุแก้ว
ธวัลพร มุษกะ

พฤษภาคม 2562

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract).....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญภาพ.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย.....2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.5 สถานที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย.....3
1.6 การดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming).....5
2.1.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect).....5
2.1.3 ก๊าซและสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน.....5
2.1.4 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential : GWP).....7
2.1.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA).....7
2.1.6 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ (Assessment of Product Greenhouse Gas Emissions).....10
2.1.7 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water Footprint of Product).....13
2.1.8 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิต (Cost of a Manufactured Product).....15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....23

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Procedure).....23

3.1.1 ศึกษาการคำนวณ.....23

3.1.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้น.....23

3.2 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง ในกรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย.....24

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope).....24

3.2.2 ขอบเขตของระบบ (System Boundary).....24

3.2.3 หน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU).....26

3.2.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory : LCI) และการเก็บข้อมูล.....26

3.3 การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง ในกรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย.....31

3.4 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม.....33

3.5 การแปลผล.....33

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....34

4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....34

4.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....36

4.3 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....39

4.4 การเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....42

5.1 สรุปผลการทดลอง.....42

5.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....42

5.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.3 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง.....43

5.2 ข้อเสนอแนะในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยกาบกล้วย.....43

เอกสารอ้างอิง.....45

ภาคผนวก ก.....48

ภาคผนวก ข.....51

ภาคผนวก ค.....53

ภาคผนวก ง.....61

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....78

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย....4
ตารางที่ 2.1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน....11
ตารางที่ 2.2 อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i 12
ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)....29
ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)....30
ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)....31
ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูน สภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)....31
ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ราคาต่อผลิตภัณฑ์ หรือต่อปี)....32
ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor of Carbon Footprint)....49
ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Emission Factor of Water Footprint)....50
ตารางที่ ข.1 ตารางการกำหนดอายุการใช้งานสินทรัพย์....52
ตารางที่ ข.2 ตารางอัตรามูลค่าซาก แยกตามอายุการใช้งานของทรัพย์สิน....52
ตารางที่ ค.3.1 การกำหนดอายุการใช้งานและอัตรามูลค่าซาก....57
ตารางที่ ค.3.2 อัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก....58

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์....8
รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นต้นทุนทั้งหมด....18
รูปที่ 3.1 แผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยกาบกล้วย....25
รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกของขั้นตอนการผลิตด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบแห้งและการขึ้นรูปแบบเปียก....28
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขนส่ง....30
รูปที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....35
รูปที่ 4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....36
รูปที่ 4.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....37
รูปที่ 4.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....38
รูปที่ 4.5 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....39
รูปที่ 4.6 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด (บาท/ปี)....40
รูปที่ 4.7 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด (บาท/ผลิตภัณฑ์)....40
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ....41
รูปที่ ง.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....62
รูปที่ ง.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....63
รูปที่ ง.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....64
รูปที่ ง.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้าและน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....64
รูปที่ ง.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....65
รูปที่ ง.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....66
รูปที่ ง.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....67
รูปที่ ง.8 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....68
รูปที่ ง.9 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....69
รูปที่ ง.10 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....70
รูปที่ ง.11 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....71
รูปที่ ง.12 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการใช้ไฟฟ้าและน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....71
รูปที่ ง.13 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....72
รูปที่ ง.14 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....73
รูปที่ ง.15 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด....74

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.16 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด.....75
รูปที่ ง.17 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด
โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ.....76
รูปที่ ง.18 การเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด
โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ.....76
รูปที่ ง.19 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่ปรับปรุง
โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ.....77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันทางการแพทย์มีการนำสัตว์ทดลองมาใช้ในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านองค์การเภสัชกรรม โดยทำการทดลองในสัตว์ฟันแทะขนาดเล็กจำพวกหนู เช่น หนูไมซ์ หนูเม้าส์ หนูตะเภา หนูแฮมสเตอร์ (มหาวิทยาลัยมหิดล ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ, 2015) นอกจากนี้ ได้มีการนำเข้าวัสดุสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม (Environmental Enrichment) สำหรับสัตว์ทดลอง เช่น วัสดุรองนอน วัสดุกัดแทะ และวัสดุสำหรับรัง เป็นต้น ทำให้วัสดุดังกล่าวมีราคาแพง อีกทั้งวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลองหากมีการกัดแทะหรือกลืนกินเข้าไป (สิตาวีร์ ธีรวิรุษห์, 2560) และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้พลาสติกมีช่วงเวลานานในการย่อยสลาย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555) การพัฒนานำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการผลิตแทนวัสดุนำเข้าที่ทำมาจากพลาสติกจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการตัดสินใจเลือกชนิดวัสดุของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง

จังหวัดพิษณุโลกเป็นแหล่งการเพาะปลูกกล้วยน้ำว้าที่สำคัญแห่งหนึ่งในเขตพื้นที่ภาคเหนือ จากข้อมูลการเพาะปลูกกล้วยน้ำว้าในปี 2559 พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูกอยู่ที่ 17,074 ไร่ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.63 ของพื้นที่ในเขตภาคเหนือ และมีผลผลิตเฉลี่ย 258 กิโลกรัมต่อไร่ (กุหลาบ หมายสุขกลาง, 2559) ในการเพาะปลูกกล้วยจะได้ผลผลิตหลักคือผลกล้วย ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยตาก อย่างไรก็ตามกล้วยจะไม่สามารถออกเครือได้อีกในรอบถัดไปจึงจำเป็นต้องตัดต้นทิ้ง (เกษตรตำบล.คอม, 2016) จึงทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งคือกาบกล้วยเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

กาบกล้วยเป็นหนึ่งในส่วนประกอบของต้นกล้วย ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือเส้นใยมีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง สามารถทนต่อแรงดึงได้ จึงเหมาะสำหรับกับการนำไปใช้เป็นวัสดุในการรองรับน้ำหนัก และในปัจจุบันได้มีการนำเอาเส้นใยจากกาบกล้วยมาประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้าน เช่น การนำมาแปรรูปเพื่อทำฉากกั้นห้อง (ศศิณัฏฐ์ หล่อธนารักษ์, 2558) การนำไปผลิตเป็นกระดาษ กรอบรูป โคมไฟ และปกสมุด (วาสนา เจริญวิเชียรฉาย, 2551) นอกจากนี้ ได้มีการศึกษางานวิจัยในระยะเริ่มต้นในการนำเอาเส้นใยกาบกล้วยจากเศษเหลือทิ้งทางเกษตรกรรมมาผลิตเป็นสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองแทนวัสดุนำเข้าที่ทำมาจากพลาสติก อย่างไรก็ตาม การผลิตสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยกาบกล้วยมีการใช้พลังงาน การใช้น้ำ และต้นทุนในการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งล้วนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทางด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emissions) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต (Cost of a Manufactured Product) ของการนำกาบกล้วยมาผลิตเป็นสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง พบว่ายังไม่มีการรายงานมาก่อน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษา

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุต-พริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก ผลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ผลิตมาจากพลาสติก และเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเหมาะสมกับสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์ทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์และประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก

1.3.2 ทราบข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุระหว่างผลิตภัณฑ์สิ่ง-เพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก

1.3.3 สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาในทางด้านนี้ต่อไป

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตตลอดวัฏ-จักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยกำหนดขอบเขตในการประเมินแบบเครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) โดยขั้นตอนที่จะศึกษาเริ่มจาก

1.4.1.1 ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

1.4.1.2 ขั้นตอนการผลิต

1.4.1.3 ขั้นตอนการใช้งาน

1.4.1.4 ขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (หลังการใช้งาน)

1.4.1.5 ขั้นตอนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกกระบวนการ

1.4.2 หน่วยการทำงาน (Functional Unit) ที่ใช้การศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี

1.4.3 การศึกษาของงานวิจัยอยู่ในระดับ Lab Scale โดยทำการเก็บข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ

1.5 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.6 การดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลา																											
	ต.ค 61				พ.ย 61				ธ.ค 61				ม.ค 62				ก.พ 62				มี.ค 62				เม.ย 62				พ.ค 62			
1. ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของสัตว์จากเส้นใยธรรมชาติ																												
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก																												
3. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์																												
4. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับต้นทุนที่ใช้ในการผลิต																												
5. เก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิต																												
6. คำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุต-พริ้นท์และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต																												
7. สรุปผลงานวิจัย																												
8. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์																												

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) หมายถึง การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุเกิดจากการกระทำและกิจกรรมของมนุษย์ คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน การเกษตร และการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) (Greenpeace Thailand, 2551)

2.1.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) หมายถึง การที่รังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกจะถูกดูดซับโดยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศและแผ่รังสีออกไปอีกครั้งในทุกทิศทาง เนื่องจากการแผ่รังสีออกไปแต่ละครั้งจะถูกส่งกลับมายังพื้นผิวโลกและบรรยากาศด้านล่าง เป็นผลทำให้ระดับอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยสูงขึ้น การที่ผิวโลกมีปริมาณเกินภาวะสมดุล ทำให้เกิดปรากฏการณ์คล้ายกระจกและทำให้อุณหภูมิระหว่างผิวโลกกับก๊าซดังกล่าวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและดินฟ้าอากาศของโลก จึงเป็นเหตุให้ตระหนักถึงผลกระทบรุนแรงที่ตามมาไม่ว่าจะเป็นการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ภูมิอากาศแปรปรวน เป็นต้น (iEnergyGuru, 2015) ทำให้มีการประชุมปรึกษาหาปัญหาและสาเหตุหลักในการประชุมที่พิธีสารเกียวโตถึงปรากฏการณ์เรือนกระจกและได้พบกับก๊าซที่สำคัญที่เป็นสาเหตุหลักๆ ของการเกิดปัญหา อยู่ 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซซัลเฟอร์เฮก-ซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) และ ก๊าซเพอร์ฟลูออริเนท (PFCs) เป็นต้น (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014b)

2.1.3 ก๊าซและสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน

จากการประชุมที่พิธีสารเกียวโตทำให้เราทราบถึงสาเหตุหลักของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ก๊าซและสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนมีทั้งหมด 7 ชนิด ดังนี้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014b)

2.1.3.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) หรือ (CO_2) เป็นก๊าซไม่มีสี ซึ่งหากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปในปริมาณมากๆ จะรู้สึกเปรี้ยวที่ปากเกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอ และหายใจไม่ออก (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562b) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลมาจากการผลิตพลังงานและการขนส่งเป็นหลักในรูปแบบต่างๆ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการทำลายป่าเพื่อใช้พื้นที่สำหรับอยู่อาศัยและการทำปศุสัตว์ยังเป็นสาเหตุสำคัญในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (GREENPEACE, 2551)

2.1.3.2 ก๊าซมีเทน (CH_4)

ก๊าซมีเทน (Methane) หรือ (CH_4) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกแอลเคน เป็นแก๊สไม่มีสี ติดไฟได้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559) และเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแก๊สธรรมชาติโดยประมาณร้อยละ 75 ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความสำคัญในการส่งผลโดยตรงต่อสภาวะโลกร้อนเป็นลำดับที่สองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สมีเทนอาจได้มาจากการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลและจากที่มนุษย์สร้างขึ้น (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562a)

2.1.3.3 ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide) หรือ (N_2O) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 296 เท่า ไนตรัสออกไซด์เป็นแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญถึงแม้มันจะมีการแผ่รังสีความร้อนน้อยกว่า (CO_2) แต่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยไนตรัสออกไซด์เป็นแก๊สเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนมากเป็นอันดับที่ 4 รองจากคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทนและไอน้ำ (GREENPEACE, 2010) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ถูกปล่อยออกมาโดยธรรมชาติจากมหาสมุทรและดิน และจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งไนตรัสออกไซด์ที่มนุษย์ก่อให้เกิดขึ้นนั้นได้มาจากการทำเกษตรกรรม (ส่วนมากโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน) และอุตสาหกรรมและยังเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ (GREENPEACE, 2010)

2.1.3.4 ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride) หรือ (SF_6) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557) ไม่ไวต่อปฏิกิริยา ก๊าซนี้ถูกนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่ ในยางรถยนต์ฉนวนไฟฟ้าการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าและในอุตสาหกรรมแมกนีเซียม ซึ่งก๊าซนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนมากที่สุด (GREENPEACE, 2010)

2.1.3.5 ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)

ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons) หรือ (HFCs) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ไม่มีตามธรรมชาติ แต่หากเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยการสังเคราะห์ขึ้นมาจาก

กระบวนผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมและถูกนำไปใช้ในระบบทำความเย็น เช่น สารทำความเย็น เป็นต้น ซึ่งก๊าซนี้มีศักยภาพการเป็นก๊าซเรือนกระจกสูงมาก (GREENPEACE, 2010)

2.1.3.6 ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)

ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen Trifluoride) หรือ (NF_3) เป็นก๊าซที่อยู่ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรขนาดเล็ก สามารถส่งผลกระทบทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 17,200 เท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014a)

2.1.3.7 ก๊าซเพอร์ฟลูออริเนท (PFCs)

ก๊าซเพอร์ฟลูออริเนท (Fluorinated Gases) หรือ (PFCs) คือกลุ่ม ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons : HFCs) และก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons : PFCs) เป็นก๊าซสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท โดยกลุ่มก๊าซฟลูออริเนตสามารถนำมาใช้แทนก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon : CFCs) ซึ่งเป็นสารที่ใช้อยู่ในเครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น สเปรย์ ยาดับเพลิง เป็นต้น (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014c)

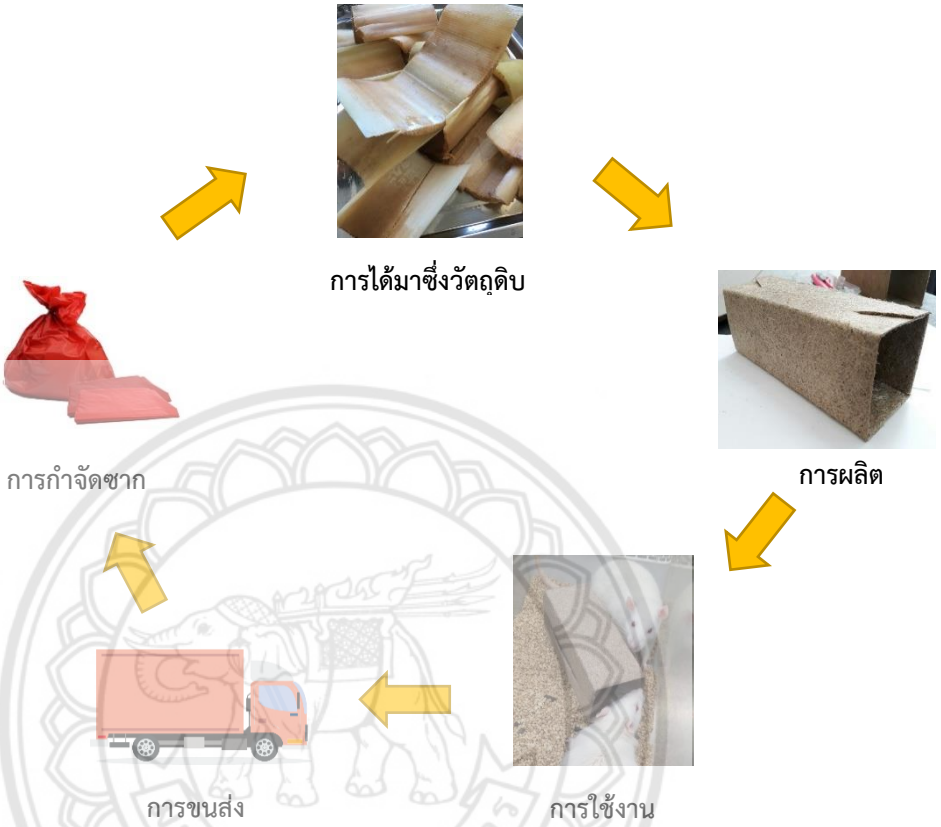
2.1.4 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential : GWP)

ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก คือ ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ตามที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) และ ก๊าซเพอร์ฟลูออริเนท (PFCs) ซึ่งก๊าซแต่ละชนิดมีความสามารถในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014b)

2.1.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ วิธีการประเมินและวิเคราะห์ถึงระบบกระบวนการ ขั้นตอนของการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจำหน่าย การใช้งานของผลิตภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์มาแปรรูปหรือขึ้นรูปใหม่และการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณของเสียที่ปล่อยออกไปสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (วันดี ลือสายวงศ์, 2551) ซึ่งในกระบวนการของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ โดยมีขั้นตอนกระบวนการของการประเมินที่เหมือนกันทางผู้ทำการวิจัยจึงได้นำมารวบรวมไว้ในที่เดียวกัน โดยนำเสนอดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

2.1.5.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal)

การกำหนดเป้าหมาย (Goal) เป็นการระบุเป้าหมายในการทำงานโดยรวมให้รอบๆ และมีความชัดเจน ครบถ้วน รวมไปถึงผลที่ได้รับจากการศึกษาและการนำไปประยุกต์ใช้ในเกิดประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ในส่วนนี้มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการปฏิบัติงานแต่ถ้าการกำหนดเป้าหมายไม่ชัดเจนก็จะทำให้ระบบการดำเนินงานเป็นไปค่อนข้างยากลำบาก (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

2.1.5.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope)

การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope) เป็นการระบุถึงขอบเขตของการศึกษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบไปด้วย หน่วยการทำงาน ขอบเขตของระบบ และระบบผลิตภัณฑ์ โดยการกำหนดขอบเขตของการประเมินนั้นจะต้องให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ซึ่งการกำหนดขอบเขตของระบบการประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้ (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

1) การกำหนดขอบเขตแบบ เครเดิล ทู เกท (Cradle to Gate) คือ จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการกำจัดซากเมื่อหมดอายุ นิยมใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

2) การกำหนดขอบเขตแบบ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) คือ จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (ธรรมชาติ) จนถึงขั้นตอนการกำจัดซาก นิยมใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้อย่างชัดเจน (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

2.1.5.3 การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลและคำนวณข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและกำหนดขอบเขตการศึกษา การคำนวณนั้นจะคำนวณปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์รวมถึงการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 รูปแบบ คือ

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมขั้นตอนการผลิต ซึ่งสามารถเข้าหาข้อมูลได้โดยตรง เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต พลังงานที่ใช้ยานพาหนะในการขนส่ง ชนิดเชื้อเพลิง ระยะทางในการขนส่ง เป็นต้น (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2012)

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลอื่นๆ โดยส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้นอกเหนือจากข้อมูลปฐมภูมิ เช่น พลังงานของประเทศ ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2012)

2.1.5.4 การแปลผลลัพธ์ (Interpretation)

เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์แล้วนำผลที่ได้มารวบรวมเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปและเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด (LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, 2549)

2.1.6 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ (Assessment of Product Greenhouse Gas Emissions)

ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การขนส่ง จนกระทั่งถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการวัดหรือการคำนวณ ซึ่งจะรายงานในหน่วยกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2 eq) (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2557)

หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีขั้นตอนในการคำนวณ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การกำจัดซาก และการขนส่ง ดังสมการที่ 2.1

$$GHG = GHG_{การได้มาซึ่งวัตถุดิบ} + GHG_{การผลิต} + GHG_{การใช้งาน} + GHG_{การกำจัดซาก} + GHG_{การขนส่ง} \quad \textbf{(2.1)}$$

1. การคำนวณขั้นตอนในการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (กาบกล้วย) ในขั้นตอนนี้จะไม่คิดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากกาบกล้วยเป็นของเสียทางการเกษตร

2. การคำนวณขั้นตอนในการผลิต

ขั้นตอนการผลิตเป็นขั้นตอนของการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ 2.2

$$GHG_{การผลิต} = A \times EF \quad \textbf{(2.2)}$$

เมื่อ GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO_2 eq)

A คือ ข้อมูลการใช้พลังงาน เชื้อเพลิง วัตถุดิบต่อกิจกรรม (หน่วย)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) (kg CO_2 eq/หน่วย)

การคำนวณหาค่า EF (Emission Factor) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$EF = E_A \times GWP \quad \textbf{(2.3)}$$

เมื่อ E_A คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อกิจกรรม (kg GHG/หน่วย)

GWP คือ ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนของก๊าซต่างๆ (kg CO_2 eq/kg GHG)

ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

GWP_{100} คือ ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี

(องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2014b)

ตารางที่ 2.1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน

Common Name	Chemical Formula	GWP_{100}
Carbon Dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Hydrofluorocarbons	HFCs	124-14,800
Perfluorinated Compounds	PFCs	7,500-12,200
Nitrous Oxide	N_2O	298
Sulfur Hexafluoride	SF_6	22,800
Nitrogen Trifluoride	NF_3	17,200

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

3. การคำนวณขั้นตอนในการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งาน สามารถคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ 2.4

$$GHG_{การใช้งาน} = A \times EF \quad \textbf{(2.4)}$$

เมื่อ GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO_2 eq)

A คือ ข้อมูลการใช้พลังงาน เชื้อเพลิง วัตถุดิบต่อกิจกรรม (หน่วย)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) (kg CO_2 eq/หน่วย)

4. การคำนวณขั้นตอนในการกำจัดซาก

ขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน แบบการฝังกลบ (Landfill) และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ โดยประเมินตามอัตราการรีไซเคิล รายละเอียดดังตารางที่ 2.2 โดยการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดซากคำนวณได้ดังสมการที่ 2.5 (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

$$GHG_{การกำจัดซาก} = \sum [Q_i \times (1-RR_i) \times EF_i] \quad \textbf{(2.5)}$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณของเสีย หรือ ซาก (kg)

RR_i คือ อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i (ค่าดังแสดงในตารางที่ 2.2)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i (kg CO_2 eq/kg)

ตารางที่ 2.2 อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i

ประเภท	อัตราการรีไซเคิล (ร้อยละ)*
แก้ว	73
กระดาษ	64
พลาสติก	35
เหล็ก	94
อะลูมิเนียม	71
ยาง	22

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2555

5. การคำนวณขั้นตอนในการขนส่ง

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการขนส่งให้ประเมินจากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ที่ได้จากการจดบันทึกจริงก่อน หากไม่มีข้อมูลจึงใช้วิธีการประเมินในลำดับถัดไป ดังนี้ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

5.1 ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งและชนิดของเชื้อเพลิง ดังสมการที่ 2.6

$$GHG_{การขนส่ง} = Q_i \times EF_i \qquad \textbf{(2.6)}$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณเชื้อเพลิง (kg) หรือ (l)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq/kg)

5.2 ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ 5.1 ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก พร้อมข้อมูลประเภทรถที่ใช้ขนส่ง ดังสมการที่ 2.7

$$GHG_{การขนส่ง} = (W_i + D_i + EF_i)_{ขาไป} + \frac{(W_i + D_i + EF_i)_{ขากลับ}}{\text{ขนาดบรรทุกของชนิดรถ}} \qquad \textbf{(2.7)}$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักการขนส่ง (ton)

D_i คือ ระยะทางการขนส่ง (km)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะ

(tkm) สำหรับการบรรทุกขาไป (km) สำหรับการบรรทุกขากลับ

2.1.7 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water Footprint of Product)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) เป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค หมายถึง การวัดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทั้งนี้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ถือเป็นค่าชี้วัดที่ชัดเจนเพราะแสดงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ประกอบไปด้วยน้ำ 3 ส่วน ซึ่งแบ่งตามชนิดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ตามแหล่งที่มา คือ รอยเท้าน้ำสีเขียว (Green Water Footprint) รอยเท้าน้ำสีน้ำ-เงิน (Blue Water Footprint) รอยเท้าน้ำสีเทา (Grey Water Footprint)

1) รอยเท้าน้ำสีเขียว (Green Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

2) รอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน (Blue Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำทะเลสาบรวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่ น้ำบาดาลที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

3) รอยเท้าน้ำสีเทา (Gray Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

สำหรับวิธีการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ISO14040 ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณโดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปลดปล่อยของเสียในรูปแบบต่างๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน

หลักการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีขั้นตอนในการคำนวณ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การกำจัดซาก และการขนส่ง ดังสมการที่ 2.8

$$WFP = WFP_{\text{การได้มาซึ่งวัตถุดิบ}} + WFP_{\text{การผลิต}} + WFP_{\text{การใช้งาน}} + WFP_{\text{การกำจัดซาก}} + WFP_{\text{การขนส่ง}} \quad \textbf{(2.8)}$$

1. การคำนวณขั้นตอนในการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (กาบกล้วย) ในขั้นตอนนี้จะไม่คิดค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เนื่องจากกาบกล้วยเป็นของเสียทางการเกษตร

2. การคำนวณขั้นตอนในการผลิต

ขั้นตอนการผลิตเป็นขั้นตอนของการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณหาค่าวอเตอร์-ฟุตพริ้นท์ ดังสมการที่ 2.9

$$WFP_{การผลิต} = Q_i \times EF_i \quad \textbf{(2.9)}$$

เมื่อ WFP คือ ค่าของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในช่วงขั้นตอนการผลิต (m^3)

Q_i คือ ปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากรและวัสดุช่วยผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ i (kg)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของแต่ละสาร i ในแต่ละช่วงของการผลิต ประกอบด้วย EF_{blue}, EF_{green}, EF_{grey} (m^3/kg)

3. การคำนวณขั้นตอนในการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งาน สามารถคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังสมการที่ 2.10

$$WFP_{การใช้งาน} = Q_i \times EF_i \quad \textbf{(2.10)}$$

เมื่อ WFP คือ ค่าของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในช่วงขั้นตอนการใช้งาน (m^3)

Q_i คือ ปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากรและวัสดุช่วยผลิตที่ใช้ในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ i (kg)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของแต่ละสาร i ในแต่ละช่วงของการใช้งาน ประกอบด้วย EF_{blue}, EF_{green}, EF_{grey} (m^3/kg)

4. การคำนวณขั้นตอนในการกำจัดซาก

ขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน แบบการฝังกลบ (Landfill) และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ โดยประเมินตามอัตราการรีไซเคิล รายละเอียดดังตารางที่ 2.2 โดยการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการกำจัดซากคำนวณได้ดังสมการที่ 2.11 (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

$$WFP_{การกำจัดซาก} = \sum [Q_i \times (1-RR_i) \times EF_i] \quad \textbf{(2.11)}$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณของเสีย หรือ ซาก (kg)

RR_i คือ อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i (ค่าในตารางที่ 2.2)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i ประกอบด้วย EF_{blue}, EF_{green}, EF_{grey} (m^3/kg) หรือ (m^3/l)

5. การคำนวณขั้นตอนในการขนส่ง

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในช่วงการขนส่งให้ประเมินจากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ที่ได้จากการจดบันทึกจริงก่อน หากไม่มีข้อมูลจึงใช้วิธีการประเมินในลำดับถัดไป ดังนี้ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร, 2558)

5.1 ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งและชนิดของเชื้อเพลิง ดังสมการที่ 2.12

$$WFP_{การขนส่ง} = Q_i \times EF_i \quad \textbf{(2.12)}$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณเชื้อเพลิง (kg) หรือ (l)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของเชื้อเพลิงตามประเภท i ประกอบด้วย ประกอบด้วย EF_{blue}, EF_{green}, EF_{grey} (m^3/kg) หรือ (m^3/l)

5.2 ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ 5.1 ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก พร้อมข้อมูลประเภทรถที่ใช้ขนส่ง ดังสมการที่ 2.13

$$WFP_{การขนส่ง} = (W_i + D_i + EF_i)_{ขาไป} + \frac{(W_i + D_i + EF_i)_{ขากลับ}}{\text{ขนาดบรรทุกของชนิดรถ}} \quad \textbf{(2.13)}$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักการขนส่ง (ton)

D_i คือ ระยะทางการขนส่ง (km)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของยานพาหนะ ประกอบด้วย EF_{blue}, EF_{green}, EF_{grey} (tkm) สำหรับการบรรทุกขาไป (km) สำหรับการบรรทุกขากลับ

2.1.8 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิต (Cost of a Manufactured Product)

ต้นทุน (Cost) ตามความหมายทั่วไป หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงินทั้งหมดที่ผู้ผลิตจ่ายออกไปเพื่อซื้อปัจจัยการผลิต ซึ่งเป็นรายจ่ายที่จ่ายออกไปให้เห็นเป็นตัวเงินจริงๆ เรียกว่า ต้นทุนชัดแจ้ง (Explicit Cost) และต้นทุนบางประการที่จ่ายออกไปอย่างเห็นได้ชัดเจน เรียกว่า ต้นทุนแฝง (Implicit Cost) เช่น ค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ซึ่งหมายถึงเมื่อนำเอาปัจจัยการผลิตไปใช้ในการผลิตสินค้าอย่างหนึ่งปัจจัยการผลิตส่วนนั้นก็จะหมดโอกาสที่จะนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีก ดังนั้นผู้ผลิตสินค้าที่นำเอาปัจจัยการผลิตส่วนที่เป็นของตนมาทำการผลิตก็จะต้องคำนวณผลตอบแทน

ให้กับปัจจัยนั้นๆ ด้วย นอกจากนั้นยังเป็นการรวมเอาค่าเสื่อมราคา (Depreciation) ของอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิต ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่ทำการผลิตเลยอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ก็ต้องเสื่อมคุณภาพไปตามเวลา ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนจึงแบ่งการวิเคราะห์ออกตามระยะเวลาได้ 2 ระยะ คือ การลงทุนระยะสั้น (Shot-run Period) และการลงทุนระยะยาว (Long-run Period) (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

2.1.8.1 การลงทุนระยะสั้น (Shot-run Period) หมายถึง ระยะเวลาในการผลิตของผู้ผลิตที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิตบางอย่างได้เมื่อต้องการขยายปริมาณการผลิต เช่น ที่ดิน ขนาดของโรงเรือน หรืออุปกรณ์เครื่องจักรส่วนปัจจัยผันแปร เช่น แรงงาน หรือปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นการผลิตในการลงทุนระยะสั้นมีต้นทุน 2 แบบคือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

ก. ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Total Fixed Cost)

ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (TFC) หมายถึง ต้นทุนการผลิตที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณผลผลิตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยคงที่ในการผลิต สามารถแบ่งต้นทุนคงที่เป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสด และต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นเงินสด (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

ต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ผู้ผลิตจะต้องจ่ายในรูปของเงินสดในจำนวนหนึ่งที่คงที่ของปี ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าภาษีที่ดิน เป็นต้น

ต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ผู้ผลิตไม่ได้จ่ายออกไปจริงในรูปของเงินสด ได้แก่ ค่าใช้ที่ดินกรณีเป็นที่ดินของตัวเอง ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ และค่าเสื่อมโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์

หลักการคำนวณต้นทุนคงที่

การคำนวณต้นทุนคงที่ มีขั้นตอนในการคำนวณ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์

1) ค่าเช่าที่ดิน กรณีที่ไม่มีที่ดินเป็นของตัวเอง คำนวณโดยใช้ค่าเช่าที่ดินทั้งหมดต่อปี หารด้วยจำนวนไร่ที่ทำการเพาะปลูกบนที่ดินนั้น และกรณีที่ใช้ที่ดินของตัวเองจะประเมินค่าใช้ที่ดินเท่ากับอัตราค่าเช่าในท้องถิ่น

2) ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ รถ-ขนส่ง เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นยา และอุปกรณ์บรรจุผลผลิต การคำนวณหาค่าเสื่อมราคาจะใช้วิธีการเส้นตรง (Straight Line Method) คำนวณจากสูตรค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ ดังสมการที่ 2.14

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)} = \frac{\text{ราคาปัจจุบัน (บาท)} - \text{มูลค่าซาก (บาท)}}{\text{อายุการใช้งาน (ปี)}} \qquad \textbf{(2.14)}$$

3) ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ เป็นค่าเสียโอกาสจากการนำเงินไปลงทุนด้านอื่น ถ้าไม่ได้นำเงินมาลงทุนคำนวณจากมูลค่าการนำเงินไปลงทุนเฉลี่ยต่อไร่ของเครื่องมืออุปกรณ์คูณกับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี (อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก ธนาคารการเกษตรและสหกรณ์เพื่อการเกษตร) โดยมูลค่าเฉลี่ยของเครื่องมืออุปกรณ์ คำนวณจากสมการที่ 2.15

$$\text{มูลค่าเฉลี่ยของเครื่องมืออุปกรณ์ (บาท)} = \frac{\text{ราคาปัจจุบัน (บาท)} + \text{มูลค่าซาก (บาท)}}{2} \qquad \textbf{(2.15)}$$

ข. ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (Total Variable Cost)

ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (TVC) หมายถึง ต้นทุนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการของผลผลิตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปรในการผลิตสามารถแบ่งต้นทุนผันแปรเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสดและต้นทุนผันแปรที่ไม่เป็นเงินสด (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสด หมายถึง ต้นทุนผันแปรที่ผู้ผลิตได้จ่ายออกไปจริงเป็นเงินสด ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าวัสดุการเกษตร และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร เป็นต้น

ต้นทุนผันแปรที่ไม่เป็นเงินสด หมายถึง เป็นค่าใช้จ่ายที่คิดให้กับปัจจัยการผลิตผันแปรต่างๆ ได้แก่ ค่าแรงงานของบุคคลในครอบครัว ค่าวัสดุที่เกษตรผลิตได้เอง และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนหมุนเวียน

หลักการคำนวณต้นทุนผันแปร

การคำนวณต้นทุนผันแปร มีขั้นตอนในการคำนวณ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าวัสดุการเกษตร ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนหมุนเวียน

1) ค่าแรงงาน ได้แก่ ค่าแรงงานรับจ้าง และค่าแรงงานในครอบครัว โดยคิดค่าแรงในแต่ละขั้นตอนการผลิต

2) ค่าวัสดุการเกษตร ได้แก่ ค่าพันธุ์ไม้ ค่าปุ๋ย ค่ายา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าไฟฟ้า คำนวณโดยนำปริมาณที่ใช้ทั้งหมดต่อปีคูณกับราคาเฉลี่ยต่อหน่วยในท้องถิ่นหารด้วยจำนวนไร่รวมทุกครั้งที่ปลูกในรอบปีจะได้ค่าวัสดุการเกษตรต่อไร่ ส่วนกรณีของค่าวัสดุการเกษตรผลิตได้เอง เช่น ปุ๋ยหมัก คำนวณโดยใช้ราคาเฉลี่ยต่อหน่วยที่ซื้อขายในท้องถิ่นนั้นมาคำนวณหรือคูณกับจำนวนวัสดุอุปกรณ์การเกษตรที่เกษตรผลิตได้เอง

3) ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตรคำนวณโดยนำค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตรที่จ่ายไปจริงในรอบ 1 ปี หารด้วยจำนวนไร่รวมทุกครั้งที่ปลูกในรอบปีจะได้เป็นค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตรต่อไร่

4) ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนหมุนเวียน คำนวณจากต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสดทั้งหมดคูณกับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี (อัตราดอกเบี้ยเงินฝากธนาคารการเกษตรและสหกรณ์เพื่อการเกษตร) แล้วนำจำนวนไร่รวมทุกครั้งที่ปลูกในรอบปีเป็นตัวหารเพื่อหาค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนหมุนเวียนเฉลี่ยต่อไร่

2.1.8.2 การลงทุนระยะยาว (Long-run Period) หมายถึง ระยะเวลาในการผลิตที่นานพอสำหรับใช้ในปัจจัยทั้งหมดในการผลิตที่แปรผันตามระดับของผลผลิตในส่วนการผลิตในระยะยาวจะไม่มีต้นทุนคงที่ มีแต่ต้นทุนผันแปรเพียงอย่างเดียว (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

ต้นทุนรวมทั้งหมด (Total Cost : TC)

ต้นทุนรวมทั้งหมด (Total Cost : TC) หมายถึง ต้นทุนรวมเป็นผลรวมของต้นทุนคงที่ทั้งหมด (TFC) และต้นทุนผันแปรทั้งหมด (TVC) ต้นทุนรวมจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อปริมาณผลผลิตที่ผลิตเพิ่มขึ้น และถ้าไม่ทำการผลิตเลยต้นทุนรวมนี้ จะเท่ากับต้นทุนคงที่ทั้งหมด (TFC) ดังสมการที่ 2.16 (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)

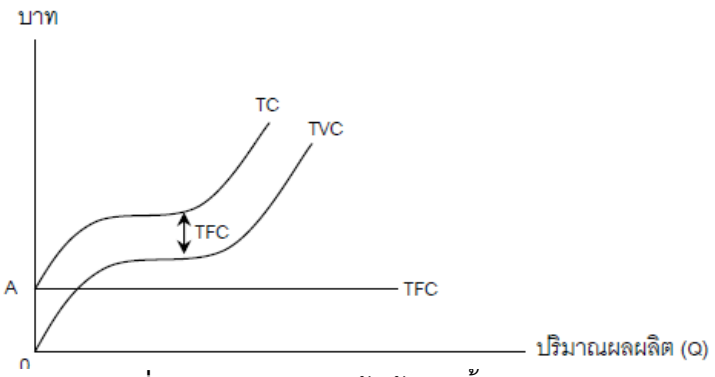
$$TC = TFC + TVC \qquad \textbf{(2.16)}$$

เมื่อ TC คือ ต้นทุนรวมทั้งหมด (Total Cost) (บาท)

TFC คือ ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Total Fixed Cost) (บาท)

TVC คือ ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (Total Variable Cost) (บาท)

เส้นต้นทุนทั้งหมด (TC) จะมีจุดเริ่มต้นจากแกนตั้ง ซึ่งแสดงถึงต้นทุนการผลิตเท่ากับค่าของต้นทุนคงที่ทั้งหมด (TFC) โดยมีลักษณะขนานกับเส้นต้นทุนผันแปรทั้งหมด (TVC) โดยช่องว่างระหว่างต้นทุนทั้งหมด (TC) กับต้นทุนผันแปรทั้งหมด (TVC) จะเท่ากับต้นทุนคงที่ทั้งหมด (TFC) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (จรัสศรี แก้วหนองยาง, 2537)



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นต้นทุนทั้งหมด

ที่มา: http://www.thaithesis.org/detail.php?id=26047, จรัสศรี แก้วหนองยาง 2537

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองด้วยเส้นใยจากธรรมชาติ รวมถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและขั้นตอนการขนส่ง ได้อ้างอิงจากงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 2010 Boki Luske (Boki Luske, 2010) ได้ทำการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกล้วยสำหรับส่งขาย ณ สาธารณรัฐคอสตาริก้า ในประเทศเยอรมนี จากการศึกษาการประเมินพบว่า กล้วยถูกขายในเครือซูเปอร์มาร์เก็ตในประเทศเยอรมนีในประเทศคอสตาริกา บริษัท Dole มีพื้นที่เพาะปลูกกล้วยประมาณ 7,000 เฮกตาร์ บริษัทเป็นเจ้าของฟาร์มกล้วย 6 แห่ง และมีผู้ปลูกกล้วยอิสระเพิ่มประมาณ 20 รายคิดเป็นพื้นที่เพิ่มขึ้นอีก 6,500 เฮกตาร์ ประมาณ ร้อยละ 65 ของกล้วย กล้วยถูกส่งไปยังสหรัฐราชอาณาจักรส่วนใหญ่ที่เหลือถูกส่งออกไปยังตลาดยุโรปโดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณ 1,124 kg CO_2 eq ต่อวัน ส่วนที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือการขนส่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62 และจากการทำฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 12

ในปี ค.ศ 2016 นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ (นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ, 2016) ได้ทำการศึกษาวิจัยเชิงประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกของร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการกำหนดหน่วยการทำงานของระบบคือเสื้อคอเชิ้ตผ้าบาติกลายดอกกุหลาบผลิตจากผ้าทอฝ้าย ขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 1 ตัว โดยทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการผลิตวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งานผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกมีค่าเท่ากับ 3.59 kg CO_2 eq กระบวนการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือกระบวนการผลิตวัตถุดิบ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณ 2.69 kg CO_2 eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.8 รองลงมาคือกระบวนการผลิต กระบวนการใช้งาน กระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย และกระบวนการขนส่ง ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.35, 8.95, 0.6 และ 0.3 ตามลำดับ การวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการเลือกใช้ผ้าทอจากเส้นใยฝ้ายที่ผลิตแบบออร์แกนิกส์และเลือกสีที่ใช้ในการย้อมลายผ้าบาติกเป็นสีจากธรรมชาติ

ในปี ค.ศ 2014 Louise Bruun Werner และคณะ (Louise Bruun Werner et.al, 2014) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตจากการเลือกบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมในประเทศเดนมาร์ก จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์นมให้โปรตีนสูงร้อยละ 27 และวิตามินดีร้อยละ 13 แคลเซียมสูงกว่าร้อยละ 55 วิตามินบี 2 สูงกว่าร้อยละ 48 และซีลีเนียมสูงกว่าร้อยละ 18 โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นมตลอดวัฏจักรชีวิตปริมาณเท่ากับ 4,631 kg CO_2 eq ต่อวัน

ในปี ค.ศ 2012 Kjartan steen-Olsen และคณะ (Kjartan Steen-Olsen et.al, 2012) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สบู่ที่ผลิตในประเทศ

บราซิลโดย Natura Cosmetics จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมการบริโภคของพลเมืองสหภาพยุโรปโดยเฉลี่ยในปี 2547 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 13.3 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ton CO_2 eq) ที่ทำให้เกิดการจัดสรรที่ดินที่มีผลผลิตทางชีวภาพทั่วโลกเฉลี่ยและวอเตอร์-ฟุตพริ้นท์ 179 ลูกบาศก์เมตร (พื้นดินและน้ำผิวดิน) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั่วโลกอยู่ที่ 5.7 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ton CO_2 eq) ระดับความสูง 1.23 กิโลกรัมเมตร และน้ำทะเล 163 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ในปี ค.ศ 2016 หัทยา ทรงนิรันดรและคณะ (หัทยา ทรงนิรันดรและคณะ, 2016) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สับปะรดแปรรูปในกระป๋อง โดยประเมินวอเตอร์-ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการประเมินตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการใช้งานจนถึงการการจัดซาก จากการศึกษาการประเมินพบว่าการได้มาซึ่งสับปะรดบรรจุกระป๋องในน้ำเชื่อม ขนาด 20 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 267 กรัม จำนวน 1 กระป๋อง ใช้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์เท่ากับ 207 ลิตรเทียบเท่า (L H_2O eq) สับปะรดบรรจุกระป๋องในน้ำสับปะรดขนาด 108 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 3,160 กรัม จำนวน 1 กระป๋อง ใช้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์เท่ากับ 2,164 ลิตรเทียบเท่า (L H_2O eq)

ในปี ค.ศ 2011 Winnie Gerbens-Leenes and Arjen Y. Hoekstra (Winnie Gerbens-Leenes and Arjen Y. Hoekstra, 2011) ได้ทำการประเมินค่าวอร์เตอร์ฟุตพริ้นท์ของสารให้ความหวานและไบโอเอทานอล แสดงให้เห็นว่า จากความต้องการอาหารและความต้องการพืชพลังงานเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันกันในเชิงพาณิชย์และมีการใช้น้ำในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย อ้อย ชูการ์บีท และข้าวโพด ไม่เพียงพอแต่เป็นพืชอาหารที่สำคัญเท่านั้น ยังเป็นพืชทางพลังงานในการผลิตไบโอเอทานอลที่สำคัญอีกด้วย จากงานวิจัย พบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั่วโลก ดังนี้ อ้อยมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 209 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) ชูการ์บีทมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 133 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) และข้าวโพดมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1,222 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton)

ในปี ค.ศ 2010 A.K Chapagain and A.Y. Hoekstra (A.K Chapagain and A.Y. Hoekstra, 2010) ได้ทำการศึกษาการประเมินค่า รอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน รอยเท้าน้ำสีเขียว และรอยเท้าน้ำสีเทาของการผลิตและการบริโภคข้าว พบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั่วโลกของการผลิตข้าวเท่ากับ 784 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี (km^3/years) เฉลี่ยเท่ากับ 1,325 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) โดยแยกเป็น รอยท้าน้ำสีเขียว ร้อยละ 48 รอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน ร้อยละ 44 และรอยเท้าน้ำสีเทา ร้อยละ 8 ซึ่งอัตราส่วนของรอยเท้าน้ำสีเขียว รอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน และรอยเท้าน้ำสีเทาจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมากตามพื้นที่และช่วงเวลาการผลิตในประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย เวียดนามไทย เมียนย์มา และฟิลิปปินส์ โดยรอยเท้าน้ำสีเขียวมีค่ามากกว่ารอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน ประมาณ 1 เท่า ยกเว้นใน สหรัฐอเมริกาและปากีสถาน ค่ารอยเท้าน้ำสีน้ำเงินมากกว่ารอยเท้าน้ำสีเขียวประมาณ 4 เท่า

ในปี พ.ศ 2555 ลักขณา เจริญสุข และคณะ (ลักขณา เจริญสุข และคณะ, 2555) ได้ทำการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่าเท่ากับ 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) ส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณการใช้น้ำจากการคายระเหยของน้ำฝนร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ พบว่า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 3.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาคใต้ โดยจังหวัดที่ใช้น้ำมากที่สุดคือ พิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) และจังหวัดที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ สุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) ดังนั้นแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจึงควรมุ่งเน้นการศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนในอนาคต

ในปี พ.ศ 2560 นิกข์นิภา บุญช่วย (นิกข์นิภา บุญช่วย, 2560) ได้ทำการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกกล้วยน้ำว้า และศึกษาสาเหตุของการเลือกอาชีพการปลูกกล้วยน้ำว้าของเกษตรกร อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ที่ทำการปลูกกล้วยน้ำว้าเป็นอาชีพหลักสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ร้อยละและค่าเฉลี่ย และใช้การวิเคราะห์ทางบัญชีการเงินประกอบด้วยกำไร (ขาดทุน) อัตรากำไรต่อยอดขายอัตรากำไรต่อเงินลงทุน (ROI ; Return on Investment) และระยะเวลาคืนทุน ข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกกล้วยน้ำว้าจากการศึกษาพบว่า การปลูกกล้วยน้ำว้าต่อไร่ต่อปี มีเงินลงทุนครั้งแรกในระยะเวลา 1 ปี จึงจะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เท่ากับ 33,884.55 บาท หลังจากเกษตรกรมีรายได้จากการขายกล้วยน้ำว้าแล้วพบว่า มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 20,184.55 บาท และรายได้เป็นเงิน 25,728.57 บาท ซึ่งผลผลิตกล้วยน้ำว้าในแต่ละไร่ได้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นกล้วยและมีกำไรสุทธิ 5,544.02 บาท และอัตราผลตอบแทนจากการปลูกกล้วยน้ำว้าเฉลี่ยต่อไร่ต่อปีพบว่า อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายร้อยละ 21.55 และอัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI ; Return on Investment) ร้อยละ 16.36 และจากการปลูกกล้วยน้ำว้าแต่ละครั้งซึ่งทำรายได้ให้เกษตรกรประมาณ 7 ถึง 10 ปีนั้น เกษตรกรต้องใช้เวลา 6 ปี 1 เดือน จึงจะได้คืนเงินลงทุนที่จ่ายไปพบว่า ผลผลิตกล้วยน้ำว้าต่อไร่ต่อปีค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับต้นทุนในการลงทุนปลูกกล้วยน้ำว้าแม้ว่าการปลูกกล้วยน้ำว้าจะปลูกง่ายดูแลรักษาไม่ยากเป็นที่ต้องการของตลาดเพราะนำไปใช้ประโยชน์และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้

ในปี พ.ศ 2554 สุขใจ ตอนปัญญา (สุขใจ ตอนปัญญา, 2554) ได้ทำการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกรหมู่ 5 ตำบลหัวดง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร โดยการออกแบบสอบถาม ซึ่งเป็นเกษตรกรรายย่อยมีขนาดพื้นที่การปลูกข้าว 10 – 30 ไร่ จำนวน 10 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากพิจารณาเห็นว่าเกษตรกรมีวิธีการเกี่ยวกับการปลูกข้าวไม่แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลสำหรับช่วงเวลาการเพาะปลูกเดือนมิถุนายน – กันยายน 2554 ผลการศึกษา พบว่ามีต้นทุนรวมเฉลี่ย 5,083.27 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 614 บาทต่อไร่ อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุนร้อยละ 12.08 อัตรากำไรต่อยอดขายร้อยละ 10.40 อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI ; Return on

Investment) ร้อยละ 9.16 อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (ROA ; Return on Assets) ร้อยละ 34.80 และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 0.55 ตัน ต้นทุนการปลูกข้าวประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ต้นทุนค่าวัตถุดิบร้อยละ 13 ต้นทุนค่าแรงงานร้อยละ 24 และต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตร้อยละ 63

ในปี พ.ศ 2555 สลักฤทัย และ ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน (สลักฤทัย และ ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน, 2555) ได้ทำการศึกษาการบริหารต้นทุนและผลตอบแทนผลิตภัณฑ์จากผ้าทอไทลื้อ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ผลการศึกษา พบว่าต้นทุนในการลงทุนผลิตผลิตภัณฑ์จากผ้าทอไทลื้อ ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกและค่าใช้จ่าย ในการดำเนินงาน โดยค่าใช้จ่ายในการลงทุนเท่ากับ 25,883 บาท ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 9,400.33 บาท ประกอบด้วย ต้นทุนวัตถุดิบ ค่าแรงงานทางตรง ค่าใช้จ่ายในการผลิตอายุโครงการ 5 ปี ต้นทุนการผลิตผ้าซิ่นไทลื้อเท่ากับ 300.81 บาท ผ้าตัดชุดเท่ากับ 541.47 บาท ผ้าเช็ดหน้าเท่ากับ 18.05 บาท ผ้าปูโต๊ะเท่ากับ 240.65 บาท ผ้าคลุมเตียงเท่ากับ 1,203.26 บาท เสื้อป๊ดเท่ากับ 550.81 บาท และถุงย่ามเท่ากับ 110.24 บาท มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 8.00 เท่ากับ 484,044.06 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์และใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 เดือน 17 วัน กลุ่มผู้ผลิตควรจะมีการจัดหาแหล่งวัตถุดิบที่มีราคาถูก ส่งเสริมให้ความรู้แก่สมาชิกให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ บำรุงรักษา ทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน มีการจดบันทึก การผลิตเพื่อจะได้ทราบว่าต้นทุนและรายได้จากการผลิตซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ใช้ในการบริหารต้นทุนให้มีประสิทธิภาพ

ในปี พ.ศ 2558 ธานินทร์ ไชยเยชน์ (ธานินทร์ ไชยเยชน์, 2558) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกกลุ่มทอผ้าไหมบ้านหนองตาไก้ จังหวัดบุรีรัมย์ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณขายจำนวน 498 ผืน คิดเป็นรายได้รวมเท่ากับ 314,260 บาทต้นทุนรวมเท่ากับ 293,127.50 บาท ซึ่งต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากผ้าไหม ประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร โดยเกือบ 2 ใน 4 เป็นต้นทุนวัตถุดิบทางตรง เมื่อพิจารณาผลตอบแทนที่ได้ภายใต้สมมติฐานทั้งสอง พบว่า ค่อนข้างแตกต่างกันมาก เนื่องจากต้นทุนค่าแรงงานทางตรงมีสัดส่วนค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 31.02 ของต้นทุนรวม โดยกรณีรวมต้นทุนค่าแรงงานทางตรง ค่าอัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI ; Return on Investment) เท่ากับ ร้อยละ 5.19 ค่าอัตรากำไรสุทธิ (NPM ; Net Profit Margin) เท่ากับ ร้อยละ 6.72 ขณะที่จุดคุ้มทุนด้านรายได้จากการขายเท่ากับ 87,215.69 บาท และจุดคุ้มทุนด้านปริมาณขายเท่ากับ 91.40 ผืน ส่วนกรณีไม่รวมต้นทุนค่าแรงงานทางตรง ค่าอัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI ; Return on Investment) เท่ากับ ร้อยละ 35.40 ค่าอัตรากำไรสุทธิ (NPM ; Net Profit Margin) เท่ากับ ร้อยละ 35.66 ขณะที่จุดคุ้มทุนด้านรายได้จากการขายเท่ากับ 40,018.97 บาท และจุดคุ้มทุนด้านปริมาณการขาย 41.94 ผืน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยของการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองในกรณีศึกษาจากเส้นใยธรรมชาติ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูล การสอบถาม แหล่งที่มาของข้อมูล ขอบเขตการศึกษา การนำข้อมูลมาใช้งาน โดยขอบเขตของการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ คือ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) ซึ่งเป็นการศึกษาโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการนำไปใช้ และขั้นตอนการกำจัดซากหลังจากการใช้งาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Procedure)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเป็นกระบวนการดำเนินงานตามหลักการและทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในบทที่ 2 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของขั้นตอนกระบวนการต่างๆ

3.1.1 ศึกษาการคำนวณ

ศึกษาการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง หลังจากที่ได้มีการทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะปลูกต้นกล้วยน้ำว้าการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ตลอดจนการจำกัดซากของผลิตภัณฑ์เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงได้นำข้อมูลมาทำการศึกษาหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์-ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต ซึ่งในส่วนของการศึกษาทั้งหมดนี้ทำให้ทราบถึงค่าปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกของในแต่ละขั้นตอน และในทั้งหมดนี้จึงเป็นข้อมูลในการนำไปหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยวิธีการคำนวณได้อ้างอิงมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และหนังสือการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 การสำรวจและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

เมื่อทราบวิธีการคำนวณและข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.1 แล้ว ทำให้ทราบถึงข้อมูลที่จะใช้ในการจัดเก็บข้อมูลในรูปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการจัดเก็บข้อมูลทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยธรรมชาติจาก

การสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องและจากการศึกษาจากข้อมูลที่นำมาอ้างอิง เช่น วารสารที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดข้อมูลจะแสดงในบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในหัวข้อ 3.2

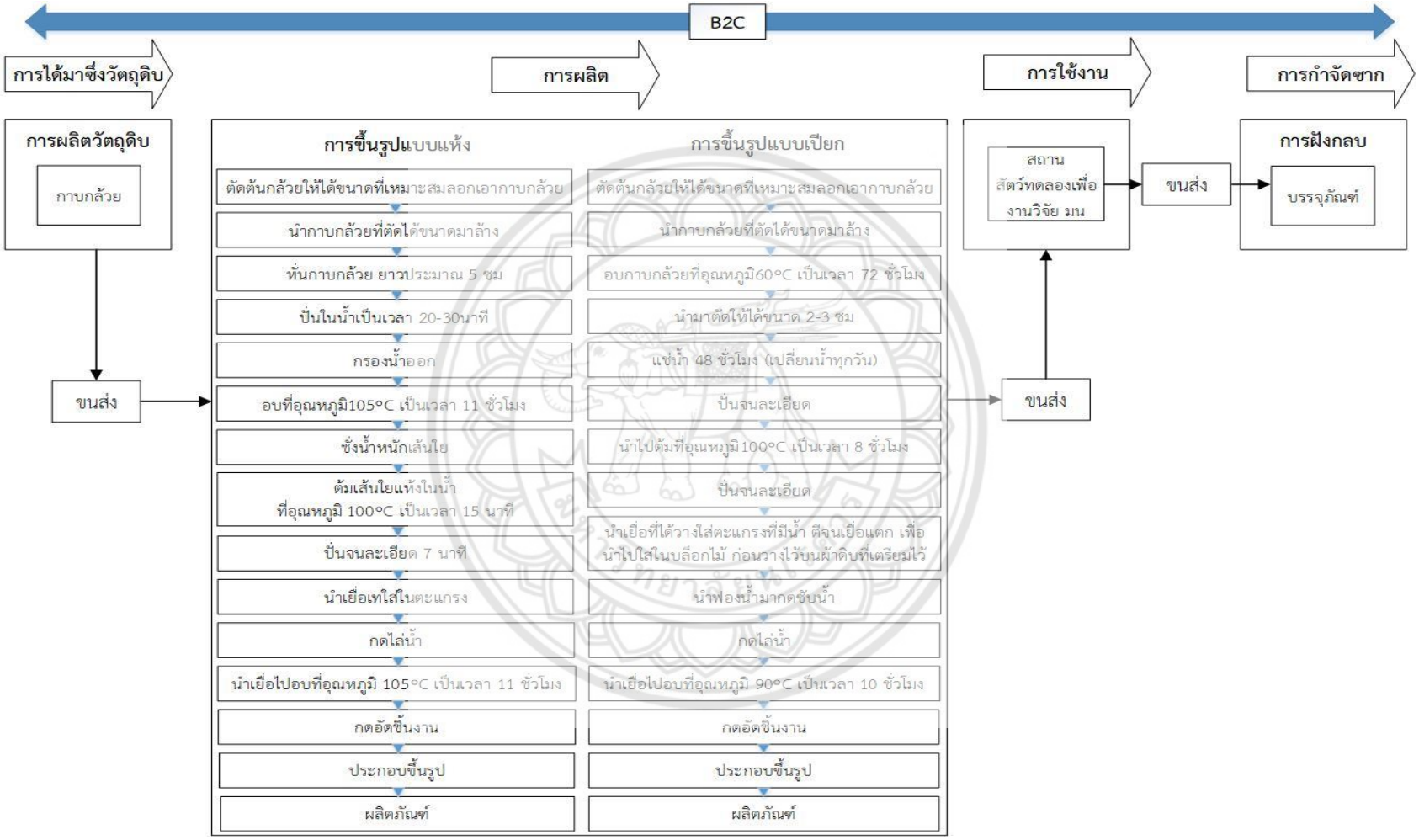
3.2 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองในกรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต โดยใช้ขอบเขตการศึกษาคือ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) ตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียกจะนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ผลิตมาจากพลาสติก โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นหลัก

3.2.2 ขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ขอบเขตของระบบสำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจะเริ่มต้นจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (กาบกล้วย) ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการนำไปใช้ ตลอดจนขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 อย่างไรก็ตาม กาบกล้วยซึ่งเป็นของเสียทางการเกษตรจะไม่นำมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ นอกจากนี้ การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนต่างๆ จะไม่นำมาคำนวณรอยเท้าน้ำสีเทา เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่มีการใช้สารเคมี ดังนั้นน้ำที่ปล่อยออกมาจึงไม่มีมลพิษเจือปน



รูปที่ 3.1 แผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยกาบกล้วย

3.2.3 หน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU)

งานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก กับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ผลิตมาจากพลาสติก โดยหน่วยการทำงานที่ใช้ในการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและวอเตอร์-ฟุตพริ้น คือ ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี หรือเทียบเท่ากับการใช้งานผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 121 ชิ้นงานต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติก 1 ชิ้น มีอายุการใช้งานประมาณ 1 ปี สำหรับต้นทุนการใช้งานจะใช้หน่วยการทำงานคือ ราคาต่อผลิตภัณฑ์

3.2.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory : LCI) และการเก็บข้อมูล

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเป็นการจัดเก็บข้อมูลของปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยทำการจัดเก็บข้อมูลตั้งแต่ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (กาบกล้วย) การขนส่งลำต้นของกล้วยจากไร่ไปยังมหาวิทยาลัยนเรศวร ขั้นตอนการผลิต การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังสถานสัตว์ทดลอง ขั้นตอนการใช้งาน จนกระทั่งขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ โดยมีขั้นตอนรายละเอียดดังนี้

3.2.4.1 ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (กาบกล้วย)

กาบกล้วยเป็นเศษเหลือทิ้งที่ได้จากต้นกล้วย หลังจากได้ผลกล้วยที่นำไปแปรรูปแล้ว กล้วยจะไม่สามารถออกเครือได้อีกในรอบถัดไปจึงจำเป็นต้องตัดต้นทิ้ง จึงทำให้มีเศษเหลือทิ้งของกาบกล้วยเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้นำกาบกล้วยมาใช้ในงานวิจัยจึงไม่นำมาคิดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

3.2.4.2 ขั้นตอนการผลิต

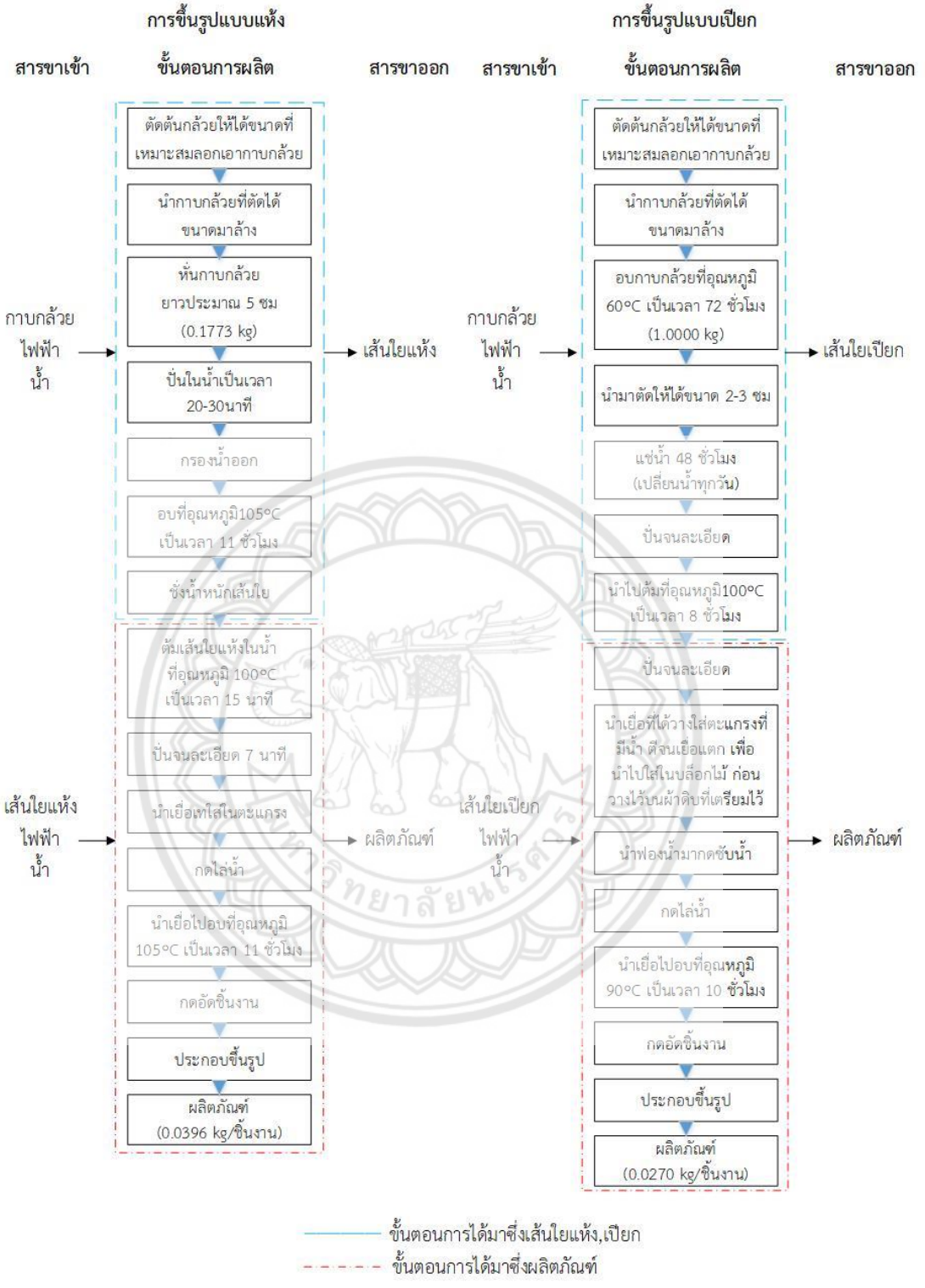
หลังจากได้ต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากไร่แล้ว ต้นกล้วยจะถูกส่งมายังคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำมาผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยขั้นตอนการผลิตมีการขึ้นรูปอยู่ 2 รูปแบบ คือ ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบแห้งและขั้นตอนการขึ้นรูปแบบเปียก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. ผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการแบบแห้ง ตัดต้นกล้วยให้ได้ขนาดที่เหมาะสมลอกเอากาบกล้วย นำกาบกล้วยที่ตัดได้ขนาดมาล้าง ตัดกาบกล้วยยาวขนาด 5 เซนติเมตร นำไปปั่นเป็นเวลา 20-30 นาที นำออกมากรองแยกน้ำ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง จะได้เส้นใยแห้ง นำเส้นใยแห้งไปต้มด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 7 นาที จากนั้นเอาเส้นใยวางที่ตะแกรงพร้อมเกลี่ยไล่น้ำ เพื่อกดไล่น้ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศา-

เซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง จะได้แผ่นของชิ้นงาน นำไปกดอัดด้วยเครื่องกดอัดไฟฟ้า เพื่อให้ได้ความแข็งแรง จากนั้นประกอบเป็นรูปทรงและจะได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

ข. ผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการแบบเปียก ตัดต้นกล้วยให้ได้ขนาดที่เหมาะสมลอกเอากาบกล้วย นำกาบกล้วยที่ตัดได้ขนาดมาล้าง แล้วนำกาบกล้วยไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำกาบกล้วยที่อบแล้วมาตัดให้ได้ขนาด 2-3 เซนติเมตร แล้วแช่น้ำ 7 วัน (มีการเปลี่ยนน้ำทุกวัน) หลังจากนั้นนำไปปั่นจนละเอียด นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นจนละเอียดอีกรอบ จากนั้นนำใส่บล็อกไม้เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นเปียก กดไล่น้ำเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะได้แผ่นชิ้นงาน นำไปกดอัดด้วยเครื่องกดอัดไฟฟ้า เพื่อให้ได้ความแข็งแรง จากนั้นประกอบเป็นรูปทรงและจะได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ โดยแสดงในรูปที่ 3.2 และแสดงดังตารางที่ 3.1

มหาวิทยาลัยนเรศวร



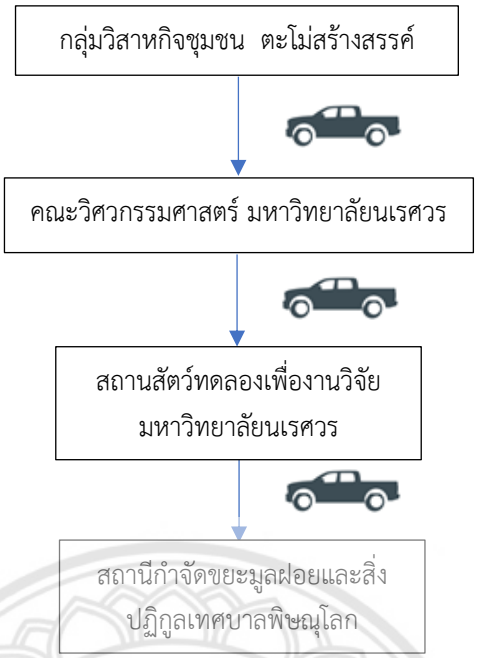
รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกของขั้นตอนการผลิตด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบแห้งและแบบเปียก

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณ		วิธีการเก็บข้อมูล
	การขึ้นรูปแบบแห้ง	การขึ้นรูปแบบเปียก	
การได้มาซึ่งเส้นใย			
สารขาเข้า			จากการทดลอง
กาบกล้วย (kg)	0.1773	1.0000	
น้ำรวม (m^3)	0.0010	0.0222	
ไฟฟ้ารวม (kWh)	0.6631	35.3840	
สารขาออก			จากการทดลอง
เส้นใย (kg)	0.0507	0.3363	
น้ำเสียรวม (m^3)	0.0010	0.0217	
การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์			
สารขาเข้า			จากการทดลอง
เส้นใย (kg)	0.0507	0.3363	
น้ำรวม (m^3)	0.0070	0.0020	
ไฟฟ้ารวม (kWh)	4.4921	3.8666	
สารขาออก			จากการทดลอง
ผลิตภัณฑ์ (kg)	0.0396	0.0270	
น้ำเสียรวม (m^3)	0.0049	0.0020	

3.2.4.3 ขั้นตอนการขนส่ง

ในขั้นตอนการขนส่งนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของยานพาหนะและระยะทางในการขนส่งของแต่ละขั้นตอนในการขนส่ง ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1. การขนส่งวัตถุดิบ 2. การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร 3. การขนส่งซากผลิตภัณฑ์ไปสถานีกำจัดขยะ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวนี้ได้มาจากการสัมภาษณ์ โดยขั้นตอนการขนส่งและปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกแสดงดังรูปที่ 3.3 และแสดงดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขนส่ง

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)

ขั้นตอนการขนส่ง	ชนิดพาหนะ	ระยะทาง (km)	ปริมาณ (kg)	
			การขึ้นรูปแบบแห้ง	การขึ้นรูปแบบเปียก
1.ขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวกรรมศาสตร์	รถกระบะ 4 ล้อ	17.1	0.1773	1.0000
2.ขนส่งผลิตภัณฑ์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ไปยังสถานสัตว์ทดลอง	รถกระบะ 4 ล้อ	0.9	0.0396	0.0270
3.ขนส่งซากผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเทศบาลพิษณุโลก	รถกระบะ 4 ล้อ	25.8	0.0396	0.0270

3.2.4.4 การใช้งาน

การใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง จะต้องทำการฆ่าเชื้อโดยการฉายแสงยูวีก่อนการนำไปใช้กับสัตว์ทดลองเพื่อป้องกันการติดเชื้อและความปลอดภัยของสัตว์ โดยขั้นตอนการใช้งานจะมีปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกแสดงดังในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)

ขั้นตอนการใช้งาน	ปริมาณ		วิธีการเก็บข้อมูล
	การขึ้นรูปแบบแห้ง	การขึ้นรูปแบบเปียก	
สารขาเข้า			
ไฟฟ้า (kWh)	0.0144	0.0144	จากการสัมภาษณ์

3.2.4.5 การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

ในขั้นตอนการกำจัดซากนี้จะเป็นการกำจัดของเสียทุกขั้นตอน ด้วยวิธีการฝังกลบ ซึ่งจะแบ่งการกำจัดออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. การกำจัดถุงพลาสติก PE ที่ใช้สำหรับทิ้งชิ้นงาน 2. การกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (กาบกล้วย) 3. การกำจัดน้ำเสียรวมของทุกๆ ขั้นตอน ซึ่งทำการกำจัดซากที่สถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เทศบาลพิษณุโลก โดยจะแสดงรายละเอียดของปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออก ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี)

ขั้นตอนการกำจัดซาก	ปริมาณ		วิธีการเก็บข้อมูล
	การขึ้นรูปแบบแห้ง	การขึ้นรูปแบบเปียก	
ถุงพลาสติก PE (kg)	0.0009	0.0009	จากการทดลอง
ซากผลิตภัณฑ์ (กาบกล้วย) (kg)	0.0396	0.0270	
น้ำเสียรวม (m^3)	0.0059	0.0237	

3.3 การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองในกรณีศึกษาจากเส้นใยกาบกล้วย

การประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเป็นการคำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยการประเมินต้นทุนจะแบ่งเป็น 2 ต้นทุน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ซึ่งต้นทุนคงที่จะประกอบด้วย ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ ส่วนต้นทุนผันแปรจะประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าขนส่ง ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า

ค่าสถานที่ รายละเอียดของราคาจะแสดงดังตารางที่ 3.5 ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดราคาค่าเช่าที่ดินในการเพาะปลูกกล้วย เนื่องจากวัสดุที่เรานำมาใช้ (กาบกล้วย) เป็นของเสียทางการเกษตร และไม่คิดค่าขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค การใช้งาน และการกำจัดซาก เนื่องจากการประเมินต้นทุนของผลิตภัณฑ์จะสิ้นสุดแค่การผลิตเท่านั้น

ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับต้นทุนที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ (ราคาต่อผลิตภัณฑ์ หรือต่อปี)

รายละเอียด	ราคา (บาท/ปี)		วิธีการเก็บข้อมูล
	การขึ้นรูปแบบแห้ง	การขึ้นรูปแบบเปียก	
ต้นทุนคงที่			
1. ค่าเช่าที่ดิน (ปลูกกล้วย)	*0*	*0*	
2. ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	***51,662.27***	***51,662.27***	คำนวณจาก
เครื่องปั่น	340.27	340.27	สมการ (2.14)
เตาอบ	6,440	6,440	
เครื่องชั่ง	7,728	7,728	
เครื่อง hot plate	3,404	3,404	
เครื่องกดอัด	33,750	33,750	
3. ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์	***6,527.06***	***6,527.06***	คำนวณจาก สมการ (2.15)
เครื่องปั่น	29.96	29.96	
เตาอบ	567	567	
เครื่องชั่ง	680.40	680.40	
เครื่อง hot plate	299.70	299.70	
เครื่องกดอัด	4,950	4,950	
ต้นทุนผันแปร			
1. ค่าแรงงาน	***144,031.91***	***144,180***	จากการคำนวณ
ค่าตัดกล้วย	31.91	180	ดูรายละเอียด
ค่าทำชิ้นงาน	144,000	144,000	จากภาคผนวก ค
2. ค่าขนส่ง	***40.63***	***40.63***	
จากไร่มาคณะวิศวกรรมศาสตร์	40.63	40.63	
3. ค่าน้ำ	***73.15***	***220.80***	
4. ค่าไฟฟ้า	***20,555.23***	***171,353.22***	
5. ค่าสถานที่	***60,000***	***60,000***	

3.4 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง จะคำนวณตามสูตรของ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และใช้โปรแกรม SimaPro 8.3.0.0 ในการคิดค่าบางส่วน โดยจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2 eq) และในรูปแบบลูกบาศก์เมตรน้ำ (m^3H_2O) ในส่วนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตของต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง จะคำนวณตามสูตรต้นทุนการผลิตของเศรษฐศาสตร์ จะแสดงผลออกมาในรูปแบบของราคาต่อผลิตภัณฑ์

3.5 การแปลผล

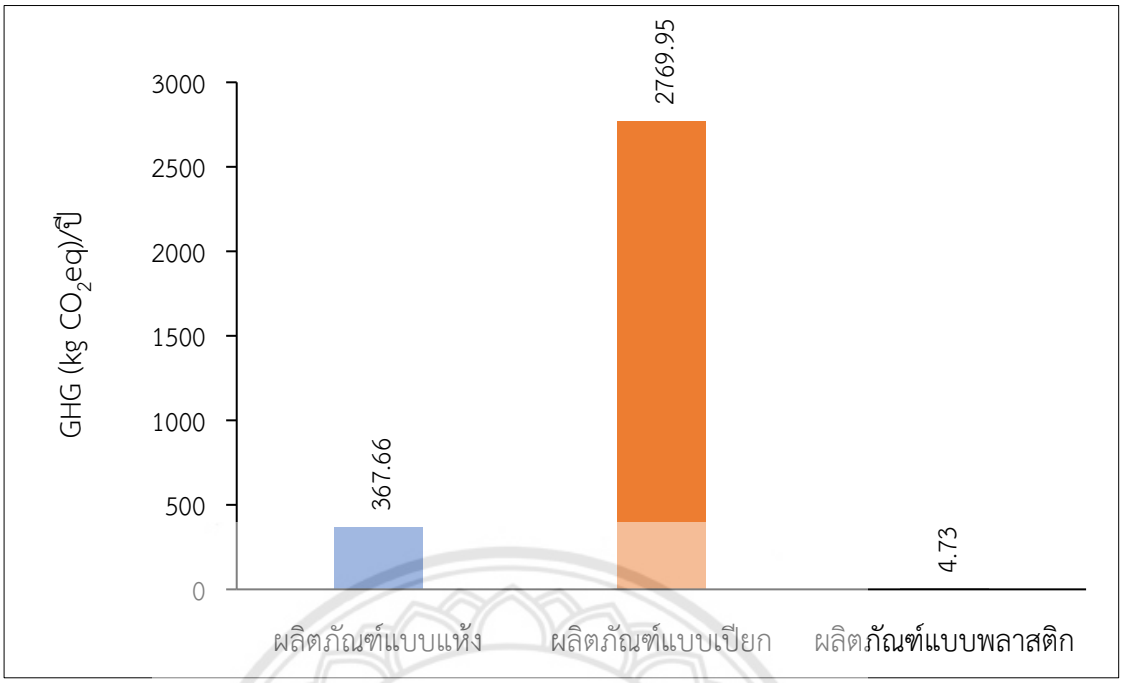
เป็นการแปลผลจากขั้นตอนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยที่สามารถรู้ได้อย่างชัดเจนว่าวัตถุดิบใด หรือกระบวนการใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงอย่างไรได้บ้างเพื่อทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุต-พริ้นท์ และการใช้พลังงานลดลง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต โดยมีขอบเขตของการคำนวณปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การขนส่ง ตลอดจนการกำจัดซาก ซึ่งผลที่ได้แสดงได้ดังต่อไปนี้

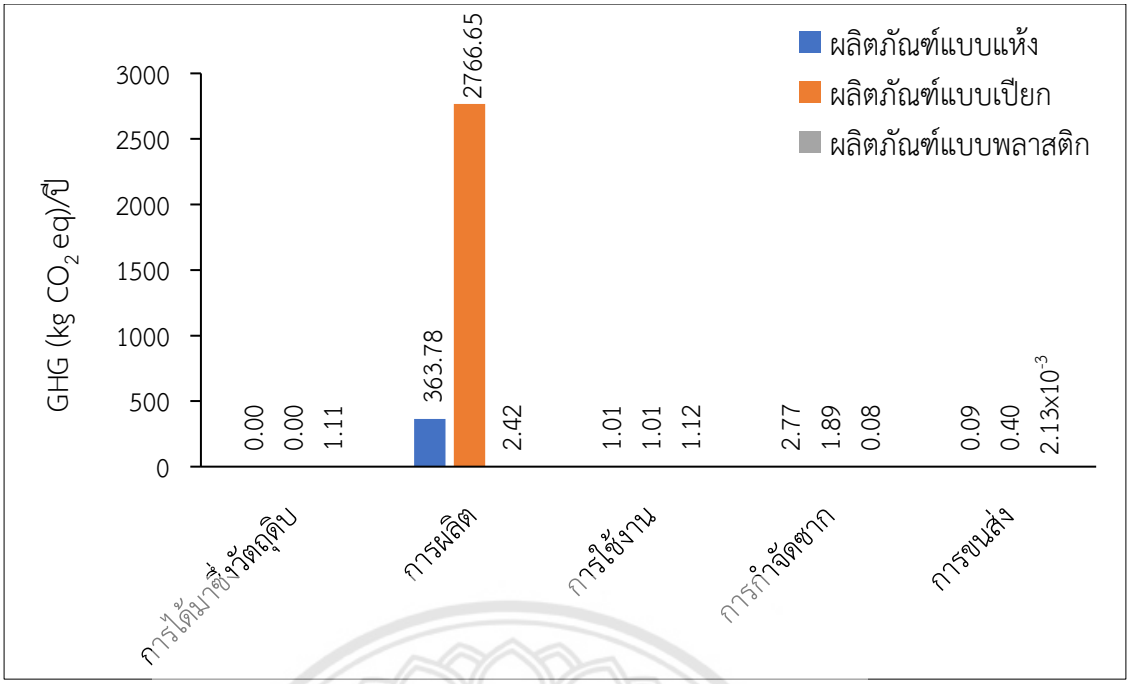
4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก พบว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,769.95 และ 367.66 kg CO_2 eq/ปี ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิดมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก 4.73 kg CO_2 eq/ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิดมีการใช้น้ำและไฟฟ้าในการผลิตมากกว่า และผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีจำนวนการใช้งานมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกเนื่องจากผลิตภัณฑ์แบบเปียกและแบบแห้งมีการเปลี่ยนทุกๆ 3 ชิ้นต่อสัปดาห์ ในขณะที่พลาสติก 1 ชิ้น มีอายุการใช้งาน 1 ปี



รูปที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

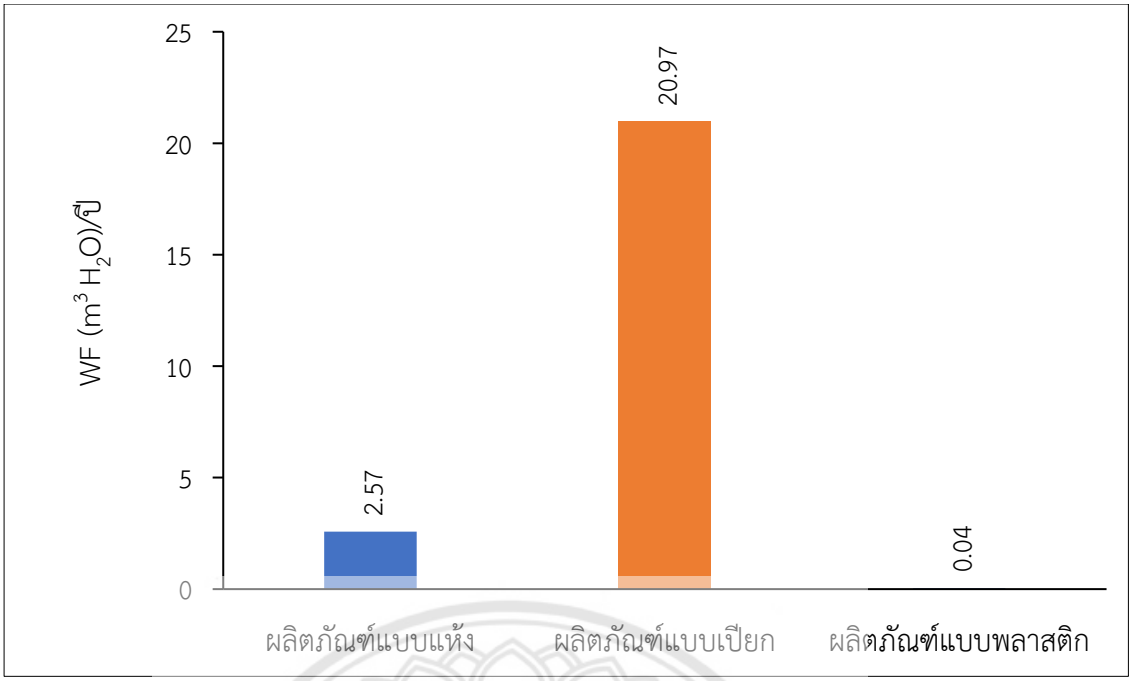
โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แบบแห้งและแบบเปียกเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้: การผลิต > การกำจัดซาก > การใช้งาน > การขนส่ง > การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้า (ในการอบกาบกล้วยสด การต้มเส้นใย และอบแผ่นชิ้นงานเปียก) คิดเป็นร้อยละ 89.85 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด สำหรับขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้า (ในการอบแผ่นชิ้นงานเปียกและอบกาบกล้วยสด) ปริมาณมาก คิดเป็นร้อยละ 82.68 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกพบว่าขั้นตอนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 66.68 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการฉีดขึ้นรูป รองลงมาคือขั้นตอนการใช้งานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 30.98 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้า (ในการฉายแสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์) รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนแสดงในภาคผนวก ง.1



รูปที่ 4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

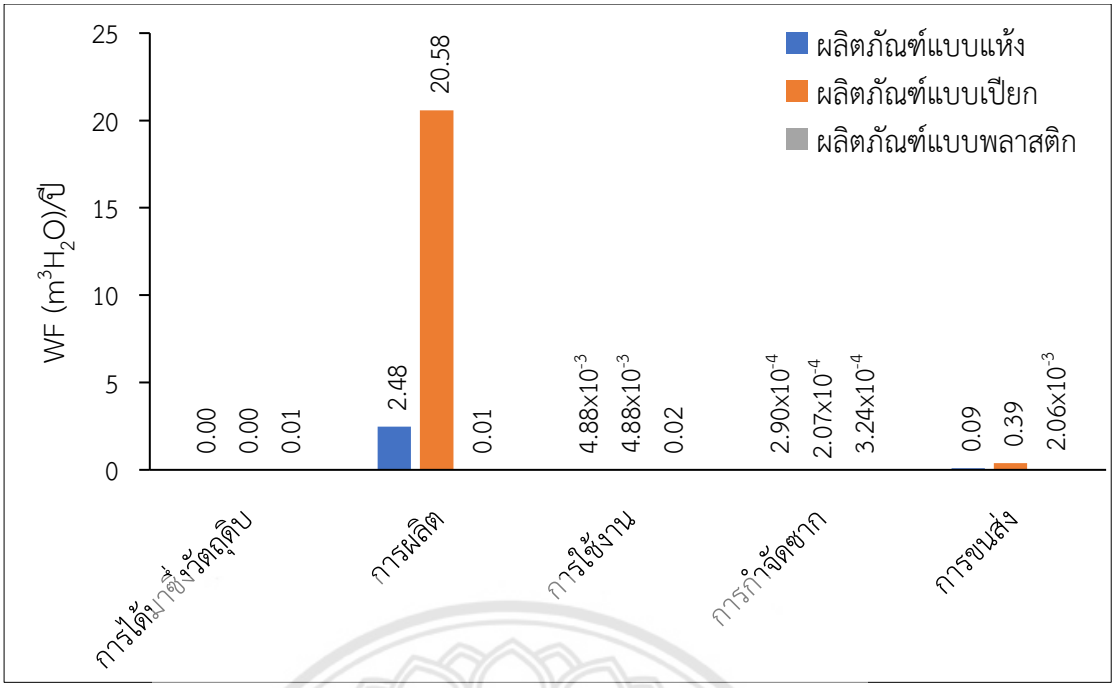
4.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2.57 m^3 H_2O/ปี และผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 20.97 m^3 H_2O/ปี ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.04 m^3 H_2O/ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.3 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีการใช้ไฟฟ้าในการผลิตและจำนวนชิ้นงานที่ใช้ต่อ 1 ปี มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก สาเหตุมาจากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนชิ้นงานสัปดาห์ละ 3 ชิ้นงาน หรือ 121 ชิ้นงาน ต่อ 1 ปี ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีอายุการใช้งาน 1 ชิ้นงาน ต่อ 1 ปี



รูปที่ 4.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

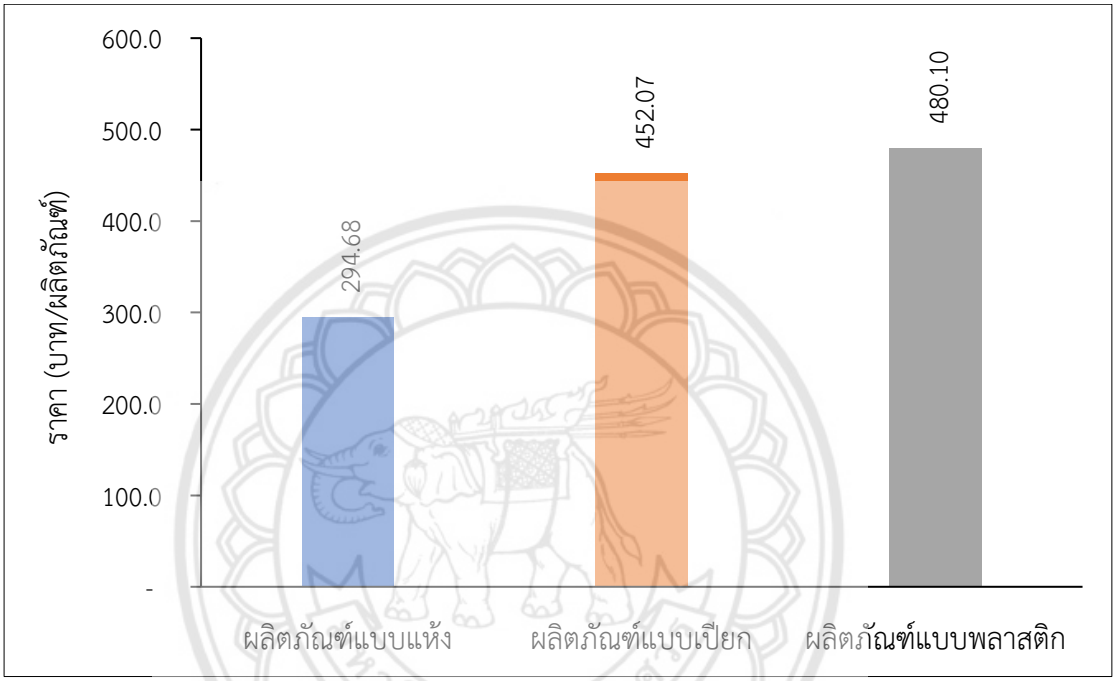
โดยปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แบบแห้งและแบบเปียก พบว่า ในขั้นตอนการผลิต มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าขั้นตอนอื่นๆ รองลงมาเป็น การขนส่ง การใช้งาน การกำจัดซาก และการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยขั้นตอนการผลิต พบว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบแห้ง คิดเป็นร้อยละ 57.09 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้า (ในการอบกาบกล้วยสด ต้มเส้นใย และอบแผ่นชิ้นงานเปียก) และมีการใช้น้ำ คิดเป็นร้อยละ 22.62 จากการเปลี่ยนน้ำในการแช่กาบกล้วยแห้งหลังการอบเป็นเวลา 7 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คิดเป็นร้อยละ 56.84 ของ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้า (ในการอบกาบกล้วยสดและอบแผ่นชิ้นงานเปียก) ในส่วนของผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกพบว่าขั้นตอนการใช้งานมีค่าของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าขั้นตอนอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 51.06 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้า (จากการฉายแสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์) และมีการใช้น้ำ คิดเป็นร้อยละ 39.16 จากการใช้น้ำล้างผลิตภัณฑ์ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ในวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนแสดงในภาคผนวก ง.2



รูปที่ 4.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

4.3 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก พบว่ามีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่อผลิตภัณฑ์เท่ากับ 294.73 และ 452.08 บาท ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับราคาขายของผลิตภัณฑ์พลาสติกพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 4.5

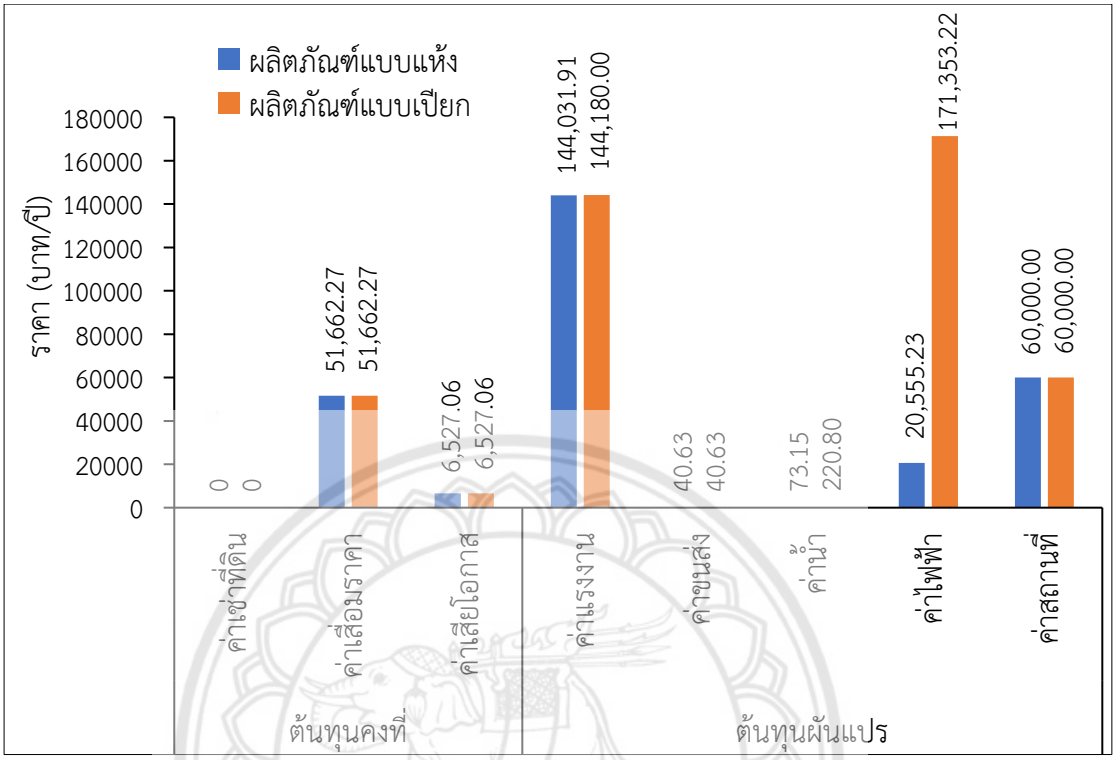


รูปที่ 4.5 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

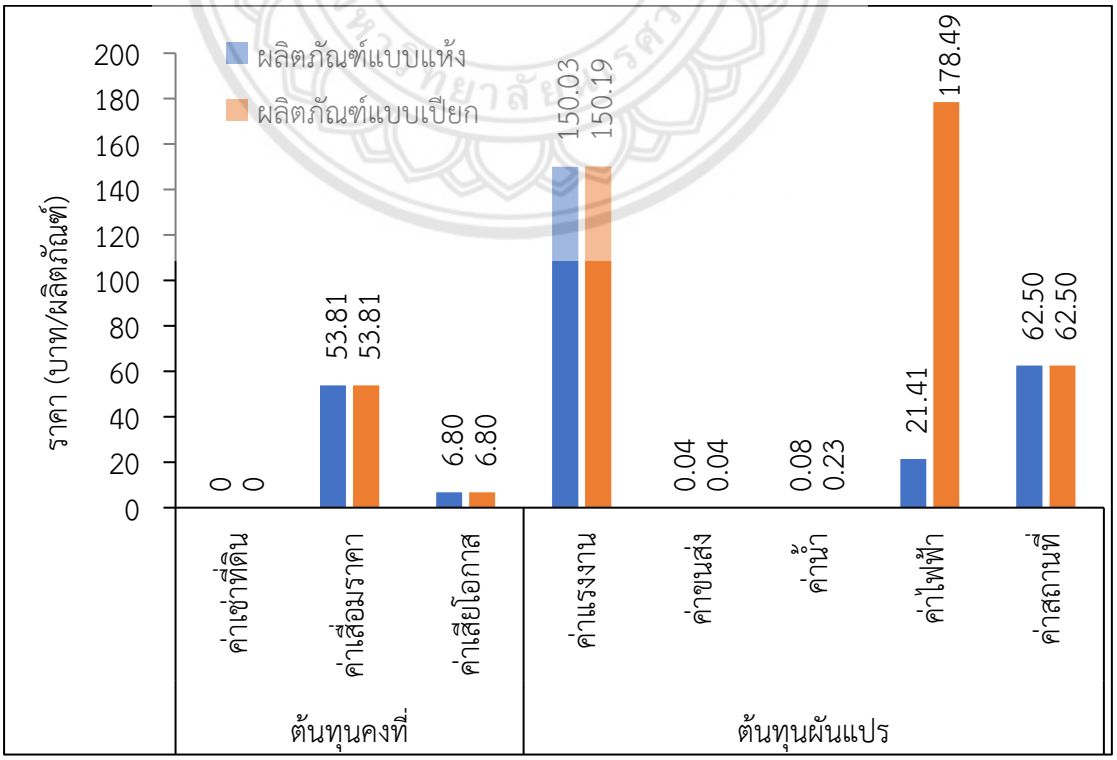
สำหรับต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่อปีของผลิตภัณฑ์แบบแห้งและแบบเปียก ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตส่วนมากมาจากต้นทุนผันแปรซึ่งมีค่าเท่ากับ 224,700.93 บาท/ปี หรือ 294.68 บาท/ผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยเรียงลำดับส่วนประกอบของต้นทุนผันแปรจากมากไปน้อยดังนี้: ค่าแรงงาน > ค่าสถานที่ > ค่าไฟฟ้า > ค่าน้ำ > ค่าขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยต้นทุนที่ใช้ในการผลิตในส่วนของค่าแรงงาน คิดเป็นร้อยละ 50.91 ของต้นทุนทั้งหมด สาหตุมาจากค่าจ้างในการทำชิ้นงานต่อปีมีการผลิตออกมาจำนวนน้อยและค่าจ้างตัดกล้วยในแต่ละรอบที่นำมาใช้ในการผลิต ส่งผลให้มีค่าต้นทุนแรงงานที่มาก รองลงมาคือค่าสถานที่ คิดเป็นร้อยละ 21.21 ของต้นทุนทั้งหมด

ผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตส่วนมากมาจากต้นทุนผันแปรมีค่าเท่ากับ 375,794.65 บาท/ปี หรือ 452.07 บาท/ผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 เรียงลำดับส่วนประกอบของต้นทุนผันแปรจากมากไปน้อยดังนี้: ค่าไฟฟ้า > ค่าแรงงาน > ค่าสถานที่ > ค่าน้ำ > ค่าขนส่ง ซึ่งต้นทุนที่ใช้ในการผลิตที่มาจากค่าไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 39.48 ของต้นทุนทั้งหมด (จากการใช้อบกาบกล้วยสด อบแผ่นชิ้นงานเปียก ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย และกดอดชิ้นงาน) รองลงมาเป็นค่าแรงงานคิดเป็นร้อยละ 33.22 ของต้นทุนทั้งหมด สำหรับต้นทุนคงที่ของผลิตภัณฑ์แบบแห้งและแบบเปียกมี

ค่าต้นทุนคงที่เท่ากับ คือ 58,189.32 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 20.57 และ 13.41 ของต้นทุนทั้งหมด ตามลำดับ เนื่องมาจากใช้อุปกรณ์ในการทดลองเป็นชุดเดียวกันจึงทำให้มีค่าต้นทุนคงที่เท่ากัน



รูปที่ 4.6 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด (บาท/ปี)



รูปที่ 4.7 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด (บาท/ผลิตภัณฑ์)

4.4 การเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาการเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก พบว่า ในขั้นตอนการผลิตมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตมากที่สุด สาเหตุหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการอบ จึงมีข้อเสนอแนะในการใช้ไฟฟ้าในการอบเปลี่ยนเป็นการนำไปตากแดดแทน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่า

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

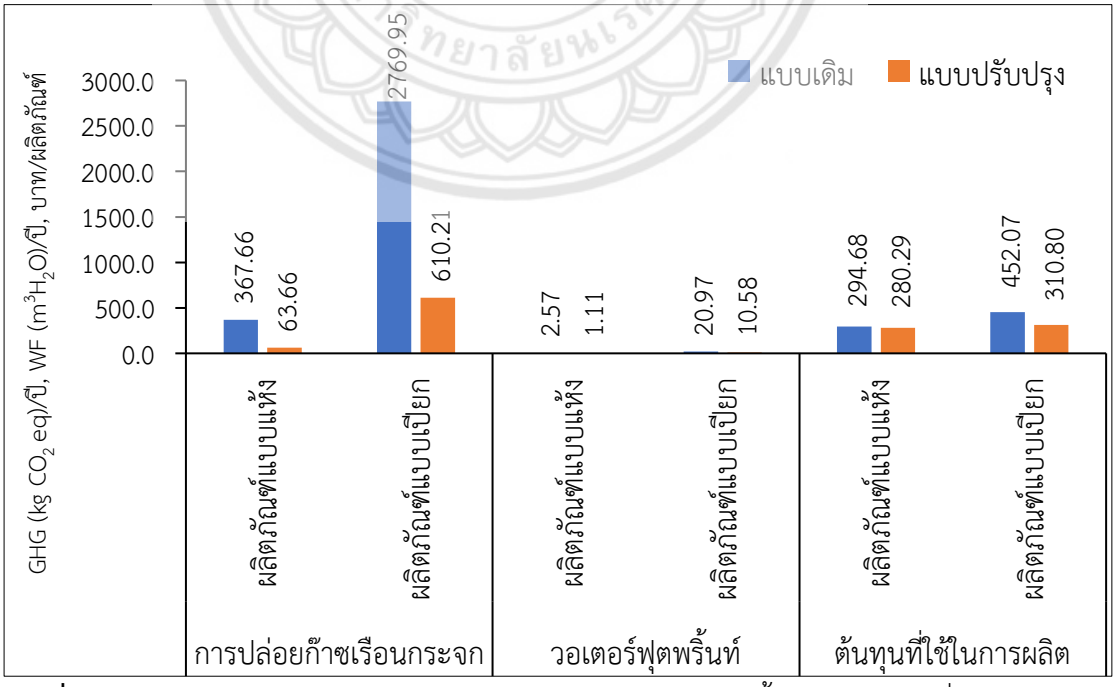
- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 367.66 เป็น 63.66 kg CO_2 eq/ปี
- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 2,769.95 เป็น 610.21 kg CO_2 eq/ปี

ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 2.57 เป็น 1.11 m^3H_2O/ปี
- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 20.97 เป็น 10.58 m^3H_2O/ปี

ค่าต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 294.68 เป็น 280.29 บาท/ผลิตภัณฑ์
- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 457.07 เป็น 310.80 บาท/ผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตโดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง ซึ่งมีขอบเขตในการศึกษาแบบ เคร-เดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) โดยขั้นตอนที่ศึกษาเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือ กาบกล้วย การผลิต การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก ซึ่งในการจัดเก็บข้อมูลทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์จากเส้นใยธรรมชาติจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องและจากการศึกษาจากข้อมูลที่นำมาอ้างอิง เช่น วารสารที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยหน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU) ที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้คือ ต่ออายุการใช้งาน 1 ปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2 eq) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์แสดงผลออกมาในรูปแบบลูกบาศก์เมตรน้ำ (m^3H_2O) และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของราคาต่อผลิตภัณฑ์ โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,769.95 kg CO_2 eq/ปี ผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกเท่ากับ 367.66 kg CO_2 eq/ปี และผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.7 kg CO_2 eq/ปี โดยมีค่าการใช้ไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต คิดเป็นร้อยละ 99.84, 99.04 และ 67.11 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ และมีค่าการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิต คิดเป็นร้อยละ 0.07, 0.19 และ 2.49 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

5.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

จากการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิดมีค่าวอ-

เตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 20.97 m^3H_2O/ปี ผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2.57 m^3H_2O/ปี และผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.04 m^3H_2O/ปี โดยมีค่าการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 63.44, 68.08 และ 58.41 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ตามลำดับ และมีการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิต คิดเป็นร้อยละ 34.72, 28.48 และ 39.16 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด

5.1.3 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

5.1.3.1 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์แบบแห้ง มีค่าเท่ากับ 282,890.25 บาท/ปี หรือ 294.68 บาท/ผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่เท่ากับ 58,189.32 บาท/ปี และต้นทุนผันแปรเท่ากับ 224,700.93 บาท/ปี

5.1.3.2 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์แบบเปียก มีค่าเท่ากับ 433,983.97 บาท/ปี หรือ 452.07 บาท/ผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่เท่ากับ 58,189.32 บาท/ปี และต้นทุนผันแปรเท่ากับ 375,794.65 บาท/ปี

5.2 ข้อเสนอแนะในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองจากเส้นใยกาบกล้วย

จากการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วย 2 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก พบว่า ขั้นตอนการผลิตมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นที่ใช้ในการผลิตมากที่สุด เนื่องมาจากมีการใช้ไฟฟ้าและการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการอบ เปลี่ยนเป็นตากแดดแทน แต่การตากแดดทำให้ควบคุมเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมได้ยาก เช่น วันที่ฝนตก จะทำให้กาบกล้วยแห้งได้ช้า

การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 367.66 เป็น 63.66 kg CO_2 eq/ปี
- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 2,769.95 เป็น 610.21 kg CO_2 eq/ปี

การลดปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 2.57 เป็น 1.11 m^3H_2O/ปี
- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 20.97 เป็น 10.58 m^3H_2O/ปี

การลดต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

- ผลิตภัณฑ์แบบแห้งจาก 294.68 เป็น 280.29 บาท/ผลิตภัณฑ์

- ผลิตภัณฑ์แบบเปียกจาก 457.07 เป็น 310.80 บาท/ผลิตภัณฑ์

2. ลดการใช้น้ำ โดยการนำน้ำที่ใช้แล้ว กลับมาใช้ซ้ำอีกรอบ
3. หาวิธีการแบบอื่นที่ใช้ย่อยเส้นใยให้เร็วขึ้น เช่น การใช้เชื้อจุลินทรีย์ มาช่วยในการย่อย
4. ควรมีจำนวนการผลิตให้มากขึ้น เพื่อลดต้นทุนที่ใช้ในการผลิต
5. ควรกำหนดระยะเวลาในการปั่นกาบกล้วย เพื่อให้ได้เยื่อเส้นใยที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

กุหลาบ หมายสุขกลาง. (2559). **กล้วยน้ำว้า.** สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2561, จาก http://www.agriinfo.doae.go.th

เกษตรตำบล.คอม. (2016). **ตัดเครือกล้วยแล้วอย่าทิ้งต้น วิธีการทำปุ๋ยหมักจากต้นกล้วย**. สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2561, จาก https://www.kasettambon.com

จรัสศรี แก้วหนองยาง. (2537). **การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการผลิตและต้นทุนผลกระทบภายนอกของการผลิตเกลือสินเธาว์ อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธานินทร์ ไชยเยชน์. (2558). **การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกกลุ่มทอผ้าไหมบ้านหนองตาไก้ จังหวัดบุรีรัมย์**. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี, 9(19).

นิกข์นิภา บุญช่วย. (2560). **ทำการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกกล้วยน้ำว้าและศึกษาสาเหตุของการเลือกอาชีพการปลูกกล้วยน้ำว้าของเกษตรกร อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี.** มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ, 10(1).

นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ, (2016). **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก.** วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 12(3).

มหาวิทยาลัยมหิดล ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ. (2015). **Animal model.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.nlac.mahidol.ac.th

ลักขณา เจริญสุข รัตชยุดา กองบุญ และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, (2555). **การวิเคราะห์วอร์เตอร์ฟุต-พริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย.** การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 1.

วันดี ลือสายวงศ์. (2551). **วิธีประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) กลุ่มทดสอบโลหะและธาตุปริมาณน้อย โครงการเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2561, จาก http://www.dss.go.th/home/

วาสนา เจริญวิเชียรฉาย. (2551). **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา กระดาษสับปะรด และกระดาษตะขบ.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2557). **ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur hexafluoride).** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ซัลเฟอร์เฮกซะ-ฟลูออไรด์

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2559). **มีเทน (Methane).** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/มีเทน

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2562a). **แก๊สธรรมชาติ.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561,

จาก https://th.wikipedia.org/wiki/แก๊สธรรมชาติ

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2562b). **คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide).** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/คาร์บอนไดออกไซด์

ศศิณัฏฐ์ หล่อธนารักษ์. (2558). **การศึกษาคุณสมบัติการแปรรูปจากต้นกล้วยเพื่อนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกต่างภายในบ้าน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร).

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2012). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ Life Cycle Assessment of Products.** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สลักฤทัย และ ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน, (2555). **การบริหารต้นทุนและผลตอบแทนผลิตภัณฑ์จากผ้าทอไทลื้อ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา.** วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่, 5(1), 116-125.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, (2555). **พลาสติกที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ: Polylactic acid (PLA).**

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2557). **การจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร.** กรุงเทพฯ: สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร. (2558). **แนวทางการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลา-กระป๋อง.** กรุงเทพฯ: สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.

สิตาวีร์ ธีรวิรุษห์. (2560). **พลาสติก : สิ่งปลอมปนในชีวิตและสิ่งแวดล้อม [เอกสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์].**

สุขใจ ตอนปัญญา. (2554). **ต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกรหมู่ 5 ตำบลหัวดง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

หัทยา ทรงนิรันดร และ ปุณณมี สัจจกมล, (2016). **Life Cycle Assessment of Canned Pineapple Product [เอกสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์].**

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2014a). **“ก๊าซเรือนกระจก” จากกิจกรรมการดำเนินธุรกิจ.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.tgo.or.th/2015/thai/news_detail.php?id=648

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2014b). **ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP).** สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=10&s2=171

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2014c). **สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกและการจัดทำข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อเป็นฐานในการวางแผนการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ.** สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561,

จาก http://www.reo16.mnre.go.th/reo16/files/com_download/2018-01/20180127_yxtsmheh.pdf

A.K Chapagain & A.Y. Hoekstra, (2010). **The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives**. University of Twente, Enschede, The Netherlands, 70 (2011), 749–758.

Boki Luske, (2010). **Comprehensive Carbon Footprint Assessment Dole Bananas.** Soil & More International Transportweg 23 2742 RH Waddinxveen, The Netherlands.

GREENPEACE, (2010). **ก๊าซอื่นๆ**. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก https://www.greenpeace.org/archive-thailand/campaigns/climate-and-energy/climate-change-science/other-gases/

GREENPEACE, (2551). **ภาวะโลกร้อน: ผลกระทบต่อประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.greenpeace.org

Greenpeace Thailand, (2551). **ภาวะโลกร้อน: ผลกระทบต่อประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.greenpeace.org

iEnergyGuru, (2015). **ปรากฏการณ์เรือนกระจก.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก https://ienergyguru.com/2015/11/

Kjartan Steen-Olsen, Jan Weinzettel, Gemma Cranston, A. Ertug Ercin & Edgar G.Hertwich, (2012). **Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade.** Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 46 (20), 10883–10891.

LCI Thai National Life Cycle Inventory Database, (2549). **การประเมินวัฏจักรชีวิต.** สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561, จาก http://thailcidatabase.net/index.php/history-life-cycle-assessment-lca

Louise Bruun Werner, Anna Flysjö & Tine Tholstrup, (2014). **Greenhouse gas emissions of realistic dietary choices in Denmark: the carbon footprint and nutritional value of dairy products.** Department of Nutrition, Exercise and Sports, Faculty of Sciences, University of Copenhagen**.**

Winnie Gerbens-Leenes & Arjen Y. Hoekstra, (2011). **The water footprint of biofuel-based transport.** University of Twente, Enschede, The Netherlands**.**

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Emission Factor: EF)

ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor of Carbon Footprint)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าเฟคเตอร์ (kg CO_2 eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
1	น้ำประปา-การประชาส่วนภูมิภาค	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน	m^3	0.7043	Thai National LCI Database/MTEC
2	Thailand Grid Mix Electricity	Emission Factor (GtoG)	kWh	0.5821	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2557(2014)
3	การรวบรวมน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดใหญ่	การรวบรวมน้ำเสียอาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อ จากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คน ขึ้นไป	L	2.0084E-06	Thai National LCI Database/MTEC
4	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของเมือขนาดใหญ่	เทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ AS/CASS/CSAS/VLR-AS /Two-stage AS/OD; ข้อมูลจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คน ขึ้นไป	L	1.3121E-04	Thai National LCI Database/MTEC
5	Polycarbonate	Polycarbonate, at plant	kg	7.7760	Ecoinvent2.2,IPCC 2007 GWP100a
6	Injection moulding	-	kg	1.4162	Ecoinvent2.2,IPCC 2007 GWP100a
7	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	tkm	0.3111	Thai National LCI Database/MTEC
8	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	tkm	0.1402	Thai National LCI Database/MTEC
9	การฝังกลบพลาสติก PE	-	kg	0.0722	SimaPro 8.3.0.0
10	การฝังกลบ (ขยะย่อยสลายได้)	-	kg	0.577	SimaPro 8.3.0.0

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Emission Factor of Water Footprint)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าเฟคเตอร์ (m^3H_2O/หน่วย)			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
				รอยเท้าน้ำสีเขียว	รอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน	รอยเท้าน้ำสีเทา	
1	น้ำประปา	-	m^3	0.0000	ปริมาณที่ใช้	0.0000	หนังสือแนวทางการประเมิน water footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง
2	ไฟฟ้า Grid mix	-	kWh	0.0000	0.0028	0.0000	หนังสือแนวทางการประเมิน water footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง
3	การปรับปรุงบำบัดน้ำเสีย	-	m^3	0.0000	0.0000	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
4	เม็ดพลาสติกโพลีคาร์บอเนต PC	-	kg	0.0000	0.052599	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
5	Injection moulding	-	kg	0.0000	0.02155	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
6	การฝังกลบพลาสติกโพลีเอทีลีน PE	-	kg	0.0000	0.000280	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
7	การฝังกลบ (ขยะย่อยสลายได้)	-	kg	0.0000	0.000054	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
8	การฝังกลบพลาสติกโพลีคาร์บอเนต PC	-	kg	0.0000	0.000284	0.0000	SimaPro 8.3.0.0
9	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	tkm	0.2000			หนังสือแนวทางการประเมิน water footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง
10	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	tkm	0.1500			หนังสือแนวทางการประเมิน water footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง

ภาคผนวก ข
ตารางการกำหนดอายุการใช้งานสินทรัพย์และอัตรามูลค่าซาก แยกตามอายุการใช้งานของทรัพย์

ตารางที่ ข.1 ตารางการกำหนดอายุการใช้งานสินทรัพย์

ประเภทสินทรัพย์	อายุการใช้งาน (ปี)	
	อย่างต่ำ	อย่างสูง
1. ครุภัณฑ์โรงงาน		
1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	2	5
1.2 เครื่องจักรกล	5	8
2. ครุภัณฑ์การศึกษา	2	5

ที่มา: สำนักบัญชีและตรวจสอบภายในกลุ่มพัฒนาระบบบัญชีปี 2545

ตารางที่ ข.2 ตารางอัตรามูลค่าซาก แยกตามอายุการใช้งานของทรัพย์สิน

5 ปี		8 ปี		10 ปี		12 ปี		15 ปี	
ปีที่	%	ปีที่	%	ปีที่	%	ปีที่	%	ปีที่	%
1-5	8	1-8	10	1-10	11	1-12	11	1-15	12
6	7.5	9	9.5	11	10.5	13	10.5	16	11.5
7	7	10	9	12	10	14	10	17	11
8	6.5	11	8.5	13	9.5	15	9.5	18	10.5
9	6	12	8	14	9	16	9	19	10
10	5.5	13	7.5	15	8.5	17	8.5	20	9.5
11	5	14	7	16	8	18	8	21	9
เป็นต้น		15	6.5	17	7.5	19	7.5	22	8.5
ไป		16	6	18	7	20	7	23	8
		17	5.5	19	6.5	21	6.5	24	7.5
		18	5	20	6	22	6	25	7
		เป็นต้น		21	5.5	23	5.5	26	6.5
		ไป		22	5	24	5	27	6
				เป็นต้น		เป็นต้น		28	5.5
				ไป		ไป		29	5
								เป็นต้น	
								ไป	

ที่มา: สำนักบัญชีและตรวจสอบภายในกลุ่มพัฒนาระบบบัญชีปี 2545

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการคำนวณ

ค.1 ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

ค.1.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปริมาณการใช้น้ำ

ค่า EF ของน้ำ = 0.7043 kg CO_2 eq/m^3

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 0.1236 m^3/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปริมาณการใช้น้ำ = ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x ค่า EF

= 0.1236 (m^3/อายุการใช้งาน 1 ปี) x 0.7043 (kg CO_2 eq/m^3)

= 0.0870 kg CO_2 eq/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.1.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ค่า EF ของไฟฟ้า = 0.5821 kg CO_2 eq/kWh

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 80.2337 kWh/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปริมาณการใช้ไฟฟ้า = ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x ค่า EF

= 80.2337 (kWh/อายุการใช้งาน 1 ปี) x 0.5821 (kg CO_2 eq/kWh)

= 46.7041 kg CO_2 eq/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.1.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการฝังกลบ

ค่า EF ของการฝังกลบพลาสติก PE = 0.0722 kg CO_2 eq/kg

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 0.1112 kg/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการฝังกลบ = ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x ค่า EF

= 0.1112 (kg/อายุการใช้งาน 1 ปี) x 0.0722 (kg CO_2 eq/kg)

= 0.0080 kg CO_2 eq/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.1.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง

ยกตัวอย่าง การขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะทางในการขนส่ง = 17.1 km

ปริมาณที่ใช้ในการขนส่ง = 21.4521 kg/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ

0% loading = 0.3111 tkm

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ

100% loading = 0.1402 tkm

เที่ยวไป

ภาระบรรทุกขาไป (tkm) = (ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x ระยะทาง)/1000

= (21.4521 x 17.1)/1000

= 0.3668 km

เที่ยวกลับ

ภาระบรรทุกขากลับ (km) = ภาระบรรทุกขาไป/7

= 0.3668/7

= 0.0524 km

ดังนั้น ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

= (ภาระบรรทุกขาไป x $EF_{เที่ยวไป}$ 100% loading) + (ภาระบรรทุกขากลับ x $EF_{เที่ยวกลับ}$ 0% loading)

= (0.3668 x 0.1402) + (0.0524 x 0.3111)

= 0.0677 kg CO_2 eq/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.2 ตัวอย่างการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

ค.2.1 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการใช้น้ำ

ค่า EF ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สำหรับรอยเท้าน้ำสีเขียว 0.0000 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สำหรับรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน 0.1236 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สำหรับรอยเท้าน้ำสีเทา 0.0000 m^3H_2O/m^3

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 0.1236 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการใช้น้ำ = ∑(ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x EF_i) ; EF_i = EF ของรอยเท้าน้ำสีต่างๆ

= (0.1236x0.0000)+(0.1236x0.1236)+(0.1236x0.0000)

= 0.0153 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.2.2 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการใช้ไฟฟ้า

ค่า EF ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับรอยเท้าน้ำสีเขียว 0.0000 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน 0.0028 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับรอยเท้าน้ำสีเทา 0.0000 m^3H_2O/m^3

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 80.2337 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการใช้ไฟฟ้า = ∑(ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x EF_i) ; EF_i = EF ของรอยเท้าน้ำสีต่างๆ

= (80.2337x0.0000)+(80.2337x0.0028)+(80.2337x0.0000)

= 0.2247 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.2.3 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการฝังกลบ

ค่า EF ของปริมาณการฝังกลบพลาสติก PE สำหรับรอยเท้าน้ำสีเขียว 0.0000 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของปริมาณการฝังกลบพลาสติก PE สำหรับรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน 0.000280 m^3H_2O/m^3

ค่า EF ของปริมาณการฝังกลบพลาสติก PE สำหรับรอยเท้าน้ำสีเทา 0.0000 m^3H_2O/m^3

ปริมาณที่ใช้ต่อ FU = 0.1112 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำสำหรับการฝังกลบ = ∑(ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x EF_i) ; EF_i = EF ของรอยเท้าน้ำสีต่างๆ

= (0.1112x0.0000)+(0.1112x0.000280)+(0.1112x0.0000)

= 0.00003 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.2.4 การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการขนส่ง

ยกตัวอย่าง การขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระยะทางในการขนส่ง = 17.1 km

ปริมาณที่ใช้ในการขนส่ง = 21.4521 kg/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% loading = 0.2000 tkm

ค่า EF สำหรับการขนส่งรถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% loading = 0.1500 tkm

เที่ยวไป

ภาระบรรทุกขาไป (tkm) = (ปริมาณที่ใช้ต่อ FU x ระยะทาง)/1000

= (21.4521 x 17.1)/1000

= 0.3668 km

เที่ยวกลับ

ภาระบรรทุกขากลับ (km) = ภาระบรรทุกขาไป/7

= 0.3668/7

= 0.0524 km

ดังนั้น ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับการขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

= (ภาระบรรทุกขาไป x $EF_{เที่ยวไป}$ 100% loading) + (ภาระบรรทุกขากลับ x $EF_{เที่ยวกลับ}$ 0% loading)

= (0.3668 x 0.1500) + (0.0524 x 0.2000)

= 0.0655 m^3H_2O/อายุการใช้งาน 1 ปี

ค.3 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

ค.3.1 การคำนวณต้นทุนคงที่

ตารางที่ ค.3.1 การกำหนดอายุการใช้งานและอัตรามูลค่าซาก

อุปกรณ์	อายุการใช้งาน (ปี)	อัตรามูลค่าซาก (%)
1. เครื่องปั่น	5	8
2. เตาอบ	5	8
3. เครื่องชั่ง	5	8
4. เครื่อง hot plate	5	8
5. เครื่องกดอัดไฟฟ้า	8	10

ที่มา: สำนักบัญชีและตรวจสอบภายในกลุ่มพัฒนาระบบบัญชีปี 2545

ค.3.1.1 การคำนวณค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์

ยกตัวอย่างการคำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องปั่น

มูลค่าซาก = ราคาปัจจุบัน x อัตรามูลค่าซาก

= 1849.27 x (8/100)

มูลค่าซาก = 147.94 บาท

ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ = (ราคาปัจจุบัน-มูลค่าซาก)/อายุการใช้งาน

= (1849.27-147.94)/5

= 340.27 บาท/ปี

ดังนั้น ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ = 340.27 บาท/ปี

ค.3.1.2 การคำนวณค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์

ยกตัวอย่างการคำนวณค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนของเครื่องปั่น

ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ = (ราคาปัจจุบัน+มูลค่าซาก/2)x 0.03

= (1849.27+147.94/2) x 0.03

= 29.96 บาท/ปี

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ = 29.96 บาท/ปี

ค.3.2 การคำนวณต้นทุนผันแปร

อัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ตารางที่ ค.3.2 อัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

2.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 แรงดัน 22-23 kV	3.9086	312.24
2.1.2 แรงดันต่ำกว่า 22 kV		46.16
150 หน่วยแรก (หน่วยที่0-150)	3.2484	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	4.2218	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ค.3.2.1 ค่าแรงงาน

ค่าแรงงาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ค่าตัดกล้วย

160 ต้น ต่อ 8 ชั่วโมง (1 วัน)

ต้นกล้วย 1 ต้น หนัก 10 kg ดังนั้น 160 ต้น จะเท่ากับ 1,600 kg/300 บาท

(300บาท/1,600 kg) x (0.1773 $kg_{กาบกล้วย}$/1 ชิ้นงาน) x (960 ชิ้นงาน/ปี) = 31.91 บาท/ปี

ส่วนที่ 2 ค่าทำผลิตภัณฑ์

1 อาทิตย์ทำได้ 20 ชิ้นงาน ใน 1 เดือน ทำได้ 80 ชิ้นงาน

1 เดือนจ้างคนทำ 2 คน 12,000 บาท

(12,000 บาท/1เดือน) x (12 เดือน/1ปี) = 144,000 บาท/ปี

ค.3.2.2 ค่าขนส่ง

การขนส่งต้นกล้วยจาก ไร่ – คณะวิศวฯ

ระยะทางไร่ – คณะวิศวฯ 17.1 กม โดยใช้รถกระบะ น้ำมันดีเซล 23.635 บาท/ลิตร

วิ่งได้ 13 กม. 1 รอบ (ข้อมูลอ้างอิง: บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ราคาน้ำมันย้อนหลังปี 2562-2556)

(23.635 บาท/ลิตร) x (1 ลิตร/13 กม) x 17.1 กม = 40.6322 บาท

ค.3.2.3 ค่าน้ำ

ค่าน้ำ โดยค่าน้ำในส่วนราชการ/ธุรกิจ 0-10 m^3 = 9.50 บาท/m^3

การขึ้นรูปแบบแห้ง

ปริมาณการใช้น้ำ ของการขึ้นรูปแบบแห้ง = 0.0080 m^3/ผลิตภัณฑ์

จะได้ = 9.50 บาท/m^3 x 0.9706 m^3/ผลิตภัณฑ์ x 960 ผลิตภัณฑ์

= 73.15 บาท

ค.3.2.4 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้า โดยคำนวณแบบกิจการขนาดเล็ก

การคิดค่าไฟฟ้า = ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) + ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = - 0.1160 บาท

การขึ้นรูปแบบแห้ง

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 413.56 kWh

ค่าไฟฟ้าฐาน (แรงดันต่ำกว่า 22 kV)

150 หน่วยแรก = 150 x 3.2484 = 487.26 บาท/เดือน

250 หน่วยต่อไป = 250 x 4.2218 = 1,055.45 บาท/เดือน

เกิน 400 หน่วย = (413.56 – 400) x 4.4217) = 59.95 บาท/เดือน

รวม = 487.26 บาท + 1,055.45 บาท + 59.95 บาท = 1,602.69 บาท/เดือน

ค่าบริการ

46.16 = 46.16 บาท/เดือน

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าฐาน = 1,602.69 บาท/เดือน + 46.16 บาท/เดือน

= 1,648.85 บาท/เดือน

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

413.56 x (-0.1160) = -47.97 บาท/เดือน

ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)

(1,648.85 - 47.97) x 0.07 = 112.06 บาท/เดือน

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าในการขึ้นรูปแบบแห้ง = (1,648.85 + (-47.97) + 112.06) x 12

= 20,555.23 บาท/ปี

ค.3.2.5 ค่าสถานที่

ค่าเช่าสถานที่ 5,000 บาท/เดือน

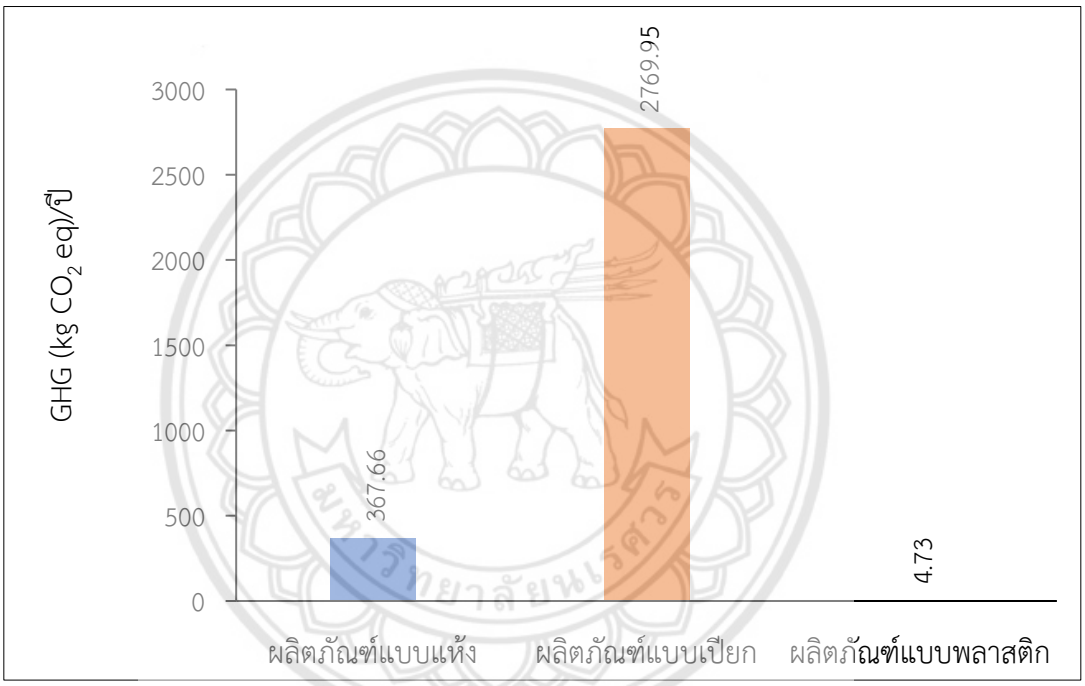
ใน 1 ปี จะได้ = 5,000 บาท/เดือน x 12

= 60,000 บาท/ปี

ภาคผนวก ง
รายละเอียดขั้นตอนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

ง.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

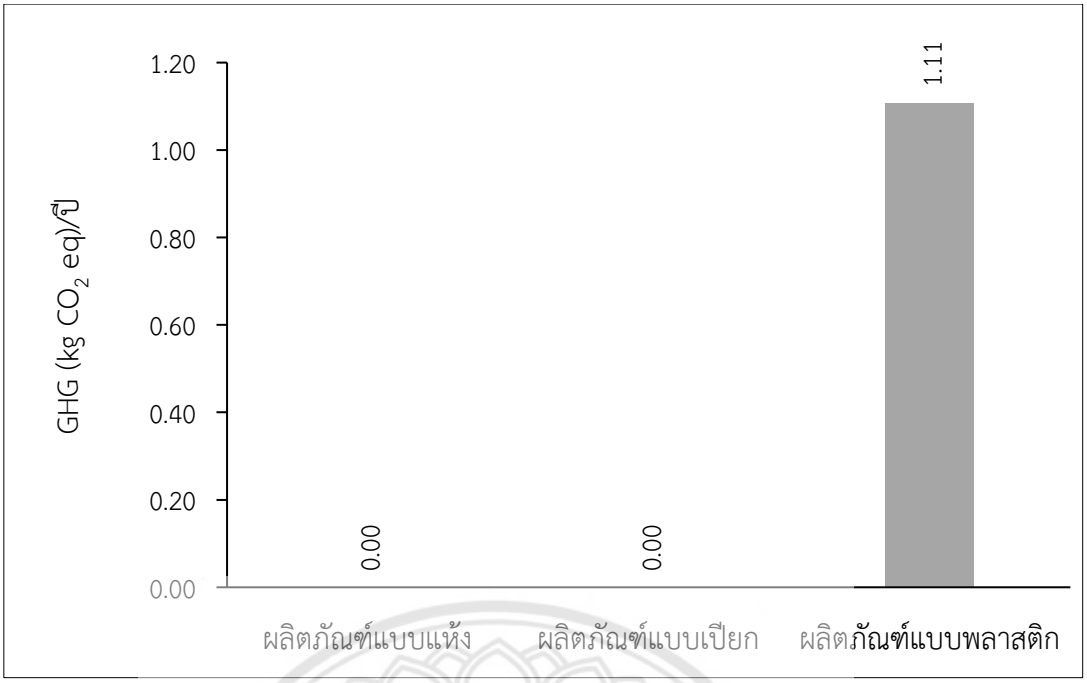
จากการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิดมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยเรียงลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากไปน้อยดังนี้ ผลิตภัณฑ์แบบเปียก ผลิตภัณฑ์แบบแห้ง และผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,769.95, 367.66 และ 4.73 kg CO_2 eq ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ ง.1



รูปที่ ง.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

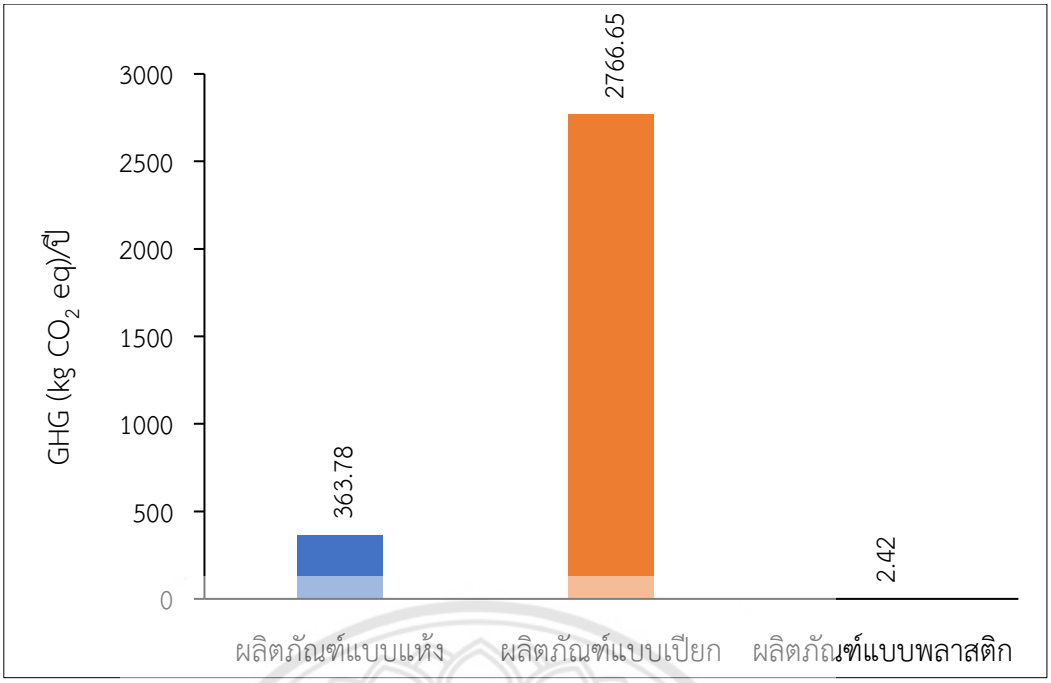
ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.11 kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 51.07 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด, 0, 0 kg CO_2 eq ตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีการคิดค่าของเม็ดพลาสติกโพลีคาร์บอเนตซึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งของการผลิตเม็ดพลาสติก สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0 kg CO_2 eq เนื่องจากกาบกล้วยเป็นของเสียทางการเกษตร ดังแสดงในรูปที่ ง.2



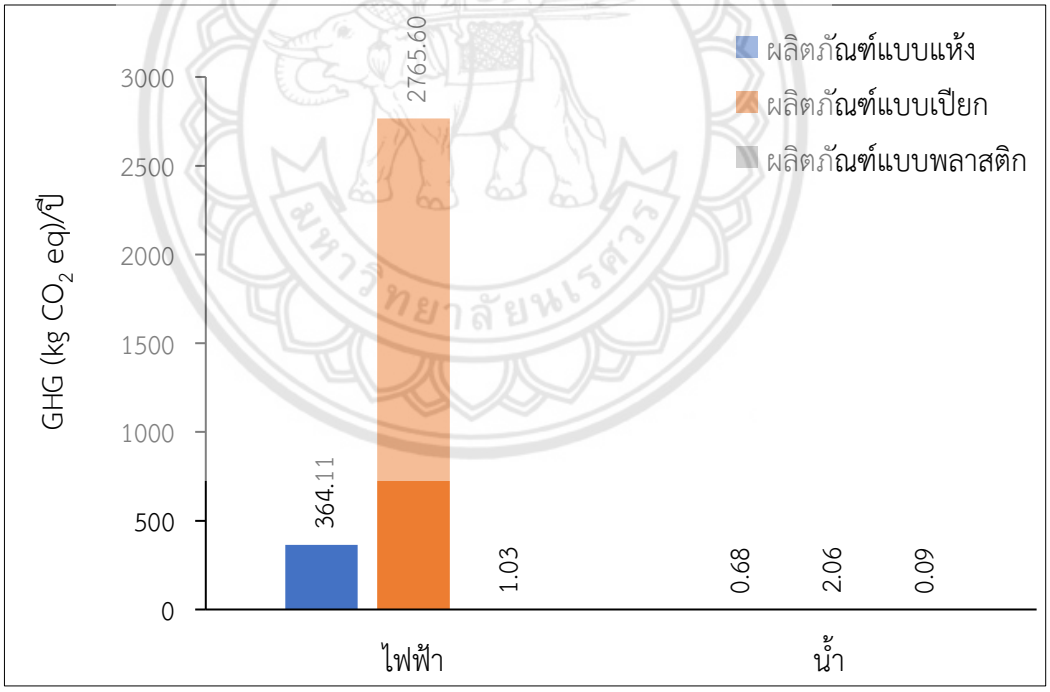
รูปที่ ง.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

ในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,769.95 และ 367.66 kg CO_2 eq ตามลำดับ สาเหตุมาจากการใช้ไฟฟ้า ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 99.84 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด มาจาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นกาบกล้วยเปียก อบแผ่นชิ้นงานเปียก ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย และกดอัดชิ้นงาน) และสาเหตุหลักในการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 89.85 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด มาจาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นกาบกล้วยเปียก และต้มเส้นใย) และผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 99.04 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด มาจาก (การอบกาบกล้วยสด ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย อบแผ่นชิ้นงานเปียก กดอัดชิ้นงาน) และที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 82.68 มาจาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นชิ้นงานเปียก) สำหรับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.73 kg CO_2 eq ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 36.55 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด มาจาก (การกระบวนการฉีดขึ้นรูป ฉายแสงยูวี และเครื่องล้างผลิตภัณฑ์) และที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 30.98 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จากการการฉายแสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ ง.3 และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้าและน้ำ แสดงในรูปที่ ง.4



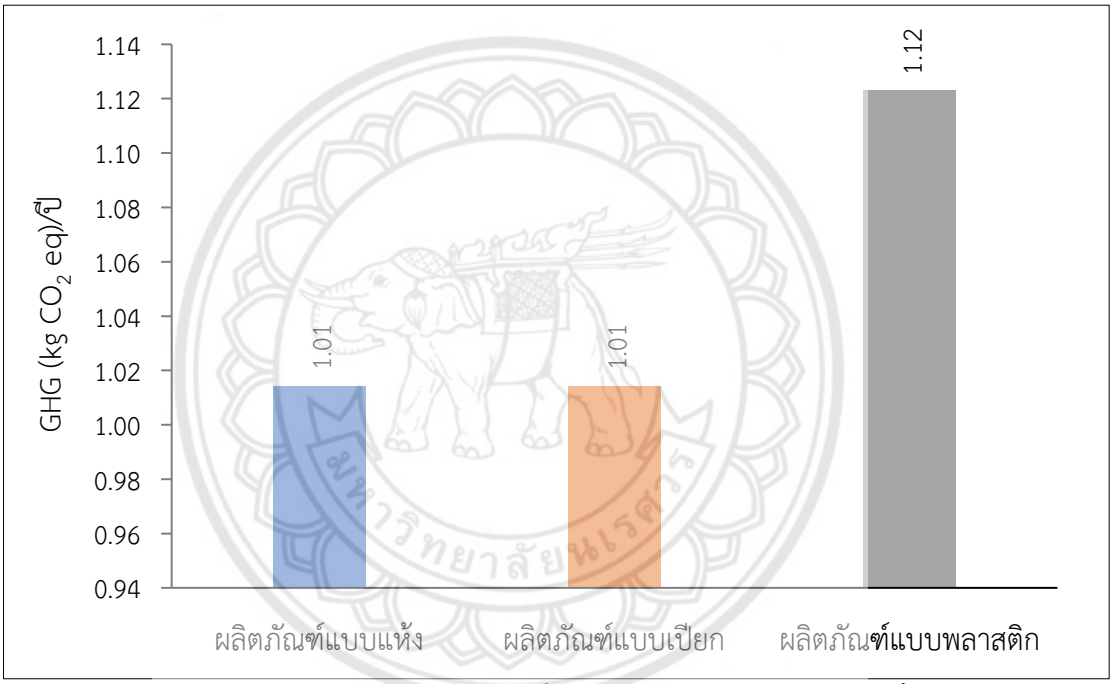
รูปที่ ง.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ ง.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้าและน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

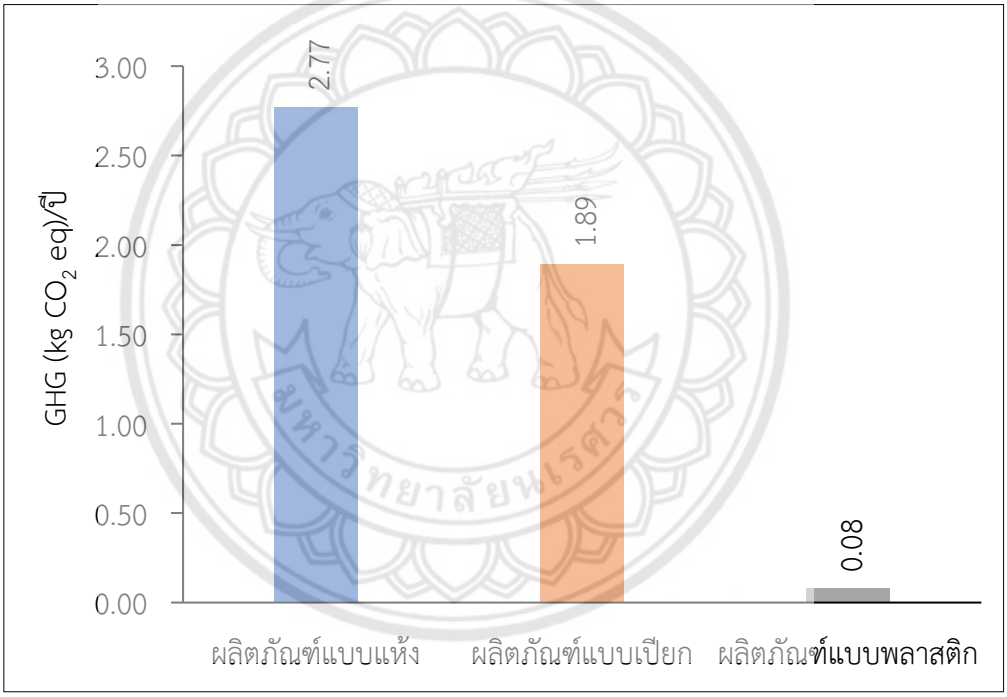
ในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียก ตามด้วยผลิตภัณฑ์แบบแห้ง โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.12 kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 23.73 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้าในการฉายแสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่อีกรอบโดยทำการล้างทำความสะอาดจากนั้นนำไปฉายแสงยูวีก่อนนำไปใช้กับสัตว์ทดลอง สำหรับผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าเท่ากับ 1.01 kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 99.88 และ 1.01 kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 98.95 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้าในการฉายแสงยูวีก่อนนำไปใช้กับสัตว์ทดลอง แสดงดังรูปที่ ง.5



รูปที่ ง.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.1.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ 3 รูปแบบ

ในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด นั้นมีการกำจัดซากโดยการฝังกลบ มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้ง ผลิตภัณฑ์แบบเปียก ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก ตามลำดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.77 และ 1.89 kg CO_2 eq โดยคิดเป็นร้อยละ 0.75 และ 0.07 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ เนื่องมาจากมีการนำถุงพลาสติกโพลีเอทีลีนห่อผลิตภัณฑ์ก่อนทำการฝังกลบและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่นำไปกำจัดซากที่แตกต่างกัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.08 kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 1.74 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกไม่มีการห่อผลิตภัณฑ์ก่อนฝังกลบจึงไม่มีการคิดค่าถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน ดังแสดงในรูปที่ ง.6

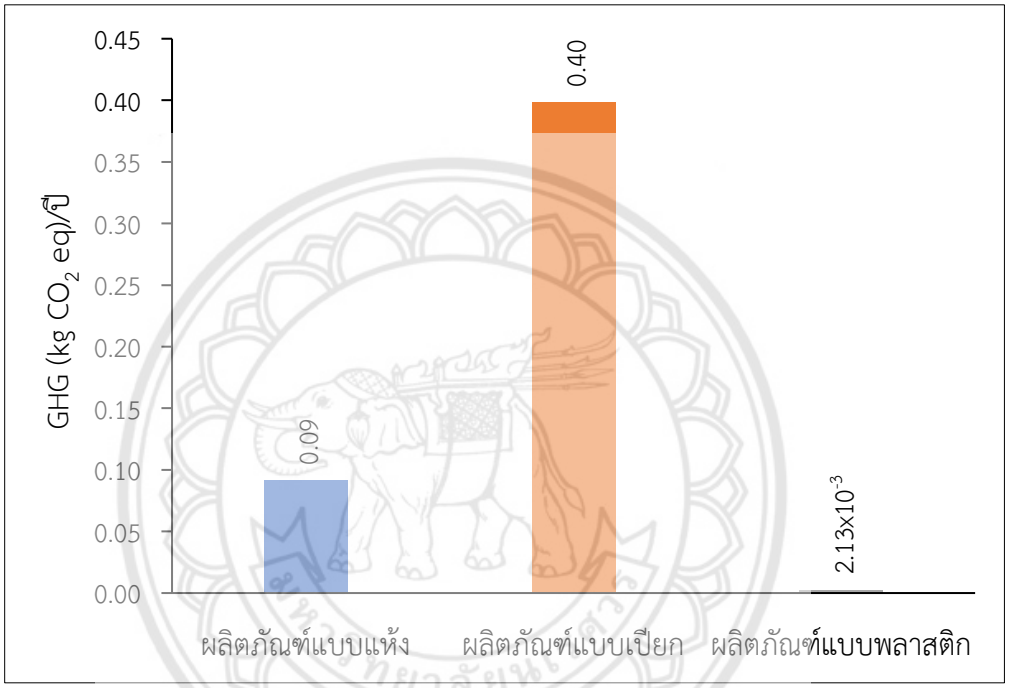


รูปที่ ง.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

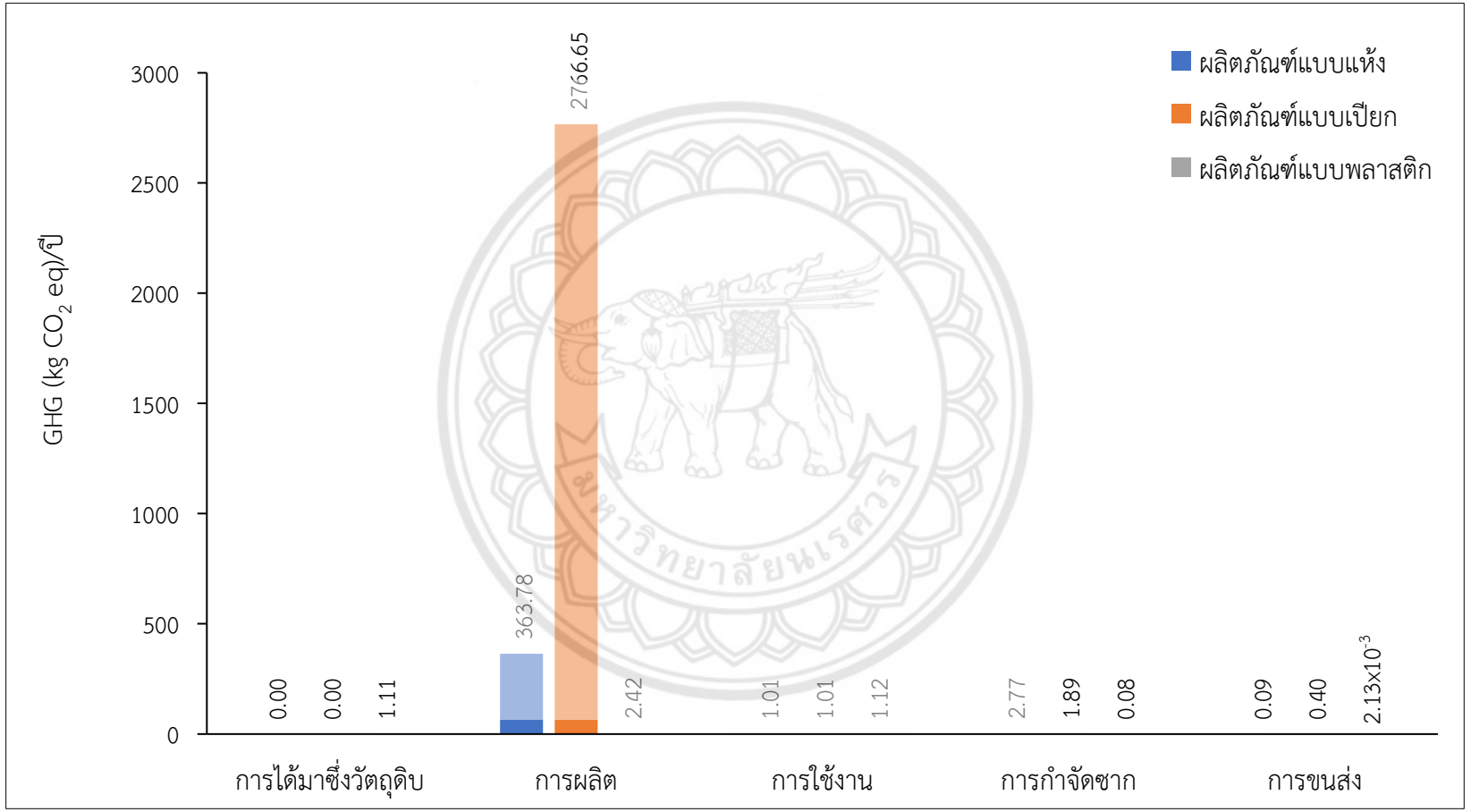
ง.1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

ในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกและแบบแห้งนั้นจะแบ่งการขนส่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. การขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวฯ 2. การขนส่งจากคณะวิศวฯไปยังสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน 3. การขนส่งสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน ไปยัง สถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเทศบาลพิษณุโลก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.40 และ 0.09 kg

CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.02 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกนั้นแบ่งการขนส่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.การขนส่งจากศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยมหิดล ไปยัง สถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน 2.การขนส่งสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน ไปยัง สถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเทศบาลพิษณุโลก พบว่ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.13×10^{-3} kg CO_2 eq คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เนื่องจากระยะทางในการขนส่งไปในแต่ละที่มีระยะทางที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ ง.7 โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด แสดงในรูปที่ ง.8



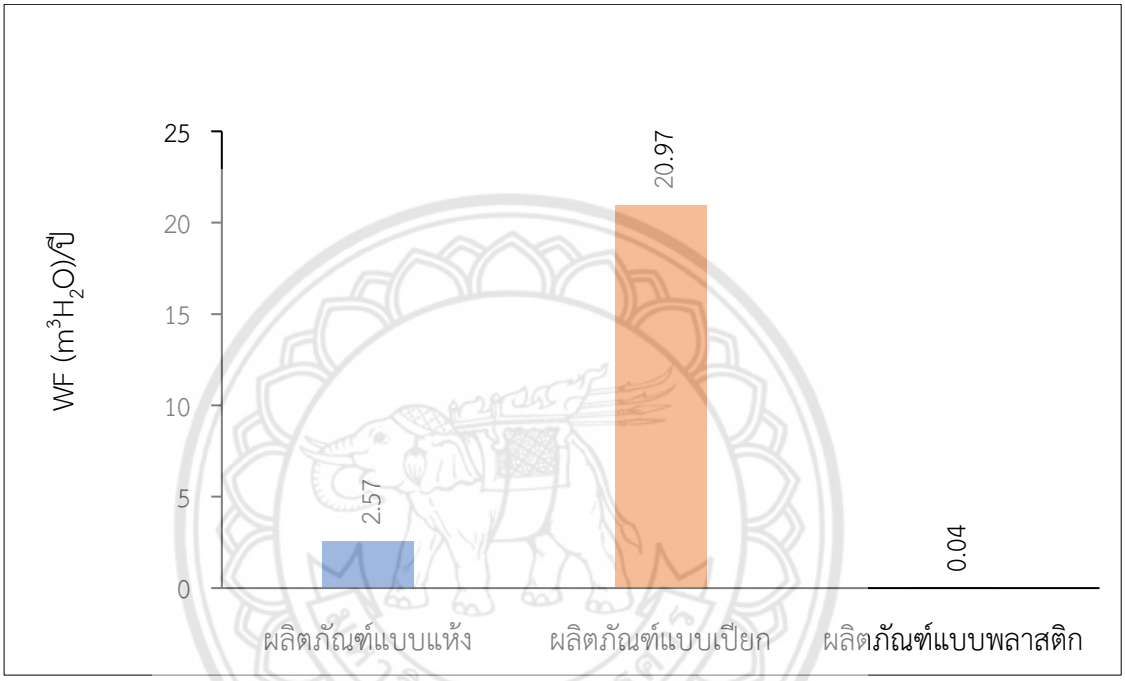
รูปที่ ง.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ ง.8 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

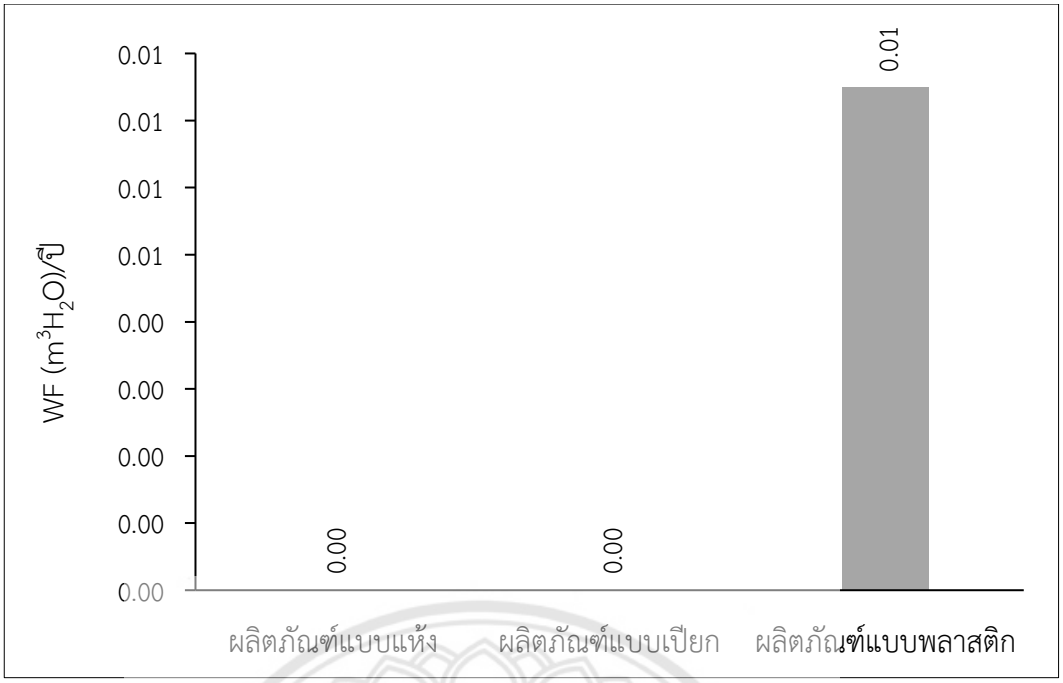
จากการศึกษาการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยเรียงลำดับค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากมากไปน้อย คือ ผลิตภัณฑ์แบบเปียก ผลิตภัณฑ์แบบแห้ง และผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยมีค่าเท่ากับ 20.97, 2.57 และ 0.04 m^3H_2O ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ ง.9



รูปที่ ง.9 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

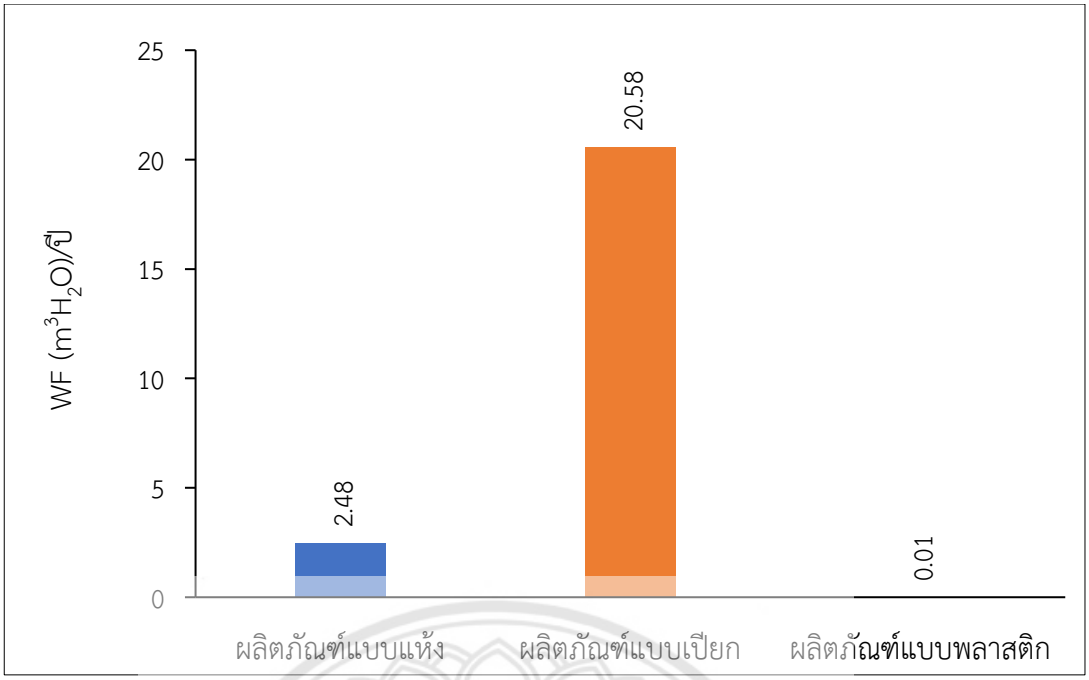
ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.01 m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 17.94 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ตามด้วย 0, 0 m^3H_2O ตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีการคิดค่าของเม็ดพลาสติกโพลีคาร์บอเนตซึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งของการผลิตเม็ด สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0 m^3H_2O เนื่องจากกาบกล้วยเป็นของเสียทางการเกษตร ซึ่งไม่นำมาคิดค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังแสดงในรูปที่ ง.10



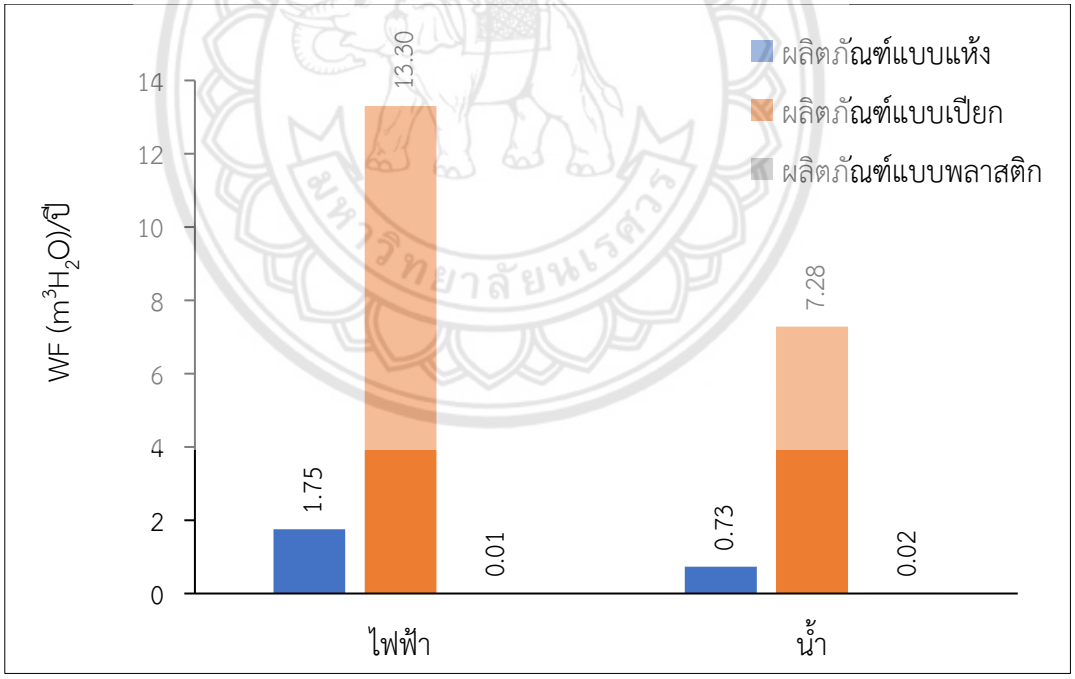
รูปที่ ง.10 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

ในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกาบกล้วยทั้ง 2 ชนิด มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าวอเตอร์ฟุต-พริ้นท์เท่ากับ 20.58 และ 2.48 m^3H_2O สาเหตุมาจากการใช้ไฟฟ้าและการใช้น้ำ ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 63.44 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นกาบกล้วยเปียก อบแผ่นชิ้นงานเปียก ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย กดอัดชิ้นงาน) และมีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 57.08 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด มาจาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นกาบกล้วยเปียก และต้มเส้นใย) และการใช้น้ำคิดเป็นร้อยละ 34.72 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จาก (การล้างกาบกล้วยสด แช่กาบกล้วยแห้ง ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย และการตีเยื่อ) ซึ่งการแช่กาบกล้วยแห้งมีการใช้น้ำคิดเป็นร้อยละ 22.62 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด และผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 68.08 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จาก (การอบกาบกล้วยสด ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย อบแผ่นชิ้นงานเปียก และกดอัดชิ้นงาน) และมีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 56.84 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด มาจาก (การอบกาบกล้วยสด อบแผ่นชิ้นงานเปียก) และการใช้น้ำคิดเป็นร้อยละ 28.48 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จาก (การล้างกาบกล้วยสด ปั่นกาบกล้วย ต้มเส้นใย และการเกลี่ยเยื่อเปียก) สำหรับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าวอ-เตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.01 m^3H_2O ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 58.41 ของวอเตอร์ฟุต-พริ้นท์ทั้งหมด จาก (กระบวนการฉีดขึ้นรูป ฉายแสงยูวี และเครื่องล้างผลิตภัณฑ์) และมีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 51.06 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด มาจากการใช้ไฟฟ้าในการฉายแสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ ง.11 และปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการใช้ไฟฟ้าและน้ำแสดงในรูปที่ ง.12



รูปที่ ง.11 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

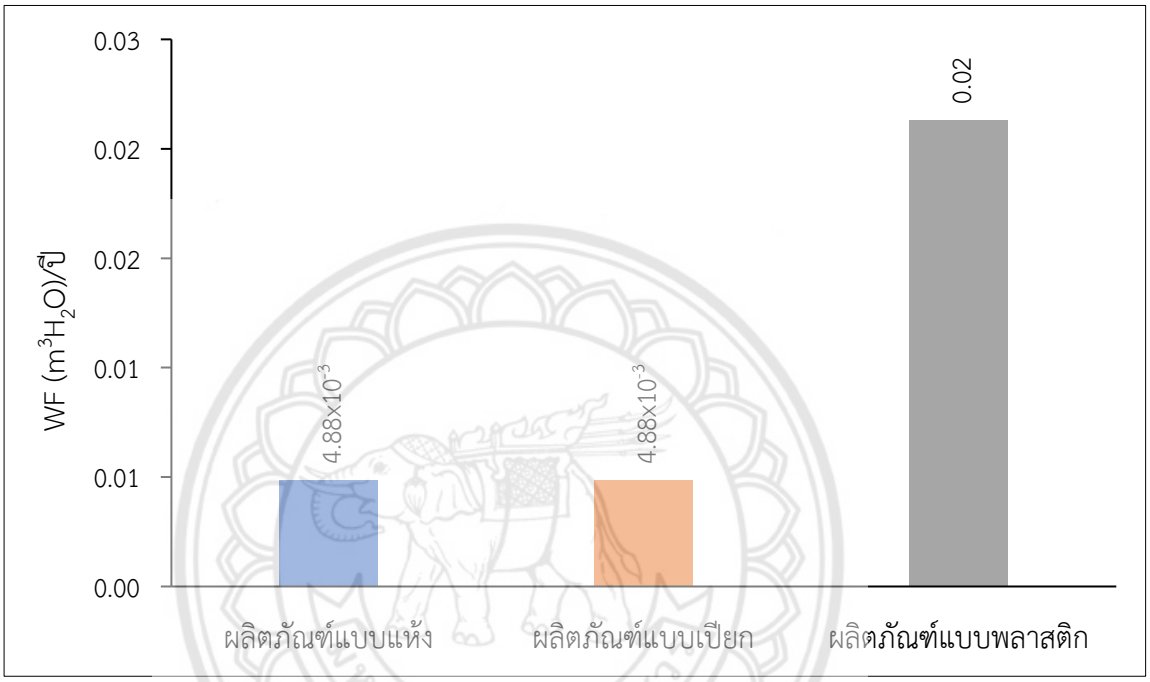


รูปที่ ง.12 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการใช้ไฟฟ้าและน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

ในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้ง โดยมีค่าการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.02 m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 51.06 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้าในการฉาย

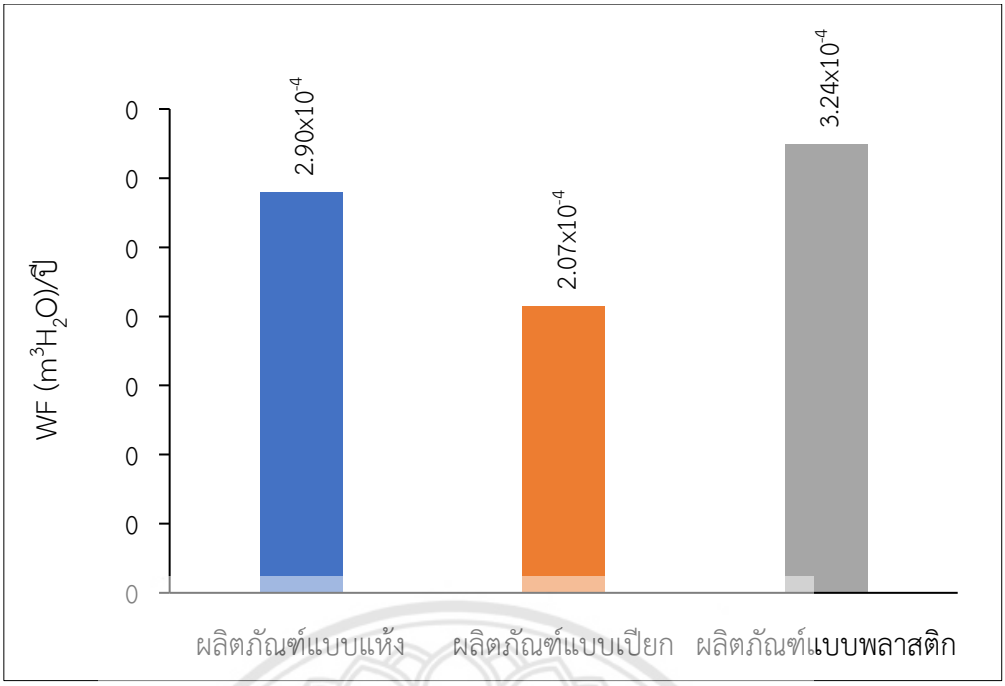
แสงยูวีและเครื่องล้างผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่อีกรอบโดยทำการล้างทำความสะอาดจากนั้นนำไปฉายแสงยูวีก่อนนำไปใช้กับสัตว์ทดลอง และการใช้น้ำคิดเป็นร้อยละ 39.16 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จากการล้างผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์แบบเปียกและผลิตภัณฑ์แบบแห้งมีค่าเท่ากับ 4.88×10^{-3} m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 4.88×10^{-3} m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 0.19 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด จากการใช้ไฟฟ้าในการฉายแสงยูวีก่อนนำไปใช้กับสัตว์ทดลอง แสดงดังรูปที่ ง.13



รูปที่ ง.13 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

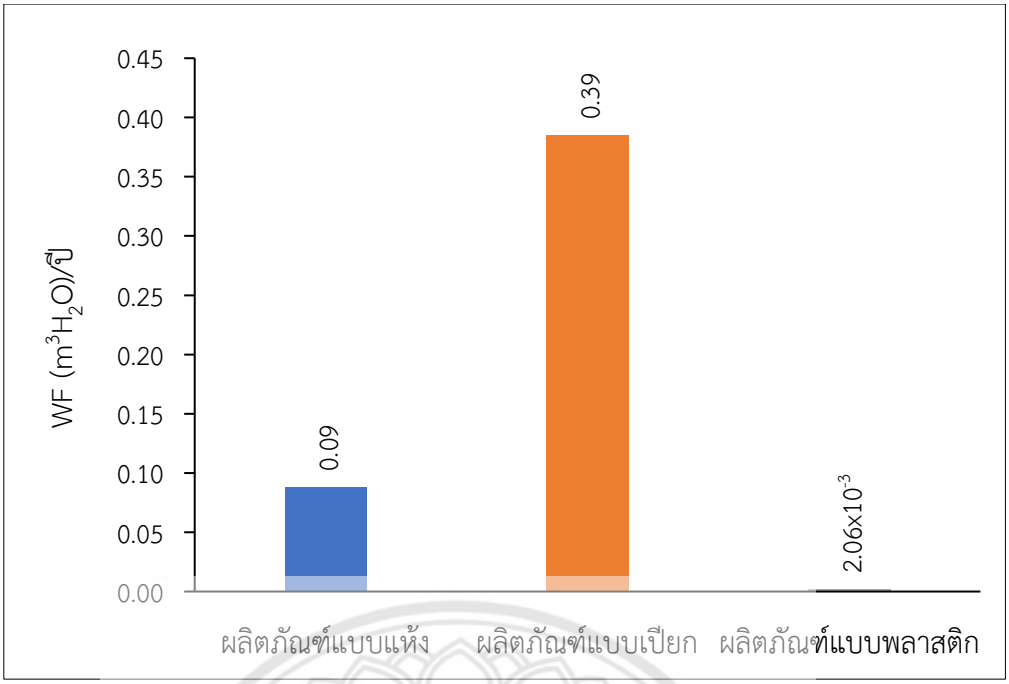
ในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด นั้นมีการกำจัดซากโดยการฝังกลบ มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก ผลิตภัณฑ์แบบแห้ง ผลิตภัณฑ์แบบเปียก ตามลำดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 3.24×10^{-4} m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 0.78 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกไม่มีการห่อชิ้นงานก่อนฝังกลบจึงไม่มีการคิดค่าถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2.90×10^{-4} และ 2.07×10^{-4} m^3H_2O โดยคิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.00 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ตามลำดับ เนื่องมาจากมีการนำถุงพลาสติกโพลีเอทีลีนห่อชิ้นงานก่อนทำการฝังกลบและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันในการกำจัดซาก ดังแสดงในรูปที่ ง.14



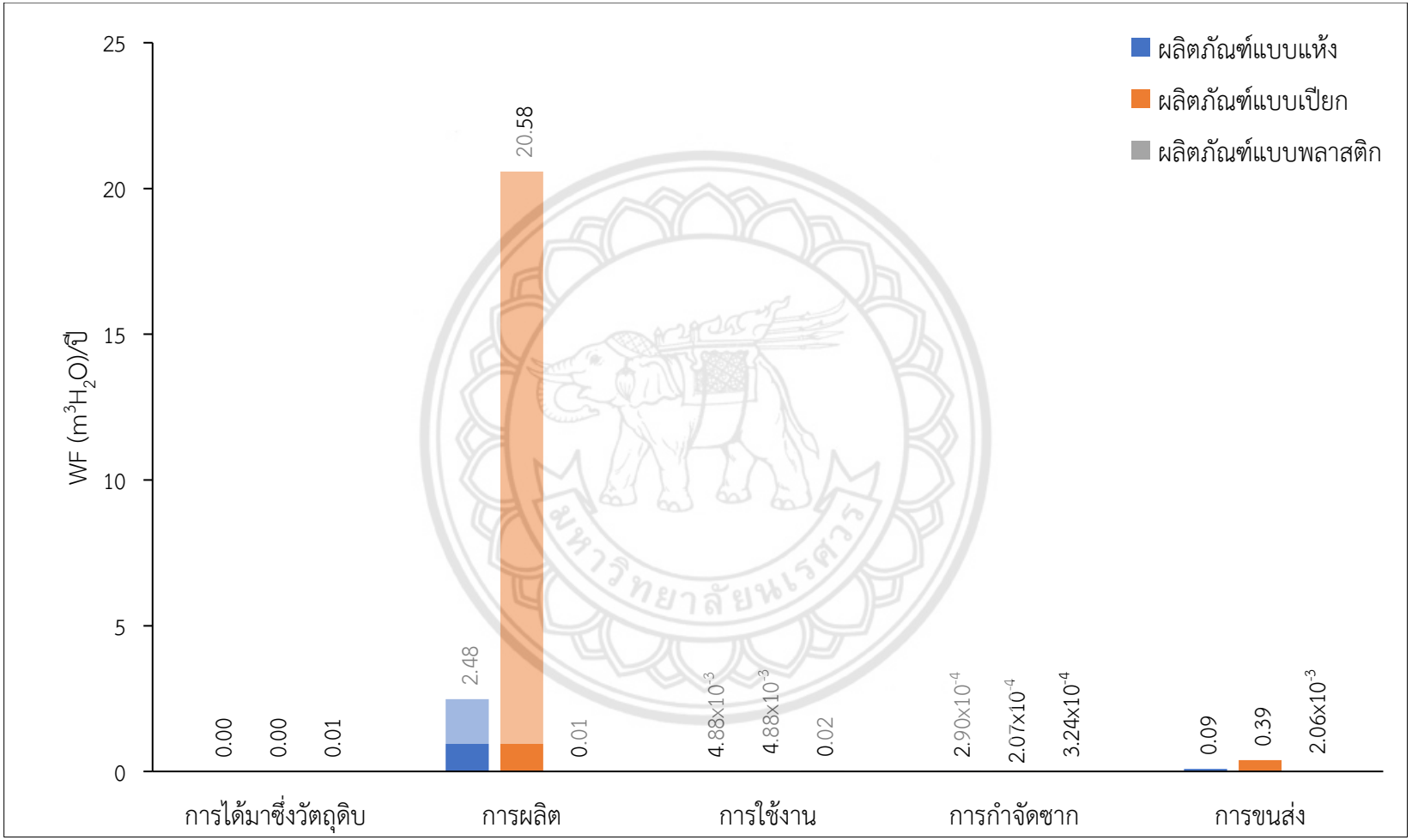
รูปที่ ง.14 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ง.2.5 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

ในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์แบบเปียกมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากที่สุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์แบบแห้งและผลิตภัณฑ์แบบพลาสติก ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์แบบเปียกและแบบแห้งนั้นจะแบ่งการขนส่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. การขนส่งต้นกล้วยจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ไปยังคณะวิศวฯ 2. การขนส่งจากคณะวิศวฯไปยังสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน 3. การขนส่งสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน ไปยัง สถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเทศบาลพิษณุโลก โดยมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.39 และ 0.09 m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 1.84 และ 3.43 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์แบบพลาสติกนั้นแบ่งการขนส่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.การขนส่งจากศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยมหิดล ไปยัง สถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน 2.การขนส่งสถานสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มน ไปยัง สถานีกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเทศบาลพิษณุโลก พบว่า มีค่าวอเตอร์ฟุต-พริ้นท์เท่ากับ $2.06x10^{-3}$ m^3H_2O คิดเป็นร้อยละ 4.93 ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด เนื่องจากระยะทางในการขนส่งไปในแต่ละที่มีระยะทางที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ ง.15 โดยค่าวอเตอร์ฟุต-พริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด แสดงในรูปที่ ง.16

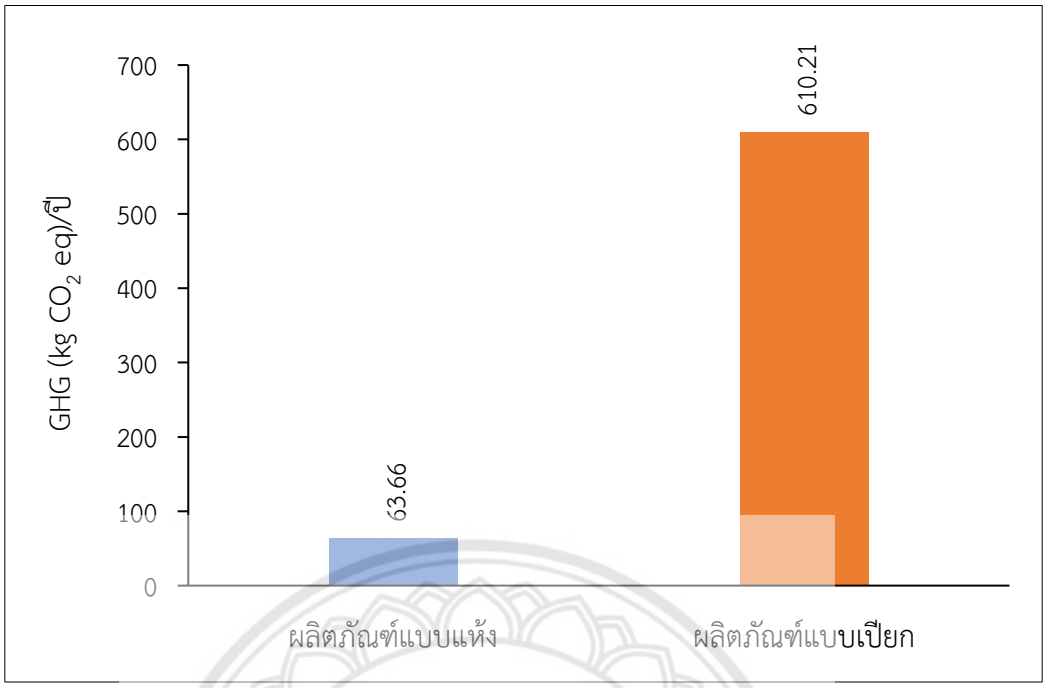


รูปที่ ง.15 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการขนส่งของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

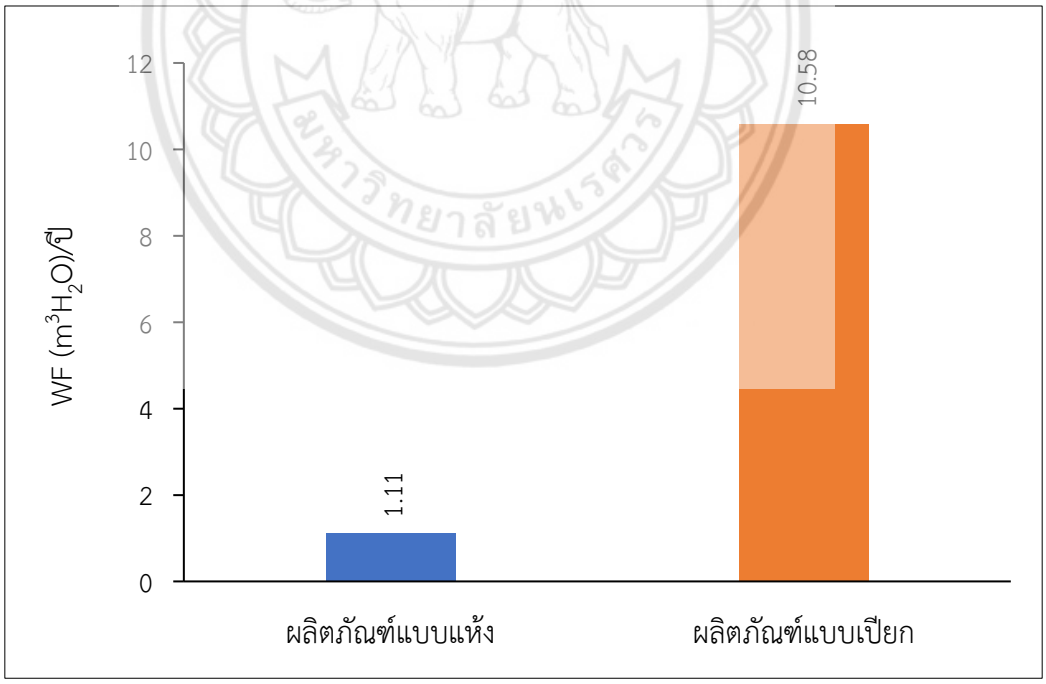


รูปที่ ง.16 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

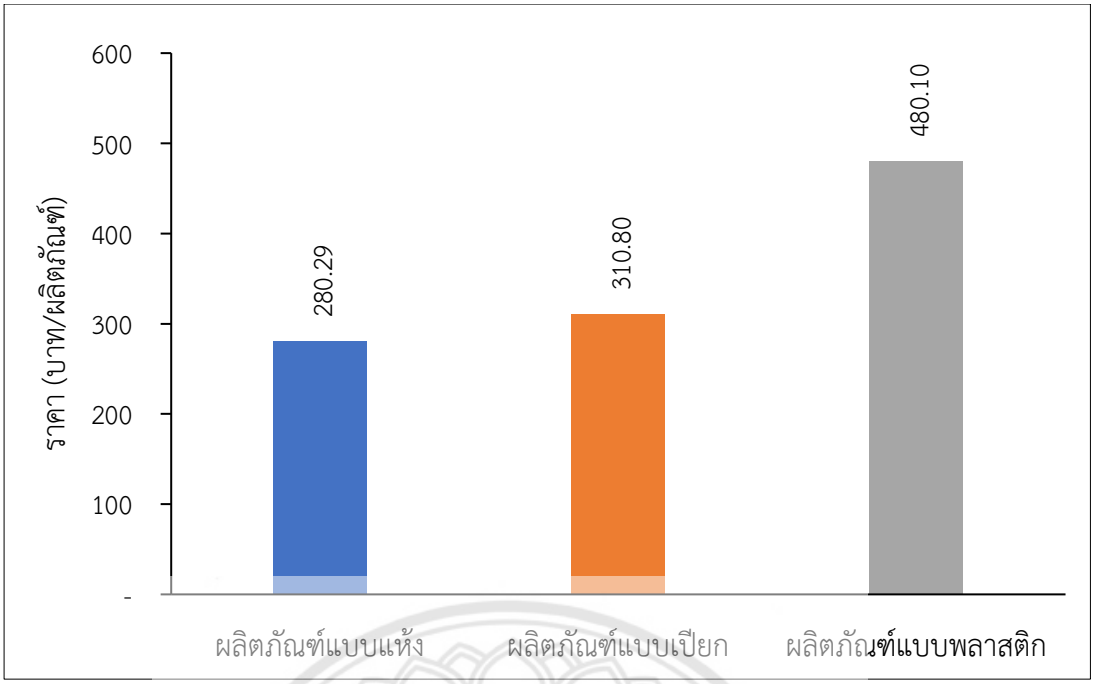
ง.3 ข้อเสนอแนะของผลิตภัณฑ์สำหรับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง



รูปที่ ง.17 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ



รูปที่ ง.18 การเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด โดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ



รูปที่ ง.19 ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่ปรับปรุงโดยไม่คิดการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบ