การประเมินวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ

โดย
นางสาวมนธิตา จ้อยร่อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ

โดย
นางสาวมนธิตา จ้อยร่อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SLAUGHTERED PORK

By

MISS Monthita JOYROY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science ENVIRONMENTAL SCIENCE

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Academic Year 2023

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การประเมินวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ
โดย	นางสาวมนธิตา จ้อยร่อย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. ปฏิกร ศรีภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. อุมารัจน์ สันติสุขเกษม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. ปฏิกร ศรีภิรมย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์)

650720040 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
คำสำคัญ : การประเมินวัฏจักรชีวิต, เนื้อสุกร, ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

เนื้อสุกรเป็นอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี คุณค่าทางโภชนาการสูงและได้รับความนิยมสูงในการนำมาประกอบเป็นอาหารจานหลัก อีกทั้งเป็นสินค้าส่งออกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยการผลิตเนื้อสุกรมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อาหารสัตว์ น้ำ ไฟฟ้า น้ำเสีย ของเสียอินทรีย์ และการขนส่ง เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวทำให้การผลิตเนื้อสุกรส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อระบุแหล่งที่มาของผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร ซึ่งกำหนดขอบเขตคือ ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบถึงผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรออกจากประตูโรงงานชำแหละเนื้อสุกร และกำหนดหน่วยการทำงาน คือ เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิต ที่ประเมินผลกระทบระดับปลาย ที่แบ่งกลุ่มความรุนแรงของผลกระทบออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร ผลการศึกษาพบว่าสารขาเข้าที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ ข้าวโพด รองลงมา คือ รำข้าว ที่เป็นวัตถุดิบในกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ของขั้นตอนฟาร์ม ซึ่งแนวทางในการลดผลกระทบ คือ การปลูกข้าวโพดที่มีการปลูกถั่วร่วมด้วย เพื่อลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และลดการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน การใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ของน้ำล้างคอกสุกรในการเพาะปลูกพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิต

650720040 : Major ENVIRONMENTAL SCIENCE
Keyword : Life cycle Assessment, slaughterhouse pork, Environmental impact

MISS Monthita JOYROY : Life cycle assessment of slaughtered pork Thesis advisor : Patikorn Sriphirom

Pork is one of the important livestock products, providing a source of protein with high nutritional value and widespread popularity as a main dish. Consequently, pigs hold economic importance in Thailand. Pork production involves various factors such as animal feed, water, electricity, transportation, wastewater, and biowaste. These factors can directly or indirectly impact the environment. Therefore, Life Cycle Assessment (LCA), an environmental management tool, is employed for analysis, quantitatively evaluating the environmental impacts throughout the product life cycle. This method helps identify environmental hotspots, focusing on the key causes of environmental impact. The study aims to conduct a life cycle assess of slaughtered pork, spanning from pig production on the farm to the pork production process in the slaughterhouse. The study adopts a system boundary of "Cradle-to-slaughterhouse" and analyzes the data using the ReCiPe method, categorizing impacts into three groups: ecosystem impact, human impact, and resource depletion. The results indicate that the farm stage significantly contributes to the impact. Mitigation strategies involve modifying food recipes, optimizing fertilizer use, and repurposing water from washing pig pens for cultivating crops used as raw materials.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนทุนผู้ช่วยวิจัยสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ขอขอบพระคุณผู้ที่อนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ สัตวแพทย์ พนักงานดูแลฟาร์ม เจ้าของฟาร์มสุกร ผู้ประกอบการโรงงานเชือดชำแหละ และพนักงานโรงงานเชือดชำแหละ นอกจากนี้งานวิจัยในฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากความเมตตากรุณาจาก อาจารย์ ดร.ปฏิกร ศรีภิรมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ อาจารย์ ดร.ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในด้านงานวิชาการ แนวคิดที่เป็นประโยชน์ และตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึง อาจารย์ ดร.อุมารัจน์ สันติสุขเกษม ประธานกรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้อง และสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

มนธิตา จ้อยร่อย

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 3

1.4 ขอบเขตการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 4

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 สุกร 4

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของสุกร 4

2.1.2 ประเภทของสุกร 4

2.1.3 พันธุ์สุกร 5

2.1.3.1 สุกรพันธุ์พื้นเมือง 5

2.1.3.2 สุกรพันธุ์ต่างประเทศ 5

2.1.4 วงจรชีวิตสุกร 8
2.1.5 ขนาดฟาร์มสุกร 8
2.1.6 สถานการณ์การผลิต และการตลาดของเนื้อสุกรของโลก 8
2.1.6.1 การผลิต 8
2.1.6.2 การตลาด 9
2.1.7 สถานการณ์การผลิต และการตลาดของเนื้อสุกรของประเทศไทย 10
2.1.7.1 การผลิต 10
2.1.7.2 การตลาด 10
2.1.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิต หรือการส่งออก 11
2.1.8.1 โรคระบาดในสุกร 11
2.1.8.2 ต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวสูงขึ้น 13
2.1.9 ของเสียในฟาร์มสุกร 14
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) 15
2.2.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวัฏจักรชีวิต 15
2.2.2 นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต 16
2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 14000 กับ LCA 17
2.2.4 ความจำเป็นในการศึกษา LCA 19
2.2.5 กรอบการทำงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต 20
2.2.5.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition) 21
2.2.5.2 การทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) 25
2.2.5.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle Impact assessment: LCIA) 26
2.2.5.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation) 28

2.2.6 จุดแข็ง และจุดอ่อนของการประเมินวัฏจักรชีวิต 28
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 36
วิธีการดำเนินงานวิจัย 36
3.1 วิธีการศึกษา 36
3.2 การรวบรวมข้อมูล 36
3.3 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 37
3.4 การวิเคราะห์โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต 37
3.4.1 กำหนดเป้าหมาย และขอบเขต (Goal and Scope Definition) 38
3.4.2 การทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) 40
3.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle Impact assessment: LCIA) 40
3.4.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation) 43
3.5.5 การวิเคราะห์สถานการณ์ (Scenario Analysis) 43
บทที่ 4 44
ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล 44
4.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ 44
4.2 ผลการประเมินผลกระทบของวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ 47
4.2.1 กลุ่มความเสียหายต่อระบบนิเวศ 47
4.2.2 กลุ่มความเสียหายต่อมนุษย์ 48
4.2.3 กลุ่มความเสียหายความขาดแคลนทรัพยากร 49
4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) 52
4.4 การวิเคราะห์สถานการณ์ 55
บทที่ 5 61
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 61

5.1 สรุปผลการศึกษา 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 62
รายการอ้างอิง 64
ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสอบถามในการเก็บข้อมูล 69
ภาคผนวก ข ข้อมูลปฐมภูมิบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม 72
ประวัติผู้เขียน 75

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณการผลิต การส่งออก และการบริโภคสุกรของประเทศไทย 11

ตารางที่ 2 จุดแข็ง และจุดอ่อนของการประเมินวัฏจักรชีวิต..... 29

ตารางที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเนื้อสุกรประเทศเดนมาร์กในปี ค.ศ. 2005 และ ค.ศ. 2016 ต่อหน่วยการทำงาน..... 30

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระหว่างสุกรออแกนิค และสุกรทั่วไปความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำจืด ความเป็นพิษต่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ และความเป็นพิษที่ไม่ก่อมะเร็งในมนุษย์..... 31

ตารางที่ 5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อกิโลกรัมขั้นตอนภายในฟาร์มเนื้อสุกรทางตอนเหนือประเทศเยอรมนี..... 33

ตารางที่ 6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของการผลิตเนื้อสุกรทางตอนเหนือประเทศเยอรมนีในปี ค.ศ. 2010 และ ค.ศ. 2011 (ตลอดช่วงระยะการเลี้ยงสุกร)..... 33

ตารางที่ 7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร ประเทศออสเตรีย..... 34

ตารางที่ 8 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนภายในฟาร์มต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร ประเทศออสเตรีย 34

ตารางที่ 9 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารสัตว์ต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร (น้ำหนักซาก) ประเทศออสเตรีย..... 35

ตารางที่ 10 บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต 3 สถานการณ์ 43

ตารางที่ 11 บัญชีรายการสารขาเข้า และสารขาออกจากฟาร์ม..... 45

ตารางที่ 12 บัญชีรายการสารขาเข้า และสารขาออกจากโรงงานชำแหละ..... 46

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม กรณีศึกษาอื่น ๆ... 52

ตารางที่ 14 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล 53

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ลักษณะสุกรพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ก.พันธุ์ควาย ข.พันธุ์พวง ค.พันธุ์ไหหลำ..... 5

รูปที่ 2 ลักษณะสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์..... 6

รูปที่ 3 ลักษณะสุกรพันธุ์แลนด์เรซ..... 6

รูปที่ 4 ลักษณะสุกรพันธุ์ดูร็อกเจอร์ซี่..... 7

รูปที่ 5 ลักษณะสุกรพันธุ์เพียเทรน..... 7

รูปที่ 6 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040..... 21

รูปที่ 7 ขอบเขตแบบ cradle-to-grave..... 22

รูปที่ 8 ขอบเขตแบบ cradle-to-gate..... 23

รูปที่ 9 ขอบเขตแบบ gate-to-gate..... 23

รูปที่ 10 ขอบเขตแบบ cradle-to-cradle..... 24

รูปที่ 11 สัดส่วนของการผลิตเนื้อสุกร ได้แก่ การเกิดสภาวะโลกร้อน การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำทะเล การลดลงของชั้นโอโซน การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละออง หมอกควัน การเกิดภาวะก่อตัวของสารโฟโตเคมิคอลออกซิแดนท์ และการทำให้เป็นกรดในดิน 32

รูปที่ 12 ขั้นตอนการศึกษา..... 36

รูปที่ 13 ขอบเขตการศึกษา..... 39

รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ในการประเมินผลกระทบระดับกลางและผลกระทบระดับปลาย..... 42

รูปที่ 15 ผลกระทบต่อระบบนิเวศของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ..... 48

รูปที่ 16 ผลกระทบต่อมนุษย์ของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ..... 49

รูปที่ 17 ผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ..... 50

รูปที่ 18 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบต่อระบบนิเวศ..... 54

รูปที่ 19 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบต่อมนุษย์..... 54

รูปที่ 20 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากร..... 55

รูปที่ 21 ความเสียหายต่อระบบนิเวศทั้งสามสถานการณ์ 58
รูปที่ 22 ความเสียหายต่อมนุษย์ทั้งสามสถานการณ์ 59
รูปที่ 23 ความเสียหายต่อการขาดแคลนทั้งสามสถานการณ์ 60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เกษตรกรเป็นอาชีพที่อยู่คู่คนไทยมาอย่างช้านาน จนกลายเป็นรากฐานของสังคมไทย ซึ่งเกษตรกรรมมีทั้งการเพาะปลูก และปศุสัตว์ ที่เป็นปัจจัยหลักในการบริโภคอันดับแรกสำหรับมนุษย์ โดยมนุษย์บริโภคผลผลิตจากสัตว์เป็นแหล่งสารอาหาร ซึ่งมีการผลิตเพิ่มขึ้นตาม ความต้องการที่สอดคล้องกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น จนทำให้รูปแบบการผลิตมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการหาแนวทางในการพัฒนาภาคเกษตรให้ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นอย่างยิ่ง

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญกับประเทศไทย ซึ่งสุกรเป็นที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย พบได้ทุกภูมิภาค โดยเฉพาะภาคกลางที่มีการเลี้ยงสุกรมากที่สุด (นวรัตน์ บุญทอง, 2565) โดยระดับการเลี้ยงสุกรมีตั้งแต่ขนาดเล็กไว้บริโภคในครัวเรือน ไปจนถึงการเลี้ยงในระดับอุตสาหกรรมรายย่อย และขนาดใหญ่ ซึ่งประเทศไทยมีตลาดการส่งออกต่างประเทศที่สำคัญ เช่น กัมพูชา เมียนมา สปป.ลาว และฮ่องกง เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณการส่งออกต่างประเทศของเนื้อสุกรที่มีมูลค่า 250 ล้านบาท และความต้องการผู้บริโภคเนื้อสุกรของประเทศไทยมีปริมาณประมาณ 1.32 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ทำให้การเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพที่สามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกร และสถานประกอบการ เนื่องจากสุกรเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ให้ลูกดก และเจริญเติบโตเร็ว ซึ่งการเลี้ยงสุกรทำให้ได้เนื้อสุกรเป็นสินค้าทางเกษตรพื้นฐาน เพื่อการบริโภค ที่มีแหล่งโปรตีนที่สำคัญ และมีคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับความนิยมสูง ในการนำมาประกอบเป็นอาหารจานหลัก อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวสูงขึ้น ผู้เลี้ยงสุกรขาดเงินทุนหมุนเวียน และปัญหาโรคในสุกร เช่น โรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกร และโรคปากเท้าเปื่อย เป็นต้น ทำให้มีการยกระดับความปลอดภัยทางชีวภาพเพื่อเฝ้าระวังและป้องกันโรคในสุกร รวมไปถึงปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากปัจจัยในการผลิตเนื้อสุกร เช่น อาหารสัตว์ เชื้อเพลิง น้ำ ไฟฟ้า การเชือดชำแหละ รวมถึงการขนส่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมได้ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก มลพิษทางน้ำ และการใช้สารเคมีในการผลิตอาหาร นอกจากนี้การส่งออกเนื้อสุกรให้กับคู่ค้าที่ใส่ใจ และให้ความสำคัญ

กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ใช้ข้อมูลในการสื่อสารให้กับคู่ค้า รวมถึงเป็นการเตรียมตัวการป้องกันข้อกีดกันทางการค้าในอนาคต ที่มีการนำเรื่องของสิ่งแวดล้อมมาเป็นเงื่อนไข และมีบทบาทมากขึ้นในการช่วยกันแก้ปัญหาสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนทุกวัน นำไปสู่โลกที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ ที่ประเทศพัฒนาแล้วเรียกร้องให้คู่ค้ามีมาตรการจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น ฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco - label) ฉลากสีเขียว (Green label) ฉลากคาร์บอน (Carbon label) มาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนของสหภาพยุโรป (Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) เป็นต้น

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และการประเมินค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายด้านของผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การใช้ทรัพยากร มลพิษที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากการผลิต ผลิตภัณฑ์ หรือบริการ โดยพิจารณาเริ่มตั้งแต่การสกัด หรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การจำหน่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การแปรรูป รวมทั้งการใช้ซ้ำ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน ทำให้สามารถมองภาพรวมของสินค้า และบริการได้ด้วยเหตุนี้ จึงนำการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเนื้อสุกร โดยการกำหนดขอบเขตข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมปริมาณการใช้ทรัพยากร รวมไปถึงการปล่อยมลพิษ และของเสียออกมาสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในการผลิตเนื้อสุกรแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบถึงสาเหตุหลักของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตเนื้อสุกรที่สำคัญ นำไปสู่การเลือกกลยุทธ์ที่ดีที่สุดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น รวมทั้งนำข้อมูลไปใช้เพื่อการพัฒนาการผลิตเนื้อสุกรที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร ตั้งแต่เริ่มการผลิตสุกรภายในฟาร์ม จนถึงกระบวนการผลิตเนื้อสุกรในโรงงานชำแหละ

1.2.2 เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อสุกร และวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบสูงสุด (Hotspot analysis) โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์สถานการณ์ของอาหารสุกรที่แตกต่างกัน รวมไปถึงเสนอแนวทางในการปรับปรุงการผลิตให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

กิจกรรมภายในฟาร์มสุกรส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 เก็บข้อมูลปฐมภูมิเกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิตของกระบวนการผลิตเนื้อสุกร ตั้งแต่การผลิตสุกรจากฟาร์มสุกร จนถึงการชำแหละเนื้อสุกรจากโรงงาน ซึ่งช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล คือเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ 4 ฟาร์ม ตั้งแต่ระยะลูกสุกรหย่านมไปจนถึงระยะสุกรขุน ที่ใช้ระยะเวลา 5 เดือน และเก็บข้อมูลภายในโรงงานชำแหละเนื้อสุกรที่รับสุกรขุนไปสู่กระบวนการชำแหละ ที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม

1.4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการเลี้ยงสุกร ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรม Open LCA version 2.0 ฐานข้อมูล Ecoinvent version 3.4 และเปรียบเทียบสถานการณ์ทางเลือกในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรต่อกิโลกรัม ตั้งแต่เริ่มการผลิตสุกรภายในฟาร์ม จนถึงกระบวนการผลิตเนื้อสุกรในโรงงานชำแหละ

1.5.2 สามารถประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเนื้อสุกร และทำให้สามารถทราบได้ว่าขั้นตอนใดส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด และทราบว่าสูตรอาหารสุกรใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุด รวมไปถึงเสนอแนวทางในการปรับปรุงการผลิตให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สุกร

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของสุกร

สุกรเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง จัดจำแนกตามอนุกรมวิธานอยู่ในไฟลัม (Phylum) Chordata อันดับ (Order) Artiodactyla วงศ์ (Family) Suidae สกุล (Genus) *Sus* ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์เลือดอุ่นไม่มีต่อมเหงื่อ มีชั้นไขมันใต้ผิวหนังหนา นิ้วเท้าเป็นกีบคู่ ลำตัวอ้วน จมูกและปากยื่นยาว หาอาหารโดยใช้จมูกสูดดมกลิ่น มีทั้งที่เป็นสุกรเลี้ยงและที่เป็นสุกรป่า เป็นสัตว์สังคมอยู่รวมกันเป็นฝูง เป็นสัตว์ที่มีความจำดี ชอบน้ำ และอากาศอบอุ่น ที่มีอุณหภูมิประมาณ 25 – 29 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ (ไพรฑูรย์ ศรีโพนทัน, 2557)

2.1.2 ประเภทของสุกร

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเลี้ยงสุกรอยู่หลายสายพันธุ์ ซึ่งลักษณะของสุกรเกิดจากการพัฒนาสายพันธุ์ตามความต้องการของนักผสมพันธุ์ และความนิยมของผู้บริโภค สามารถจัดแบ่งสุกรได้ตามรูปร่างลักษณะ และคุณภาพของเนื้อ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้ดังนี้ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2537)

1) สุกรประเภทมัน มีลักษณะอ้วนเตี้ย ลำตัวหนา สั้น สะโพกเล็ก มีเนื้อแดงน้อย และมีมันมาก ปัจจุบันผู้บริโภคสุกรประเภทนี้น้อยลง เพราะว่าในปัจจุบันนิยมบริโภคน้ำมันพืชมากกว่าน้ำมันหมู พันธุ์สุกรประเภทมัน เช่น พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ไหหลำ เป็นต้น

2) สุกรประเภทเนื้อ มีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างประเภทมัน และประเภทเบคอน เกิดจากการผสมพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ให้มีเนื้อแดงมาก และมันลดลง ซึ่งจะมีลักษณะลำตัวยาวกว่าประเภทมัน มีส่วนไหล่ และสะโพกใหญ่อวบ ลำตัวหนา พันธุ์ประเภทเนื้อ เช่น พันธุ์ดูร็อก พันธุ์แฮมเชียร์ เป็นต้น

3) สุกรประเภทเบคอน มีลักษณะขนาดใหญ่ ผอม ลำตัวยาว ลักษณะบาง กระดูกใหญ่ ขายาว สะโพกเล็ก ลำตัวสุกรประเภทเบคอนมีเนื้อสามชั้น เหมาะสำหรับการนำไปทำเบคอน สุกรประเภทเบคอน เช่น พันธุ์แลนด์เรซ และพันธุ์ลาร์จไวต์ เป็นต้น

2.1.3 พันธุ์สุกร

ปัจจุบันพันธุ์สุกรที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 สายพันธุ์ มีดังนี้ (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2548)

2.1.3.1 สุกรพันธุ์พื้นเมือง

สุกรพันธุ์พื้นเมือง เป็นสุกรที่พบได้น้อย ซึ่งในปัจจุบันจะเลี้ยงอยู่ตามหมู่บ้านชนบท ลักษณะโดยทั่วไป มีขนสีดำ ท้องยาน หลังแอ่น การเจริญเติบโตช้า ให้ลูกดก เลี้ยงลูกเก่งทนทานต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งมีข้อเสีย คือ คุณภาพซากไม่ดี ให้เนื้อน้อย และไขมันมาก สุกรพันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์ควาย พันธุ์พวง พันธุ์ไหหลำ เป็นต้น (รูปที่ 1)

ก ข ค

รูปที่ 1 ลักษณะสุกรพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ก.พันธุ์ควาย ข.พันธุ์พวง ค.พันธุ์ไหหลำ

ที่มา: กลุ่มวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2556)

2.1.3.2 สุกรพันธุ์ต่างประเทศ

1) พันธุ์ลาร์จไวท์ (Large White) ประเทศไทยนำเข้ามาใน ปี พ.ศ. 2482 ซึ่งมีถิ่นกำเนิดจากประเทศอังกฤษ ลักษณะทั่วไป มีผิวและขนสีขาว ใบหูตั้ง ลำตัวยาว กระดูกใหญ่ โครงใหญ่ หน้าสั้น หัวใหญ่ มีความแข็งแรง เจริญเติบโตเร็ว คุณภาพซากดี เลี้ยงง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี (รูปที่ 2) เมื่อโตเต็มวัยจะมีน้ำหนักประมาณ 200 - 250 กิโลกรัม เลี้ยงลูกเก่ง สามารถให้ลูกดกเฉลี่ย 9 - 10 ตัว หย่านมเฉลี่ย 8 - 9 ตัว ซึ่งสุกรพันธุ์นี้เป็นประเภทเบคอนที่ให้เนื้อมาก เนื้อแดงมาก มันน้อย มันใต้ผิวหนังบาง สามชั้นพอดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ความต้องการของตลาดสูง และสุกรพันธุ์นี้เหมาะสำหรับเป็นพ่อพันธุ์ และแม่พันธุ์

รูปที่ 2 ลักษณะสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์
ที่มา: British Pig Association (2023)

2) พันธุ์แลนด์เรซ (Landrace) ประเทศไทยนำเข้ามาใน ปี พ.ศ. 2506 ซึ่งมีถิ่นกำเนิดจากประเทศเดนมาร์ค ลักษณะทั่วไป ลำตัวจะมีสีขาวตลอดตัว ใบหูใหญ่และปรก หน้ายาว ลำตัวยาว จมูกตรง คางเรียบ มีซี่โครงมากถึง 16 - 17 คู่ ซึ่งสุกรปกติจะมีกระดูกซี่โครง 15 - 16 คู่ (รูปที่ 3) เมื่อโตเต็มวัยจะมีน้ำหนักประมาณ 200 - 250 กิโลกรัม เลี้ยงลูกเก่ง สามารถให้ลูกดกเฉลี่ย 9 - 10 ตัว หย่านมเฉลี่ย 8 - 9 ตัว ซึ่งสุกรพันธุ์นี้เป็นประเภทเบคอนที่ให้เนื้อแดงมาก มีไขมันแทรกน้อย นิยมเลี้ยงในภาคกลาง แต่มีข้อจำกัดเรื่องขาไม่ค่อยแข็งแรง แก้ไขโดยต้องเลี้ยงด้วยอาหารที่มีคุณภาพดี และสุกรพันธุ์นี้เหมาะสำหรับเป็นแม่พันธุ์

รูปที่ 3 ลักษณะสุกรพันธุ์แลนด์เรซ
ที่มา: British Pig Association (2023)

3) พันธุ์ดูร็อกเจอร์ซี่ (Duroc Jersey) สุกรพันธุ์นี้มีถิ่นกำเนิดจากประเทศอเมริกา ลักษณะทั่วไปมีผิวหนังสีแดง หูย้อยปรกมาทางข้างหน้า ลำตัวสั้นกว่าลาร์จไวท์ และแลนด์เรซ ลำตัวหนา หลังโค้ง แผ่นหลังกว้าง (รูปที่ 4) เมื่อโตเต็มวัยจะมีน้ำหนักประมาณ 200 - 250 กิโลกรัม เป็นสุกรที่ให้ลูกดกเฉลี่ย 8 - 9 ตัว เลี้ยงลูกไม่เก่ง หย่านมเฉลี่ย 6-7 ตัว หลังจากลูกสุกรอายุ 2 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมในประเทศไทยได้เป็น

อย่างดี และทนทานต่อสภาพการเลี้ยงต่าง ๆ ได้ ซึ่งสุกรพันธุ์นี้เป็นประเภทเนื้อ และมีไขมันค่อนข้างมาก นิยมใช้เป็นสายพ่อพันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมจะได้ลูกผสมที่สวยงาม

รูปที่ 4 ลักษณะสุกรพันธุ์ดูร็อกเจอร์ซี่

ที่มา: British Pig Association (2023)

4) พันธุ์เพียเทรน (Pietrain) สุกรพันธุ์นี้มีถิ่นกำเนิดจากประเทศเบลเยี่ยม ลักษณะทั่วไปมีสีขาวเหลือง ลายสลับ มีรูปร่างสวยงาม กล้ามเนื้อเป็นมัด แผ่นหลังกว้าง สะโพกเห็นเด่นชัด (รูปที่ 5) เมื่อโตเต็มวัยจะมีน้ำหนักประมาณ 150-200 กิโลกรัม มีเนื้อแดงมาก มีข้อเสีย คือ ตื่นตกใจ ตายง่าย และโตช้า ปัจจุบันนิยมใช้ผสมข้ามพันธุ์เป็นพ่อพันธุ์ในการผลิตสุกรขุน

รูปที่ 5 ลักษณะสุกรพันธุ์เพียเทรน

ที่มา: British Pig Association (2023)

ทั้งนี้ยังมีสุกรพันธุ์ต่างประเทศอื่น ๆ ที่นำเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทย แต่ไม่เป็นที่นิยม ได้แก่ สุกรพันธุ์แฮมเชียร์ (Hamshire) เบอร์เชียร์ (Berkshire) และเหมยซาน (Meishan) ส่วนสุกรลูกผสมนิยมใช้พ่อพันธุ์แท้ดูร็อคเจอร์ซี่ และแม่ลูกผสมระหว่างแลนด์เรซกับลาร์จไวต์

2.1.4 วงจรชีวิตสุกร

อายุขัยเฉลี่ยของสุกรประมาณ 15 ปี โดยวงจรชีวิตเริ่มจากผสมพันธุ์สุกรเพศเมีย ซึ่งในการตั้งท้องใช้ระยะเวลาประมาณ 110 – 118 วัน หลังจากคลอด แม่พันธุ์สุกรใช้ระยะเวลาให้นมลูกสุกรประมาณ 8 – 10 สัปดาห์ ถึงหย่านม หากเลี้ยงสุกรแบบอุตสาหกรรมใช้ระยะเวลาให้นมลูกสุกรประมาณ 3 – 5 สัปดาห์ เมื่อสุกรอายุประมาณ 5 – 6 เดือน จะเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ แล้วผ่านไป 1 – 2 เดือนจึงเริ่มผสมพันธุ์อีกครั้ง ซึ่งพ่อพันธุ์ที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป สามารถผสมพันธุ์ได้วันละ 2 ครั้ง โดยแม่พันธุ์สุกรสาวสามารถให้ลูกได้ประมาณ 7 – 8 ตัวต่อครอก แต่แม่พันธุ์สุกรนาง (แม่สุกรที่เคยให้ลูกมาแล้ว) จะให้ลูกประมาณ 10 – 12 ตัวต่อครอก ซึ่งวงรอบการเป็นสัดของสุกรเพศเมียประมาณ 21 วัน ทำให้แม่สุกรสามารถให้ลูกได้อย่างน้อย 2 ครอกต่อปี และสามารถให้ลูกได้เป็นระยะเวลา 2 – 5 ปี (วรรณพร ทะพิงค์แก, 2561)

2.1.5 ขนาดฟาร์มสุกร

ฟาร์มสุกร มีการแบ่งขนาดฟาร์ม สมาคมสัตวแพทย์ควบคุมฟาร์มสุกรไทย (2566) ดังนี้

1) ฟาร์มสุกรขนาดเล็ก โดยมีหน่วยการผลิตสุกรที่มีปริมาณการเลี้ยงสุกรต่อรอบตั้งแต่ 50 – 200 ตัว

2) ฟาร์มสุกรขนาดกลาง โดยมีหน่วยการผลิตสุกรปริมาณการเลี้ยงสุกรต่อรอบตั้งแต่ 201 – 500 ตัว

3) ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ โดยมีหน่วยการผลิตสุกรมีปริมาณการเลี้ยงสุกรต่อรอบตั้งแต่ 501 ตัวขึ้นไป

2.1.6 สถานการณ์การผลิต และการตลาดของเนื้อสุกรของโลก

2.1.6.1 การผลิต

การผลิตเนื้อสุกรของโลก จากสถิติของปี 2562 – 2566 มีอัตราการผลิตมีเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 4.45 ต่อปี โดยในปี 2566 การผลิตเนื้อสุกรของโลกปริมาณรวม 115.498 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 114.533 ล้านตัน ของปี 2565 ร้อยละ 0.84 ซึ่งประเทศจีนยังคงเป็นผู้ผลิตสุกรอันดับ 1 ของโลกปริมาณ 56.50 ล้านตัน รองลงมาได้แก่ สหภาพยุโรป 21.50 ล้านตัน สหรัฐอเมริกา 12.385 ล้านตัน และบราซิล 4.60 ล้านตัน โดยแนวโน้มการผลิตของจีน สหรัฐอเมริกา และบราซิล เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 1.97 ร้อยละ 1.09 และร้อยละ 5.75 ตามลำดับในขณะที่สหภาพยุโรปมีการผลิตลดลงจากปี 2565 ร้อยละ 3.49 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

2.1.6.2 การตลาด

1) ความต้องการบริโภค

ความต้องการบริโภคเนื้อสุกรในปี ปี 2562 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 4.59 ต่อปี โดยในปี 2566 การบริโภคเนื้อสุกรของโลกมีปริมาณรวม 115.005 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 113.239 ล้านตันของปี 2565 ร้อยละ 1.56 ซึ่งจีนมีการบริโภคเนื้อสุกรมากที่สุด ปริมาณ 58.683 ล้านตัน รองลงมา ได้แก่ สหภาพยุโรป 18.40 ล้านตัน และสหรัฐอเมริกา 9.839 ล้านตัน โดยแนวโน้มการบริโภคเนื้อสุกรของจีน และสหภาพยุโรปเพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 2.17 และร้อยละ 0.96 ตามลำดับ ในขณะที่สหรัฐอเมริกามีการบริโภคเนื้อสุกรลดลงจากปี 2565 ร้อยละ 1.19 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

2) การส่งออก

การส่งออกเนื้อสุกรของโลก ในปี 2562 - 2566 มีอัตราลดลงร้อยละ 1.83 ต่อปี โดยในปี 2566 การส่งออกเนื้อสุกรมีปริมาณรวม 10.144 ล้านตัน ลดลงจาก 10.940 ล้านตัน ของปี 2565 ร้อยละ 7.28 ซึ่งสหภาพยุโรปมีการส่งออกเนื้อสุกรมากที่สุด ปริมาณ 3.20 ล้านตัน รองลงมา ได้แก่สหรัฐอเมริกา 3.067 ล้านตันและแคนาดา 1.310 ล้านตัน โดยการส่งออกของสหภาพยุโรปและแคนาดา ลดลงจากปี 2565 ร้อยละ 23.32 และร้อยละ 7.42 ตามลำดับ ขณะที่สหรัฐอเมริกา มีการส่งออกเพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 6.57 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

3) การนำเข้า

การนำเข้าเนื้อสุกรของโลก ในปี 2562 - 2566 การนำเข้าเนื้อสุกรของโลกลดลงในอัตราร้อยละ 0.91 ต่อปี โดยในปี 2566 การนำเข้าเนื้อสุกรปริมาณรวม 9.641 ล้านตัน ลดลงจาก 9.797 ล้านตัน ของปี 2565 ร้อยละ 1.59 ซึ่งจีนเป็นประเทศผู้นำเข้าเนื้อสุกรรายใหญ่ของโลกปริมาณ 2.275 ล้านตัน รองลงมา ได้แก่ ญี่ปุ่น 1.490 ล้านตัน และเม็กซิโก 1.310 ล้านตัน โดยจีนและเม็กซิโกมีการนำเข้าเนื้อสุกรเพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 7.06 และร้อยละ 0.85 ตามลำดับ ขณะที่ญี่ปุ่น มีการนำเข้าเนื้อสุกรลดลงจากปี 2565 ร้อยละ 2.17 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

2.1.7 สถานการณ์การผลิต และการตลาดของเนื้อสุกรของประเทศไทย

2.1.7.1 การผลิต

ในประเทศไทยอัตราการผลิตสุกรลดลง โดยในสถิติของ ปี 2562-2566 การผลิตสุกรมีแนวโน้มลดลงในอัตราร้อยละ 8.07 ต่อปี โดยในปี 2566 มีปริมาณการผลิตสุกร 17.471 ล้านตัว เพิ่มขึ้นจาก 15.815 ล้านตัว ของปี 2565 ร้อยละ 10.47 เนื่องจากการฟื้นตัวของอหิวาต์แอฟริกาในสุกร ทำให้ปริมาณแม่พันธุ์เพิ่มมากขึ้นแสดงในตารางที่ 1 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

2.1.7.2 การตลาด

1) ความต้องการบริโภค

ประเทศไทยมีอัตราความต้องการบริโภคเนื้อสุกรลดลง โดยในสถิติของ ปี 2562-2566 ความต้องการบริโภคเนื้อสุกรมีแนวโน้มลดลงและอัตราร้อยละ 7.54 ต่อปี ซึ่งสุกรที่ผลิตได้ใช้บริโภคภายในประเทศเป็นหลัก โดยในปี 2566 มีปริมาณการบริโภคสุกร 1.317 ล้านตัน เพิ่มจาก 1.128 ล้านตัน ของปี 2565 ร้อยละ 16.76 เนื่องจากปริมาณผลผลิตออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้นทำให้ผู้บริโภคเข้าถึงได้มากขึ้นแสดงในตารางที่ 1 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

2) การส่งออก

ประเทศไทยมีอัตราการส่งออกเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งลดลง โดยสถิติของ ปี 2562-2566 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกและสุกรแช่เย็นแช่แข็ง ลดลงในอัตราร้อยละ 44.62 และร้อยละ 40.13 ต่อปี ตามลำดับ โดยในปี 2566 ไทยส่งออกเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งปริมาณ 1,771 ตัน มูลค่า 250 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปริมาณ 1,178 ตัน มูลค่า 189 ล้านบาท ของปี 2565 ร้อยละ 50.34 และร้อยละ 32.48 ตามลำดับโดยตลาดส่งออกสำคัญได้แก่ ฮ่องกง เมียนมาร์ และ สปป.ลาว แสดงในตารางที่ 1 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

3) การนำเข้า

ประเทศไทยมีอัตราการนำเข้าเนื้อสุกรลดลง โดยสถิติของปี 2562 – 2566 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดลงในอัตราร้อยละ 9.35 และร้อยละ 3.71 ต่อปี ตามลำดับ โดยในปี 2566 ไทยนำเข้าผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรปริมาณ 250 ตันมูลค่า 85 ล้านบาท

ลดลงจากปริมาณ 264 ตัน มูลค่า 87 ล้านบาท ของปี 2565 ร้อยละ 5.30 และร้อยละ 2.30 ตามลำดับโดยนำเข้าจากประเทศในสหภาพยุโรปได้แก่ อิตาลี สเปน และเดนมาร์ก แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการผลิต การส่งออก และการบริโภคสุกรของประเทศไทย

ประเภท	2562	2563	2564	2565	2566*	อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)	2567**
ปริมาณการผลิต (ล้านตัว)	22.53	20.05	19.27	15.82	17.47	- 8.07	18.15
(ล้านตัน)	1.69	1.65	1.45	1.18	1.31	- 8.07	1.36
ปริมาณส่งออก (ล้านตัน)	0.015	0.035	0.020	0.006	0.006	- 31.60	0.006
ปริมาณการนำเข้า (ล้านตัน)	0.033	0.027	0.027	0.030	0.027	-2.99	0.027
ปริมาณการบริโภค (ล้านตัน)	1.70	1.50	1.40	1.13	1.32	- 7.54	1.37

หมายเหตุ: * ข้อมูลเบื้องต้น **คาดคะเน

ที่มา: สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2566)

2.1.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิต หรือการส่งออก

2.1.8.1 โรคระบาดในสุกร

การจัดการฟาร์มสุกรในปัจจุบันมีประสิทธิภาพ และมีมาตราการควบคุมโรคระบาด แต่มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคระบาดในสุกรขึ้น ซึ่งโรคระบาดในสุกรที่มักพบมีดังนี้ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

1) โรคท้องร่วงติดต่อในสุกร (Porcine Epidemic Diarrhea: PED)

สาเหตุ : เกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่มโคโรนาไวรัส (Coronavirus) การส่งผ่านโรคเกิดจากการที่สุกรกินอุจจาระที่มีเชื้อปนเปื้อน

อาการ : ซึม มีไข้ อ่อนแรง ถ่ายเหลว และมีกลิ่นคาว ซึ่งอัตราการตายในสุกรที่มีอายุต่ำกว่า 1 สัปดาห์ จะสูง 100 เปอร์เซ็นต์

การป้องกัน : แยกกลุ่ม กักโรค หากพบสุกรป่วย หรือสงสัยว่าจะเป็นโรค และทำความสะอาดโรงเรือน รวมไปถึงทำลายซากสุกรที่นอกพื้นที่เลี้ยงเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดซ้ำ

การรักษา : พิจารณาการรักษาตามอาการ เช่น ให้ยาป้องกันโรคแทรกซ้อนจากการติดเชื้อแบคทีเรีย เช่น Colistin ร่วมกับการให้สารน้ำอิเล็กโทรไลต์ เพื่อลดภาวะแห้งน้ำ

2) โรคระบบทางเดินหายใจ และระบบสืบพันธุ์ (Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome: PRRS)

สาเหตุ : เกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่ม Arteriviridae ติดเชื้อผ่านทางเดินหายใจ และติดต่อได้จาการปนเปื้อนวัสดุต่าง ๆ เช่น ติดต่อผ่านอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงมีแมลงเป็นพาหะ เช่น ยุง หรือแมลงวัน

อาการ : แม่สุกรที่กำลังตั้งท้องติดเชื้อจะเกิดขึ้นในระบบสืบพันธุ์ ส่งผลให้เกิดการแท้งลูกซึ่งพบอัตราการตายแรกคลอดสูง ผสมไม่ติด และเป็นสัดไม่ตรงรอบ กรณีติดเชื้อรุนแรงในแม่สุกรระยะใกล้คลอดทำให้แม่สุกรเสียชีวิตได้ ส่วนในพ่อสุกรหากได้รับเชื้อส่งผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อและความสมบูรณ์ของพันธุ์ สุกรรุ่นจะพบอาการทางเดินหายใจ เช่น หายใจแรง เร็ว และอ้าปากหายใจ และทำให้มีการเติบโตช้า กรณีติดเชื้อรุนแรงเปลือกตาจะบวม ใบหูสีคล้ำ และมีอาการทางประสาท

การป้องกัน : มีมาตราการเข้าออกฟาร์ม เช่น การใช้น้ำยาเชื้อพ่นโรงเรือนเพื่อลดปริมาณไวรัส การเปลี่ยนเสื้อผ้า อาบน้ำก่อนเข้าฟาร์ม และมีการกระตุ้นภูมิด้วยการทำวัคซีน

การรักษา : การให้ยาต้านจุลชีพ จะช่วยลดการติดเชื้อแบคทีเรียแทรกซ้อนให้ยาลดไข้ และลดการอักเสบ

3) โรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกร (African Swine Fever: ASF)

สาเหตุ : เกิดจากเชื้อไวรัส Asfravirus ติดต่อผ่านทางปาก จมูก การสัมผัสสิ่งคัดหลั่งจากสัตว์ป่วย หรือสัมผัสอุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนเชื้อไวรัส

อาการ : มีไข้สูง, ผิวหนังเป็นผื่นแดงบริเวณ หู หาง หรือ ขาหนีบ และช็อกตายภายในหนึ่งสัปดาห์ เกิดได้ทุกช่วงอายุ

การป้องกัน : หากพบสัตว์ป่วยควรแจ้งเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ ไม่จำหน่ายซากสุกรที่สงสัยว่าเป็นโรค การกำจัดซากสุกรที่ติดเชื้อ และสิ่งปูรองที่ปนเปื้อนอย่างเหมาะสม

การรักษา : เน้นการป้องกัน เนื่องจากยังไม่มีวัคซีนป้องกัน

4) โรคปากเท้าเปื่อย (Foot and mouth disease: FMD)

สาเหตุ : เกิดจากเชื้อ Foot and mouth disease virus ติดต่อผ่านทางสัมผัสสารคัดหลั่ง น้ำเชื้อ น้ำมูก น้ำลาย อุจจาระ และผ่านทางการหายใจ

อาการ : ตุ่มน้ำใสที่บริเวณปลายจมูก ปาก ริมฝีปาก เหงือก และผิวหนังบริเวณไรกีบ ไข้สูง เบื่ออาหาร น้ำลายยืด น้ำหนักลด ขาเจ็บ และอาจพบกีบเท้าลอกหลุด

การป้องกัน : ทำวัคซีนป้องกันโรค ร่วมกับการใช้ยาฆ่าเชื้อพ่นทำความสะอาดคอก และพาหนะ

การรักษา : รักษาตามอาการ

5) โรคไข้หวัดหมู (Swine influenza)

สาเหตุ : เกิดจากเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ H1N1 เป็นโรคติดจ่อร้ายแรง และมักแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วภายในฝูง

อาการ : แม่สุกรจะมีไข้สูง ไอ ปอดบวม และเกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ ในลูกสุกรจะไอ อ่อนเพลีย และเป็นไข้ ส่วนสุกรขุน จะมีอาการหายใจลำบาก มีอาการไอ

การป้องกัน : กระตุ้นภูมิคุ้มกันสุกรด้วยการทำวัคซีน

การรักษา : รักษาตามอาการ

โรคที่กล่าวมาข้างต้นเป็นโรคที่พบได้บ่อยในฟาร์มสุกร นอกจากนี้ข้อจำกัดการส่งออกเนื้อสุกรชำแหละ และเนื้อสุกรแปรรูปไปต่างประเทศ คือ การยกระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ (Farm biosecurity) เพื่อเฝ้าระวัง และป้องกันโรคส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรปรับตัวสูงขึ้น อีกหนึ่งข้อจำกัด คือ การที่ประเทศไทยยังไม่มีการรับรองปลอดโรคปากเท้าเปื่อย

2.1.8.2 ต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวสูงขึ้น

ขณะที่เนื้อสุกรเป็นสินค้าที่มีมาตรการควบคุมราคา แต่ต้นทุนการผลิตมีการปรับตัวสูงขึ้น เช่น ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ อาหารสัตว์ ค่าพลังงาน น้ำมันที่ใช้ในการขนส่ง และระบบความปลอดภัยทางชีวภาพ ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ต่อการตัดสินใจของเกษตรกรที่จะดำเนินอาชีพเลี้ยงสุกรต่อไปในอนาคต

2.1.8.3 การฟื้นตัวทางเศรษฐกิจหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา

การฟื้นตัวทางเศรษฐกิจหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 อาจส่งผลให้ความต้องการบริโภคเนื้อสุกรทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงบวกที่กระตุ้นให้เกษตรกรเพิ่มปริมาณการผลิตสุกรให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

2.1.9 ของเสียในฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกรอาจมาจากสุกรโดยตรง เช่น มูลสุกร ปัสสาวะสุกร รก และซากสุกรที่ตาย เป็นต้น หรือกระบวนการผลิตสุกร ได้แก่ ขั้นตอนการให้อาหาร การเลี้ยงดู การป้องกันโรค การผสมพันธุ์เทียม การทำคลอดสุกร ฯลฯ เช่น เข็มฉีดยา ถุงใส่อาหาร ขวดน้ำเชื้อ น้ำเสียจากการล้างคอก เป็นต้น (เกศินี เกตุพยัคฆ์, 2562)

ปัญหาหลักที่เกิดจากของเสียจากฟาร์มสุกร ได้แก่

- มูลสุกร เกิดจากการไม่เก็บทำความสะอาดในโรงเรือน จนสะสมทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค แมลงวัน
- น้ำเสีย เกิดจากน้ำล้างทำความสะอาดคอก ที่ไม่ได้รับการบำบัด หรือรั่วไหลลงแม่น้ำลำคลอง ส่งผลให้แม่น้ำลำคลองเน่าเสีย ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำเสียจากฟาร์มสุกรทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ที่มีค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand: BOD) ในช่วงประมาณ 60 – 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กลิ่น และก๊าซ เกิดจากการสะสมมูลสุกร น้ำเสีย ซากสุกร ที่ไม่ได้กำจัด และการย่อยสลายสิ่งขับถ่ายของสุกรในสภาวะใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนไตร์ท (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบซัลเฟต และในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซมีเทน (CH_4) แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซแอมโมเนีย และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ส่งผลให้ต่อผู้เลี้ยง และผู้ที่อยู่อาศัยใกล้เคียง อาจเกิดการระคายเคืองตา จมูก คอ ได้รับเป็นเวลานานเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดบวม

ของเสียจากฟาร์มสุกรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรง และทางอ้อม ได้แก่

- มลพิษทางน้ำ จากน้ำเสียที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้สัตว์น้ำมีตาย หรือย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย ทำให้เสียความสมดุลทางธรรมชาติ เกิดผลกระทบทางระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม นอกนี้น้ำเสียยังส่งผลกระทบทางด้านสาธารณสุข เนื่องจากน้ำเสียในฟาร์มสุกรเป็นพาหะ

นำเชื้อโรคต่าง ๆ สู่มนุษย์ เช่น *Escherichia coli* และ *Cryptosporidium* แพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อม หากในชุมชนที่มีการใช้แหล่งน้ำนี้ในการผลิตน้ำประปา เพื่อการบริโภคทำให้ใช้งบประมาณสูงในการบำบัด และใช้ต้นทุนสูงในการผลิตประปา รวมไปถึงคุณภาพดิน และพืชผลในพื้นที่เพาะปลูก ที่ในน้ำเสียมีความเป็นกรด และด่างที่ไม่เหมาะสมในการทำการเกษตร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการทำปศุสัตว์มีการปล่อยเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่

1) ก๊าซมีเทน (Methane: CH_4) แหล่งผลิตก๊าซมีเทนที่สำคัญ เช่น การหมักย่อยในระบบย่อยอาหาร ซึ่งจะปล่อยออกมาทางมูลสัตว์ที่เก็บไว้ในโรงเรือน และกลางแจ้ง ทั้งในรูปแบบของแข็ง และของเหลว

2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide: N_2O) แหล่งผลิตก๊าซไนตรัสออกไซด์มาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพาะปลูกพืชที่นำมาเป็นวัตถุดิบ ในการผลิตอาหารสัตว์ และเกิดจากมูล รวมถึงปัสสาวะของสัตว์

3) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO_2) แหล่งผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการหายใจของสัตว์ การขยายพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชในการผลิตอาหารสัตว์ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตอาหารสัตว์ และการขนส่ง

ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี เมื่อก๊าซลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศจะดูดซับความร้อนไว้ในปริมาณที่เหมาะสม จะรักษาอุณหภูมิโลกให้พอเหมาะอุ่นสบาย แต่เมื่อก๊าซเหล่านี้มีมากเกินไป จะส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น และทำให้สภาพอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลกระทบให้สภาพอากาศแปรปรวน น้ำท่วม ความสูญเสียด้านความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การเกิดวิกฤตการณ์ทางพลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 ซึ่งประเทศต่าง ๆ กำหนดนโยบายประหยัดพลังงาน ส่งผลให้ประชาชนมีจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้พัฒนาการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) และมีแนวคิดที่วิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานแต่ละภาคอุตสาหกรรม ทรัพยากร รวมถึงการวิเคราะห์การปลดปล่อยของเสียในรูปแบบต่าง ๆ ในปี ค.ศ. 1980 เริ่มมีการศึกษา LCA อย่างจริงจัง ซึ่งภาครัฐในประเทศต่าง ๆ ได้นำผลจากการศึกษา LCA ไปประยุกต์ใช้ และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ เพื่อประเมินค่า

ศักยภาพที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ต่อมาในปี ค.ศ. 2002 โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programmer: UNEP) ที่เป็นส่วนหนึ่งของสหประชาชาติที่มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจ และประเมินแนวโน้มที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับชาติ ระดับภูมิภาค และระดับโลก ได้ร่วมมือกับสมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อม และสารเคมี (Society of Environment Toxicology and Chemical: SETAC) ผลักดันให้มีการนำแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตตามคำแถลงการณ์มัลโม (Malmö Declaration) ณ ประเทศสวีเดน เมื่อปี ค.ศ. 2000 สู่การปฏิบัติจริง โดยเรียกร้องให้รัฐบาลของประเทศภาคีดำเนินการริเริ่ม พัฒนาและเผยแพร่เพื่อนำหลักการ LCA ไปใช้ในการวิเคราะห์โอกาส ความเสี่ยง และการแลกเปลี่ยนที่เกี่ยวข้องผลิตภัณฑ์ และบริการเพื่อบรรลุการพัฒนาที่ยั่งยืน (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559)

ประเทศไทยมีการเผยแพร่ความรู้ LCA สู่ภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2540 โดยสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (TISI) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่ง LCA เป็นส่วนหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040 โดยการเริ่มต้นเผยแพร่ LCA จากการอบรมสัมมนา หรือการประชุมเชิงปฏิบัติการผ่านกลุ่มของคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อม (Thailand Business Council for Sustainable Development: TBCDS) องค์กรเอกชนต่าง ๆ สถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ และกลุ่มนักวิชาการ ในปี พ.ศ. 2545 ผู้ที่สนใจศึกษา LCA ในประเทศไทยมีการรวมกลุ่มจัดตั้ง Thai LCA Forum / Network ขึ้นที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ และเผยแพร่กิจกรรมต่าง ๆ ด้าน LCA ผ่านศูนย์กลาง ทางเว็บไซต์ http://www.thailca.net ในการสื่อสาร ซึ่งปัจจุบันความสนใจ และความรู้ LCA มีการขยายออกไปมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มนักวิจัย เช่น มหาวิทยาลัยต่าง ๆ และมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (ม.ส.ท.) นอกจากนี้มีกิจกรรมอื่น ๆ ที่ได้ให้ความสำคัญ และผลักดันองค์ความรู้ด้าน LCA สู่ภาคธุรกิจ และสาธารณะ โดยผ่านการอบรมสัมมนา และโครงการวิจัยเรื่อง LCA ส่วนการศึกษา LCA ในประเทศไทยได้รับการผลักดันจากหน่วยงานราชการ ได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยกลุ่มวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ (MTEC) (ปราณี หนูทอง, 2551)

2.2.2 นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การ

ใช้ทรัพยากร มลพิษที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากการผลิตผลิตภัณฑ์ หรือบริการ โดยพิจารณาเริ่มตั้งแต่การสกัด หรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การจำหน่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การแปรรูป รวมทั้งการใช้ซ้ำ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน หรือกล่าวได้ว่า LCA พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงาน และวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศ น้ำ และดิน ซึ่งพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศ สุขอนามัยของชุมชน คุณภาพชีวิต และปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก เพื่อนำเป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต หรือเพิ่มทางเลือกในการผลิต ทำให้สามารถหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และมีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559)

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) กล่าวนิยาม LCA ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040: 2006 ว่า *“การเก็บรวบรวม และทำการประเมินค่าของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักร”* (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559)

สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อม และสารเคมี (SETAC) กล่าวนิยาม LCA ว่า *“เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยการพิจารณาครอบคลุมตลอดกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบ และพลังงาน เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก”* (ปราณี หนูทอง, 2551)

2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 14000 กับ LCA

สมาคมพิษวิทยา และเคมีสิ่งแวดล้อม (SETAC) เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 เป็นองค์กรนานาชาติแห่งแรกที่จัดทำคู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นรากฐานในการทำ LCA ของสถานศึกษา โรงงานอุตสาหกรรม องค์กรของรัฐ ที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการทำ LCA หลายวิธีการในปัจจุบัน และในปี ค.ศ 1993 องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) ได้แต่งตั้งคณะกรรมการทางเทคนิค (ISO/TC 207/SC 5) เป็นผู้จัดทำมาตรฐานด้าน LCA ซึ่ง LCA ถูกบรรจุอยู่ในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ที่ว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management Standard)

อนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 คือ มาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ซึ่งองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) ได้ประกาศใช้ในปี ค.ศ. 1996 โดยปรับปรุงมาจากมาตรฐาน BS 7750 ของประเทศอังกฤษ ซึ่งประเทศไทยในปี พ.ศ. 2539 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรมได้นำมาประกาศใช้เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ประกอบด้วยมาตรฐาน 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1) การประเมินผลองค์กร (Organization Evaluation) เช่น

- Environmental Management System (EMS: ISO 14001s) ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
- Environmental Auditing (EA: ISO 14010s) การตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อม
- Environmental Performance Evolution (EPE: ISO 14030s) การประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อม

2) การประเมินผลผลิตภัณฑ์ (Product Evaluation) เช่น

- Environmental Labeling (EL: ISO 14020s) ฉลากผลิตภัณฑ์สิ่งแวดล้อม
- Environmental Aspect of Product Standard (EAPS: ISO 14060s) ปัญหาสิ่งแวดล้อมในมาตรฐานผลิตภัณฑ์
- Life Cycle Assessment (LCA: ISO 14040s) การประเมินผลกระทบต่อตลอดสิ่งแวดล้อม วัฏจักรชีวิต

3) ศัพท์ และคำนิยาม (ISO 14050s)

มาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในชุด ISO 14040 นั้นมีการกำหนดรูปแบบ วิธีการ และขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตมีมาตรฐานเพื่อใช้การศึกษา ดังนี้

- ISO 14040: 1997 - Life Cycle Assessment – Principle and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต
- ISO 14041: 1998 - Life Cycle Assessment – Life Cycle Inventory Analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขต และวิเคราะห์ด้านบัญชีรายการของผลิตภัณฑ์

- ISO 14042: 2000 - Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- ISO 14043: 2000 - Life Cycle Assessment – Interpretation เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการแปลผลข้อมูล
- ISO/TR 14047: 2003 - Illustrative examples on how to apply ISO 14042: Life cycle assessment – Life Cycle Impact Analysis เป็นรายงานแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- ISO/TS 14048: 2002 - Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA
- ISO/TR 14049: 2000 - Technical Report on “Illustrative examples on how to apply goal and scope definition and inventory analysis” เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

ในปี ค.ศ. 2006 ได้มีการปรับปรุงเนื้อหาจากการรวม ISO 14040: 1997, 14041: 1998, 14042: 2000 และ 14043: 2000 เป็น ISO 14040: 2006 – The Principles and Framework of LCA ที่อธิบายการจัดการสิ่งแวดล้อม การประเมินวัฏจักรชีวิต หลักการและกรอบบการทำงานในมาตรฐานเดียว และในปีเดียวกันนั้นได้มาตรฐานใหม่ขึ้น คือ ISO 14044: 2006 – Requirements and Gridlines for LCA ที่เป็นข้อกำหนด และแนวทางปฏิบัติของแต่ละขั้นตอน (ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์, 2565)

2.2.4 ความจำเป็นในการศึกษา LCA

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา LCA คือ เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในจากผลิตภัณฑ์ ตลอดวัฏจักรชีวิต โดยการนำ LCA มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อม มีดังนี้ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559)

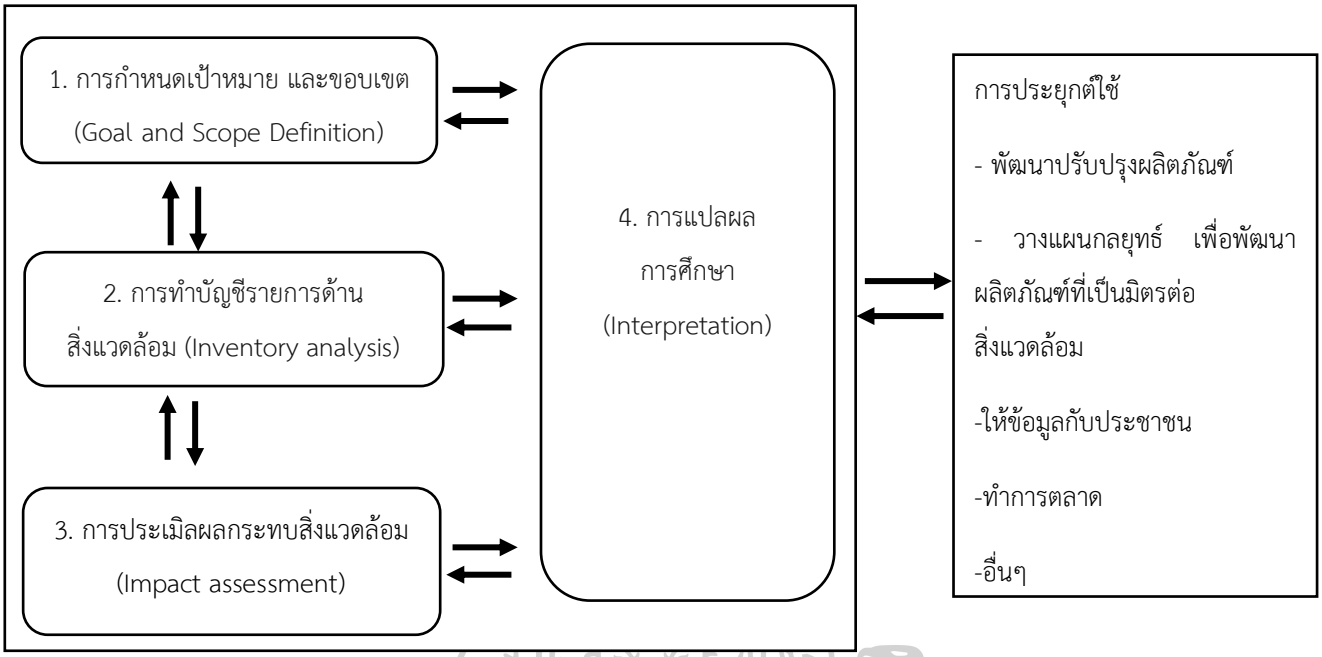
1) การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จาก LCA โดยมองจากภาพรวมถึงผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต ทำให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างตรงจุด ซึ่งสามารถช่วยในการตัดสินทางเลือกในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้ และวางแผนกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์

2) การมองผลกระทบโดยรวม LCA สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่ได้ผลจากการรวมปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือกิจกรรมในกระบวนการประเมิน และสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบ ซึ่งการมองภาพรวมทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น การพยายามที่จะลดปริมาณของเสียจากบรรจุภัณฑ์ จึงออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล แต่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต การเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งในปัจจุบันมีการแก้ไขปัญหาโดยเทคนิคการผลิตที่สะอาด (Cleaner production) ที่พิจารณาความเหมาะสมในการรีไซเคิล เลือกวัตถุดิบอย่างระมัดระวัง รวมทั้งจำกัดการใช้ปริมาณวัตถุดิบ

3) การวิเคราะห์ที่ละเอียด และเป็นระบบ การศึกษา LCA ตั้งอยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ ให้ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือในผลการวิเคราะห์มากกว่าการใช้ความรู้สึกของผู้ศึกษาตัดสินใจในเรื่องที่ซับซ้อน และเป็นเครื่องมือที่มีความเป็นกลางของวิธีการป้อนข้อมูล ซึ่ง LCA เป็นเครื่องมือที่มีความเป็นกลางในการนำไปใช้เพื่อตัดสินใจในปัญหาต่าง ๆ

2.2.5 กรอบการทำงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต

กรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Framework) ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ที่มีการดำเนินงานเป็นรูปแบบ ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก (รูปที่ 6) (ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์, 2565)



รูปที่ 6 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

ที่มา: ISO 14040 (2006a)

2.2.5.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

ขั้นตอนแรกในการประเมินวัฏจักรชีวิต คือ การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา ซึ่งขั้นตอนนี้ควรกำหนดเป้าหมายให้มีความชัดเจน เพื่อให้ผลการศึกษาอยู่ในทิศทางเดียวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ ซึ่งจะประกอบด้วย

1) การกำหนดเป้าหมายการศึกษา (Goal definition) ที่ควรระบุถึงเป้าหมายที่ชัดเจน รวมถึง การนำผลการศึกษาไปใช้ วัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้ที่ต้องการสื่อสารผลการศึกษาให้ทราบ และข้อจำกัดการศึกษา ซึ่งวัตถุประสงค์สามารถแบ่งเป็นหลัก ๆ ได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

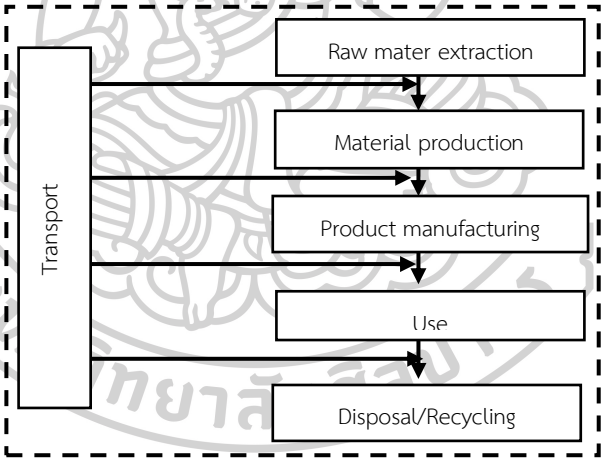
- Hotspot analysis เพื่อให้ทราบว่าขั้นตอนใดในวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ หรือบริการใดบริการหนึ่ง ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด

- Comparative Analysis เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมในวัฏจักรชีวิตของระบบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป

2) ขอบเขตการศึกษา (Scope definition) เป็นตัวกำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์และการศึกษา ที่มีความสัมพันธ์กับเป้าหมายการศึกษา ซึ่งการกำหนดขอบเขตสามารถใช้แผนภาพการไหลของวัตถุดิบ และพลังงาน ที่แสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการต่าง ๆ ที่เริ่มตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ และพลังงาน จนกระทั่งถึงการปลดปล่อยของเสีย และพลังงาน ซึ่งการระบุขอบเขตการศึกษาประกอบไปด้วย

2.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary) เป็นตัวกำหนดขอบเขตของระบบในการศึกษา ที่สอดคล้องกับเป้าหมาย และมีผลต่อข้อมูลที่ใช้ในการทำบัญชีรายการ และการวิเคราะห์ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนต่อไป ซึ่งแบ่งเป็น 4 แบบ ได้แก่

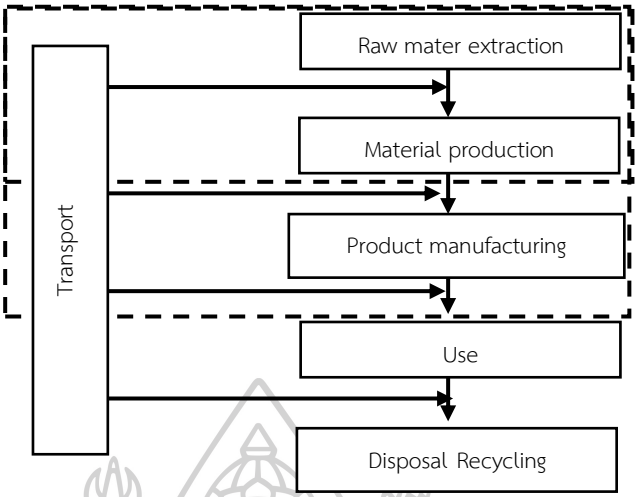
- การกำหนดขอบเขตแบบ cradle-to-grave เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบสมบูรณ์ โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต กระบวนการผลิต การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน หรือพิจารณาตั้งแต่เกิดจนถึงตาย (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ขอบเขตแบบ cradle-to-grave

ที่มา: ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์ (2565)

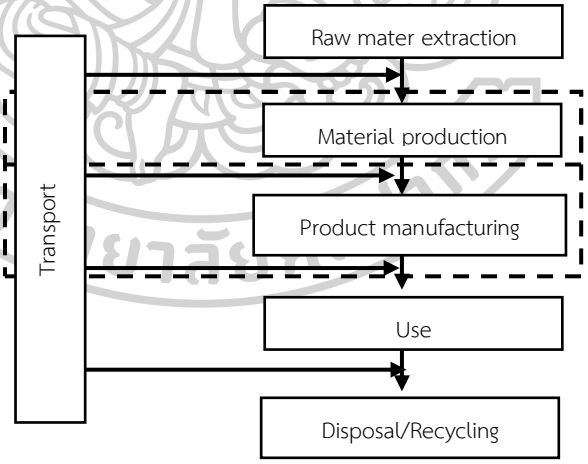
- การกำหนดขอบเขตแบบ cradle-to-gate พิจารณาตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่ไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน ซึ่งการศึกษาขอบเขตนี้เพื่อนำมาปรับปรุงระบบการผลิต (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 ขอบเขตแบบ cradle-to-gate

ที่มา: ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์ (2565)

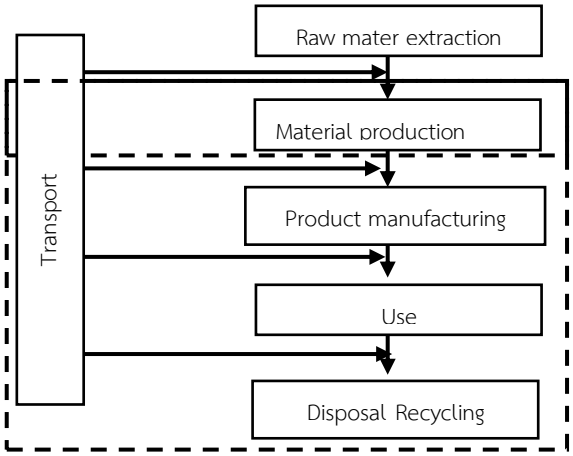
- การกำหนดขอบเขตแบบ gate-to-gate พิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต หรือเฉพาะในขั้นตอนการผลิตในโรงงาน ซึ่งการพิจารณารูปแบบนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของบางหน่วยการผลิต หรือบางกระบวนการ เพื่อประกอบการตัดสินใจภายใน (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 ขอบเขตแบบ gate-to-gate

ที่มา: ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์ (2565)

- การกำหนดขอบเขตแบบ cradle-to-cradle พิจารณาการสกัดวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนการจัดการของเสียที่เน้นกระบวนการรีไซเคิลเพื่อให้ได้สินค้าเดิม ซึ่งการพิจารณารูปแบบนี้นิยมใช้ศึกษาผลกระทบของผลิตภัณฑ์ในตลาดผู้บริโภค และเพื่อประกอบการตัดสินใจในรูปแบบการใช้ของผู้บริโภค (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 ขอบเขตแบบ cradle-to-cradle

ที่มา: ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์ (2565)

2.2 กำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit) เพื่อใช้ในการวัดผลลัพธ์การทำงานของผลิตภัณฑ์ ให้อยู่บนพื้นฐานเดียวกัน โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่เดียวกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพื้นฐาน

2.3 การปันส่วนข้อมูล (Allocation method) เป็นการแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า หรือสารขาออกของกระบวนการ หรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ โดยการปันส่วนจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์มากว่า1 ชนิดในกระบวนการเดียวกัน และมีการใช้ระบบสาธารณูปโภคร่วมกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งการปันส่วนผลกระทบมีหลายวิธี และวิธีที่นิยมใช้ เช่น การปันส่วนโดยเชิงกายภาพ (Physical allocation) และการปันส่วนโดยใช้มูลค่าทางเศรษฐกิจ (Economic allocation)

2.4 การได้มาซึ่งข้อมูล (Data acquirement) อธิบายแหล่งที่มา และความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแหล่งโดยตรง หรือข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และได้จากการศึกษาที่มีผู้ศึกษามาก่อน หรือข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

2.5 การกำหนดประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Selecting Impact Categories and method) เป็นการให้น้ำหนักความสำคัญของกลุ่มผลกระทบ เช่น การทำ LCA เพื่อวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อาจเลือกแค่ประเภทผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming Potential: GWP)

2.2.5.2 การทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขต และคำนวณเพื่อหาปริมาณสารขาเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ที่ทำการศึกษา โดยสารขาเข้า และสารขาออกรวมถึงการใช้ทรัพยากร และการปล่อยสู่อากาศ น้ำ และดิน การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย มีรายละเอียดของกระบวนการผลิต ผังการไหลของกระบวนการ และลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพ แหล่งที่มา และข้อจำกัดของข้อมูล เป็นต้น โดยมีประเด็นที่สำคัญดังนี้

- การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection) คือ การคัดเลือก และจัดการข้อมูลของวัตถุดิบ ของเสีย ทุกขั้นตอนในระบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจะต้องแสดงรายละเอียดทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

- การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundary) ให้สอดคล้องกับระบบ โดยขอบเขตของระบบจะกลั่นกรองหลังเก็บข้อมูลชุดแรก

- การคำนวณ (Calculation Procedure) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น โปรแกรม SimaPro, Spreadsheet หรือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่น ๆ

- การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data) ที่ควบคุมกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูล และสรุปอย่างมีหลักเกณฑ์

- การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data) ข้อมูลที่ได้ต้องมีความเชื่อมโยงกัน โดยสารขาเข้า และสารขาออกจะต้องสัมพันธ์กับเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ

- การสมดุลมวลสาร และพลังงาน (Mass and Energy Balance) ที่มีหลักการคำนวณพื้นฐานของกฎอนุรักษ์มวลสาร และกฎอนุรักษ์พลังงาน ว่าสารไม่สูญหาย หรือถูกทำลาย และพลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ และไม่สามารถทำให้สูญหายได้

- การปรับค่าข้อมูลให้สอดคล้องกับหน่วยการทำงาน (Reference Flow Calculation) โดยการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น มักจะไม่ปรับค่าตามหน่วยการทำงาน ดังนั้นก่อนการนำข้อมูลไปประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควรปรับค่าข้อมูลให้สอดคล้องกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดโดยหน่วยการทำงาน

2.2.5.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle Impact assessment: LCIA)

จัดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิค ในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณ เพื่อจำแนก และประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบนิเวศ ทรัพยากร และสุขภาพของมนุษย์ วิธีการประเมินผลกระทบ ซึ่ง ISO 14040: 2006 ระบุขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมไว้ 6 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนบังคับ (mandatory elements) 3 ขั้นตอน และขั้นตอนที่สามารถเลือกทำได้ (Optional elements) 3 ขั้นตอน

- ขั้นตอนบังคับ (mandatory elements) ประกอบด้วย

1) การกำหนดประเภท (Category Definition) เป็นการเลือกผลกระทบแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ให้สอดคล้องกับเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่กำหนดไว้ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้าง และเกิดขึ้นในกระบวนการใดบ้าง โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการมาใช้วิเคราะห์ และจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกทั้งหมดอย่างเป็นหมวดหมู่

2) การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ (Classification) เป็นการจำแนกสารขาเข้า และสารขาออกที่ได้จากการกำหนดประเภท เป็นขั้นตอนของการจำแนกวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของผลกระทบที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีการแสดงสารขาเข้า และสารขาออกที่ได้จากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยตรง

3) การประเมินค่าการเกิดผลกระทบ (Characterization) เป็นการแสดงประเภทผลกระทบในรูปแบบของดัชนีชี้วัด โดยคำนวณเปรียบเทียบกับสารอ้างอิงในการก่อให้เกิดผลกระทบนั้นตามสูตรการคำนวณ

$$E_k = \sum_{j=1}^{n} ec_{k,j}\ B_j \qquad (1)$$

โดย E_k คือ ผลรวมของค่าดัชนีชี้วัดการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม k

$ec_{k,j}$ คือ ค่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบ *k* ของสาร *j* โดยเทียบกับสารอ้างอิง

B_j คือ ปริมาณสาร *j* ที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

- ขั้นตอนที่สามารถเลือกทำได้ (Optional elements) ประกอบด้วย

1) การเทียบหน่วย (Normalization) เป็นการแสดงผลขนาดผลกระทบของผลิตภัณฑ์โดบเปรียบเทียบกับผลกระทบของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวในระดับประเทศ ภูมิภาค หรือระดับโลก เพื่อพิจารณาสัดส่วนความสำคัญของผลกระทบที่เกิดขึ้น

$$\mathbf{NP_j\ (Product) = EP_j\ (T \times ER_j)} \quad (2)$$

NP_j (Product) = Normalized Environment Impact Potential คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ของผลิตภัณฑ์ (Person)

EP_j (Environmental Impact Potential) คือ คาศักยภาพของผลกระทบ สิ่งแวดลอมสาหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ

T = Lifetime of Product คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = Normalization Reference คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใด ๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งต่อปี (kg Substance Equivalent/Person/Year)

2) การจัดกลุ่มผลกระทบ (Grouping) เป็นการพิจารณาจัดกลุ่มประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบเดียวกัน ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ (Ecosystem Impact), ผลกระทบต่อมนุษย์ (Human Impact) และการขาดแคลนทรัพยากร (Resource Depletion)

3) การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Weighting) เป็นพิจารณาจากการแสดงความสัมพันธ์เบื้องต้นขององค์กร กลุ่ม หรือผู้มีส่วนร่วมที่เกี่ยวข้อง สามารถรับประกันว่ากระบวนการนั้นมีความเป็นได้ สามารถจัดทำเป็นเอกสาร และรายงานได้ และสามารถตั้งความสัมพันธ์ของผลลัพธ์ที่เป็นรากฐานของผลกระทบแต่ละประเภทได้

$$\mathbf{WP_j = WF_j \times NP_j} \quad (3)$$

WP_j = Weighted Environmental Impact Potential คือค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for Target Year; Pt)

NP_j (Product) = Normalized Environment Impact Potential คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ของผลิตภัณฑ์ (Person)

WF_j = Weighting Factor คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

2.2.5.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

การแปลผล คือ การนำผลการศึกษาที่ได้รับจากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบาย ข้อจำกัด และจัดเตรียมข้อเสนอแนะ แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น ที่มาจากผลลัพธ์ของการประเมินวัฏจักรชีวิต ทำรายงานสรุปการแปลการศึกษาให้สามารถเข้าใจง่าย และสมบูรณ์โดยสอดคล้องกับเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้ ซึ่งการแปลผลการศึกษาประกอบด้วย

1) การจำแนกประเด็นสิ่งแวดล้อมที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์การทำบัญชีรายการ และการวิเคราะห์บัญชีรายการของการประเมินวัฏจักรชีวิต

2) การประเมินค่า (evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องของข้อมูล

3) การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานผลการศึกษา

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนการแปลผล เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และหาแนวทางที่เหมาะสำหรับการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างตรงประเด็น หรือสามารถนำไปเป็นทางเลือกตัดสินใจกระบวนการที่ทดแทนกันได้

2.2.6 จุดแข็ง และจุดอ่อนของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในกระเมินผลระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ในหลายภาคส่วนนำไปประยุกต์ใช้ เช่น ภาคอุตสาหกรรม ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผน ปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ทรัพยากร และลดการเกิดของเสีย ภาครัฐ ใช้กำหนดนโยบาย มาตรฐานในการควบคุมผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศ และใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนการลงทุนและผู้บริโภคใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าเพื่อสร้างจิตสำนึกในการรักษาสภาพแวดล้อม ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น

การประเมินวัฏจักรชีวิตมีความยุ่งยาก และซับซ้อนในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้ที่นำไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็กอาจประสบปัญหาในการดำเนินการ และการประเมินวัฏจักรชีวิตใช้ข้อมูลจำนวนมากซึ่งหากขาดข้อมูลไปผลการประเมินอาจคลาดเคลื่อนไปมาก และการได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ใช้ระยะเวลานาน ซึ่งสรุปข้อจำกัดของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้ในตารางที่ 2 (หาญผล พึ่งรัศมี, 2559)

ตารางที่ 2 จุดแข็ง และจุดอ่อนของการประเมินวัฏจักรชีวิต

จุดแข็งของ LCA	จุดอ่อนของ LCA
• เป็นการประเมินและวิเคราะห์ในภาพรวมของผลกระทบซึ่งเป็นการพิจารณาครอบคลุมในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง • ผลของการประเมินสามารถบ่งชี้จุดแข็ง และจุดอ่อนของกระบวนการตลอดทั้งวัฏจักร และสามารถระบุแหล่งที่มาของผลกระทบดังกล่าว • ผลของการประเมินแสดงออกในเชิงปริมาณทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่นำมาเทียบกันโดยที่มีหน่วยหน้าที่ที่เหมือนกัน • สามารถประเมินผลเชิงสิ่งแวดล้อมของกระบวนการ เพื่อพิจารณาทางเลือกว่ากระบวนการใดที่เหมาะสมในเชิงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม • เป็นข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	• ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง • ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลนาน • ขาดความพร้อมในเรื่องของข้อมูลพื้นฐาน และคุณภาพของข้อมูล เพราะการประเมินวัฏจักรชีวิตอาศัยข้อมูลจำนวนมาก • การประเมินวัฏจักรชีวิตมีหลายวิธี ดังนั้นหากเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการประเมินที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ผลขาดเคลื่อน • ผลที่ได้จากการประเมินเมื่อเวลาผ่านไป หากนำมาประเมินใหม่อีกครั้ง ผลที่ได้อาจแตกต่างจากเดิมหรือขัดแย้งไปจากเดิม

ที่มา: หาญพล พึ่งรัศมี (2559)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dorca-Preda et al. (2021) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตเนื้อสุกรในช่วงระยะเวลา 10 ปี ของประเทศเดนมาร์ก มีการกำหนดขอบเขตแบบ “Cradle-to-slaughterhouse” ที่เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตสุกร จนถึงกระบวนการฆ่า พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงทุกประเภท เมื่อเทียบในหน่วยการทำงานเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม ที่เป็นผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดเกิดจากขั้นตอนการผลิตสุกร โดยเฉพาะกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ (ตารางที่ 3) ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงเปลี่ยนวัตถุดิบอาหารสุกรให้เหมาะสมตามความต้องการของสุกร และหลีกเลี่ยงการเพิ่มโปรตีนที่มากเกินทำให้มีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนส่วนเกินจากมูลสุกร ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเนื้อสุกรประเทศเดนมาร์กในปี ค.ศ. 2005 และ ค.ศ. 2016 ต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	การผลิต		โรงฆ่าสุกร		รวม	
ปี	2005	2016	2005	2016	2005	2016
Climate change, kg CO_2eq	3.3	2.6	0.6	0.1	3.9	2.7
soil C changes, kg CO_2eq	0.17	0.15			0.17	0.15
iLUC, kg CO_2eq	0.87	0.76			0.87	0.76
dLUC, kg CO_2eq	0.94	0.78			0.94	0.78
Eutrophication potential, g PO_4eq	23.9	17.9	0.3	0.0	24.2	17.9
Acidification potential, g SO_2eq	38.5	30.7	1.1	0.3	39.6	31.0
Abiotic depletion (fossil fuels), MJ	14.3	10.6	8.7	2.1	23.0	12.7
Land occupation, m^2 per year	6.1	5.3			6.1	5.3
Biodiversity damage, PDF index	4.1	3.6			4.1	3.6

ที่มา: ดัดแปลงจาก Dorca-Preda et al. (2021)

Dorca-Preda et al. (2022) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตความเป็นพิษในการผลิตเนื้อสุกรของประเทศเดนมาร์ก ซึ่งพิจารณาความเป็นพิษเกี่ยวข้องกับการผลิตอาหาร เวชภัณฑ์สำหรับสัตว์ และสารทำความสะอาดที่นำไปสู่การปล่อยโลหะหนัก โดยพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตสุกร จนถึงกระบวนการฆ่า มีการกำหนดขอบเขตแบบ “Cradle-to-slaughterhouse” ซึ่งศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 3 ประเภท ได้แก่ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศใน

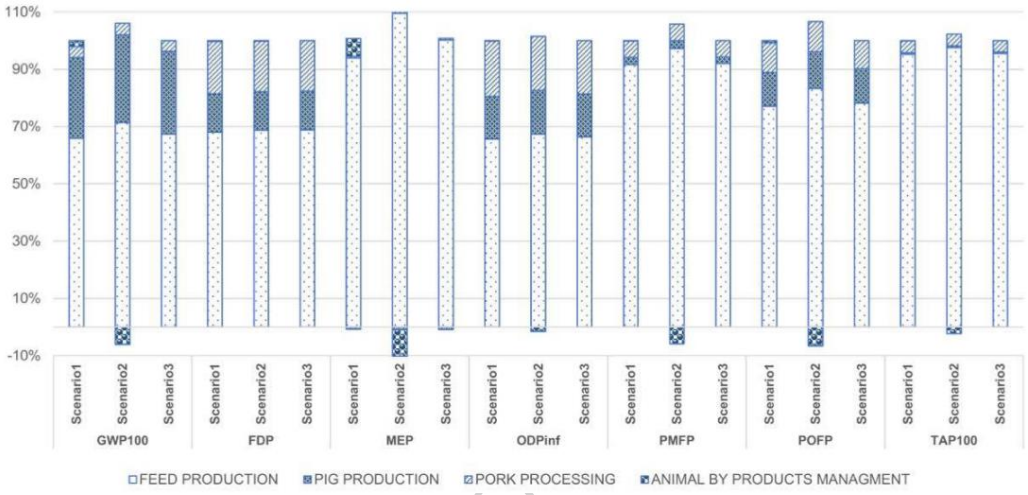
น้ำจืด (Freshwater ecotoxicity: FE) ความเป็นพิษต่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human toxicity cancer: HTC) และความเป็นพิษที่ไม่ก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human toxicity non-cancer: HTNC) เมื่อเทียบในหน่วยการทำงานเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม พบว่าสุกรแบบออแกนิค ผลกระทบความเป็นพิษในการผลิตเนื้อสุกรน้อยกว่าสุกรทั่วไป และผลกระทบความเป็นพิษในเนื้อสุกรพบในขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์ จากยาฆ่าแมลง และโลหะนัก ซึ่งแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองความเป็นพิษในปศุสัตว์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระหว่างสุกรออแกนิค และสุกรทั่วไปความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำจืด ความเป็นพิษต่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ และความเป็นพิษที่ไม่ก่อมะเร็งในมนุษย์

ประเภทผลกระทบ	สุกรออแกนิค	สุกรทั่วไป
FE	1.8 PAF m^3d	450 PAF m^3d
HTNC	1.4×10^{-9}	4.7×10^{-6}
HTC	1.5×10^{-10}	6.2×10^{-8}

ที่มา: Dorca-Preda et al. (2022)

Pazmiño และ Ramirez (2021) ได้การศึกษาการประเมินความยั่งยืนของการผลิตเนื้อสุกรในประเทศเอกวาดอร์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตสุกรและการผลิตเนื้อสุกรของเอกวาดอร์ ที่พิจารณาตั้งแต่กระบวนการผลิตอาหารสัตว์ การผลิตสุกร และการฆ่า มีการกำหนดขอบเขตแบบ “Cradle-to-slaughterhouse” ซึ่งศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 8 ประเภท ได้แก่ การเกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil Depletion Potential: FDP) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำทะเล (Marine Eutrophication Potential: MEP) การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Depletion Potential: ODP) การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน (Particulate Material Formation Potential: PMFP) การเกิดภาวะก่อตัวของสารโฟโตเคมิคอลออกซิแดนท์ (Photochemical Oxidants Formation Potential: POFP) และการทำให้เป็นกรดในดิน (Terrestrial Acidification Potential: TAP100) เมื่อเทียบในหน่วยการทำงานเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดเกิดจากการผลิตอาหารสัตว์ (รูปที่ 11) ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารสัตว์โดยการเปลี่ยนวัตถุดิบ



รูปที่ 11 สัดส่วนของการผลิตเนื้อสุกร ได้แก่ การเกิดสภาวะโลกร้อน การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำทะเล การลดลงของชั้นโอโซน การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน การเกิดภาวะก่อตัวของสารโฟโตเคมิคอลออกซิแดนท์ และการทำให้เป็นกรดในดิน

ที่มา: Pazmiño และ Ramirez (2021)

Reckmann et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตเนื้อสุกรของประเทศเยอรมนี โดยพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตสุกรจนถึงโรงฆ่าสัตว์ มีการกำหนดขอบเขตแบบ “Cradle to slaughterhouse” ที่เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตอาหารสัตว์ กระบวนการผลิตสุกร กระบวนการฆ่า ตลอดจนถึงการนำมูลสุกรกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 3 ประเภท ได้แก่ ศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ศักยภาพการเพิ่มสภาวะความเป็นกรด และศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ เมื่อเทียบในหน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของเนื้อสุกร (น้ำหนักซาก) ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของเนื้อสุกร 3.22 kg CO_2eq ค่าผลกระทบรวมของการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ และการเพิ่มสภาวะความเป็นกรดของเนื้อสุกร มีค่าเท่ากับ 23.3 g PO_4eq และ 57.1 g SO_2eq ตามลำดับ พบว่ากระบวนการผลิตอาหารสัตว์เป็นปัจจัยหลักในการเกิดศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน และศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ กระบวนการผลิตสุกรเป็นปัจจัยรองลงมา (ตารางที่ 5) เมื่อศึกษาผลกระทบจากกระบวนการผลิตสุกร พบว่าระยะสุกรขุน คือ ระยะที่มีมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมา คือ การผลิตลูกสุกร และสุกรหย่านม ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อกิโลกรัมขั้นตอนภายในฟาร์มเนื้อสุกรทางตอนเหนือประเทศเยอรมนี

ประเภทผลกระทบ	กระบวนการผลิตสุกร	ระยะการผลิตลูกสุกร	ระยะหย่านม	ระยะสุกรขุน
GWP [kg CO_2eq]	0.98	22%	13%	64%
EP [g PO_4eq]	9.30	19%	12%	69%
AP [g SO_2eq]	43.6	22%	16%	62%

ที่มา: ดัดแปลงจาก Reckmann et al. (2013)

ตารางที่ 6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของการผลิตเนื้อสุกรทางตอนเหนือประเทศเยอรมนีในปี ค.ศ. 2010 และ ค.ศ. 2011 (ตลอดช่วงระยะการเลี้ยงสุกร)

ประเภทผลกระทบ	การผลิตอาหารสัตว์	การผลิตสุกร	การฆ่าสุกร	รวม
GWP [kg CO_2eq]	2.03 (63%)	0.98 (30%)	0.21 (7%)	3.22
EP [g PO_4eq]	12.1 (52%)	9.30 (40%)	1.90 (8%)	23.3
AP [g SO_2eq]	13.2 (23%)	43.6 (76%)	0.30 (1%)	57.1
การใช้พลังงานสิ้นเปลือง	18.0 (92%)	-1.0 (-5%)	2.5 (13%)	19.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Reckmann et al. (2013)

Winkler et al. (2016) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตเนื้อสุกรของประเทศออสเตรีย ที่ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตเนื้อสุกรที่ครอบคลุมตั้งแต่ฟาร์มถึงผู้บริโภคในประเทศออสเตรีย โดยกำหนดขอบเขตแบบ “Farm to folk” ที่มุ่งเน้นผลกระทบสิ่งแวดล้อม 3 ประเภท ได้แก่ ศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ศักยภาพการเพิ่มสภาวะความเป็นกรด และศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ เมื่อเทียบในหน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของเนื้อสุกร (น้ำหนักซาก) ซึ่งผลกระทบรวมในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน มีค่าเท่ากับ 4,751 g CO_2-eq ต่อหน่วยการทำงาน ผลกระทบรวมของการเพิ่มสภาวะความเป็นกรด มีค่าเท่ากับ 61.5 g SO_2-eq ต่อหน่วยการทำงาน และผลกระทบรวมของการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำมีค่าเท่ากับ 381.4 g NO_3-eq ต่อหน่วยการทำงาน จากตารางที่ 7 พบว่าขั้นตอนการผลิตเนื้อสุกรในฟาร์มส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด ซึ่งในขั้นตอนฟาร์มมีการผลิตอาหารสัตว์เป็นกิจกรรมที่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รองลงมาจากกิจกรรมผลิตอาหารสัตว์ คือ การจัดการมูลสัตว์ ที่

ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยก๊าซมีเทน ไนตรัสออกไซด์ และแอมโมเนียที่ทำให้เกิดการเพิ่มสภาวะความเป็นกรด และการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ แสดงดังในตารางที่ 8 โดยมาจากวัตถุดิบข้าวโพด ที่แสดงดังในตารางที่ 9 ดังนั้นการเลือกอาหารสัตว์ที่เหมาสมเป็นแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่มีการปรับอัตราส่วนของวัตุดิบอาหารให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงการเสียโปรตีนของสุกร ในขณะเดียวกันการเพิ่มโปรตีนที่มากเกินทำให้มีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนส่วนเกินจากมูลสุกรทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงควรให้อาหารตามระยะสุกรเพื่อสามารถให้สุกรได้รับสารอาหารตามความต้องการที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

ตารางที่ 7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร ประเทศออสเตรีย

กระบวนการ	GWP g CO_2eq	AP g SO_2eq	EP g NO_3eq
ฟาร์ม	4383	60.48	363.82
โรงฆ่าสัตว์	142	0.61	16.96
การค้าปลีก	8	0.01	0.02
ผู้บริโภค	50	0.10	0.13
ขนส่ง	168	0.28	0.50
รวม	4751	61.48	381.43

ที่มา: ดัดแปลงจาก Winkler et al. (2016)

ตารางที่ 8 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนภายในฟาร์มต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร ประเทศออสเตรีย

กิจกรรมในการผลิตเนื้อสุกร	GWP g CO_2eq	AP g SO_2eq	EP g NO_3eq
อาหารสัตว์	2923	25.41	295.66
พลังงาน	519	8.01	15.30
กระบวนการหมักในระบบย่อยอาหาร	545	0.00	0.00
การจัดการมูลสุกร	602	30.06	58.20
รวม	4587	63.48	369.16

ที่มา: ดัดแปลงจาก Winkler et al. (2016)

ตารางที่ 9 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารสัตว์ต่อกิโลกรัมของเนื้อสุกร (น้ำหนักซาก) ประเทศออสเตรีย

อาหารสัตว์	GWP	AP	EP
	g CO_2-eq	g SO_2-eq	g NO_3-eq
แร่ธาตุในอาหารสัตว์	278	2.42	28.16
ข้าวโพด	861	9.81	84.34
ข้าวสาลี	527	3.88	58.70
ข้าวบาร์เลย์	461	3.66	65.45
กากถั่วเหลือง	444	2.50	33.29
กากเรพซีด	189	2.09	12.66
กากเมล็ดทานตะวัน	163	1.06	13.05
รวม	2,923	25.42	295.65

ที่มา: ดัดแปลงจาก Winkler et al. (2016)

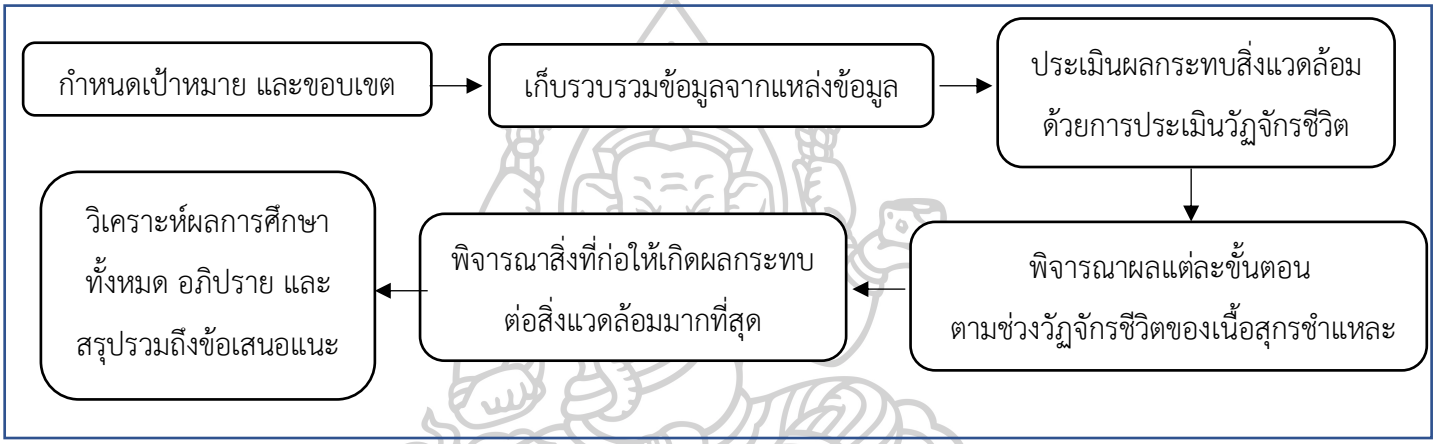
จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นถึงการประเมินวัฏจักรชีวิตของเนื้อสุกรในต่างประเทศที่พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ พลังงาน อาหารสัตว์ กระบวนการผลิตสุกร จนถึงกระบวนการฆ่า เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเทียบในหน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของเนื้อสุกร พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดเกิดจากกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งคล้ายกับการวิจัยครั้งนี้ที่พิจารณากระบวนการที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มการผลิตสุกร จนถึงกระบวนการผลิตฆ่าสุกร เทียบในหน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของเนื้อสุกร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

การดำเนินงานวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตของเนื้อสุกรชำแหละมีขั้นตอนในการดำเนินงานโดยสรุปดังนี้ (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 ขั้นตอนการศึกษา

3.2 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องวัฏจักรชีวิตของเนื้อสุกรชำแหละ จากฟาร์มสุกร 4 ฟาร์ม เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ใน เขตอำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงเดือน มกราคม - พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2566 และโรงงานชำแหละแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยมีการเก็บข้อมูลดังนี้

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงสุกร โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงสุกร 4 ฟาร์ม เฉลี่ยต่อตัว ได้แก่ ปริมาณอาหารสุกรที่ใช้บริโภคต่อตัวของกระบวนการเลี้ยงสุกรขุน องค์ประกอบของอาหารสุกร ปริมาณน้ำที่สุกรใช้ดื่มต่อตัวกระบวนการเลี้ยงสุกรขุน ปริมาณวัคซีนที่ใช้เพื่อป้องกันโรคปากเท้าเปื่อย และโรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงเรือน ปริมาณน้ำเสียจากฟาร์ม องค์ประกอบของน้ำเสีย และของเสียอินทรีย์จากฟาร์มที่ประกอบไปด้วยมูลสุกร และเศษอาหารในคอก

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลการชำแหละ โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการชำแหละต่อเนื้อสุกรชำแหละ 1 กิโลกรัม ได้แก่ น้ำหนักสดของสุกรขุนที่รับจากฟาร์ม ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการล้าง ปริมาณที่ใช้แก๊สในการเผาขน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉพาะในกระบวนการชำแหละตั้งแต่เริ่มรับสุกรมาที่โรงพักสุกร การช็อตไฟฟ้า การผ่าซีก ตลอดจนถึงกระบวนการแช่เนื้อสุกรชำแหละ ปริมาณบรรจุภัณฑ์รวมถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ ปริมาณน้ำเสียของกระบวนการชำแหละ รวมไปถึงของเสียอินทรีย์ของกระบวนการชำแหละที่ประกอบไปด้วย ขน เล็บ ไขมัน และเลือด

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลการขนส่ง เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของยานพาหนะ ระยะทาง และปริมาณการบรรทุก ที่ใช้ในการบรรทุกอาหารสุกรจากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ไปฟาร์ม และสุกรขุนจากฟาร์มไปโรงงานชำแหละ

โดยแหล่งที่มาของข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ซึ่งข้อมูลประเภทนี้ได้มาจากเก็บข้อมูลจากแหล่งโดยตรงที่สัมพันธ์กับข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลระยะทางการขนส่งอาหารสัตว์ น้ำหนักลูกสุกร น้ำหนักอาหารสุกร ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณของเสีย ปริมาณการใช้แก๊ส ปริมาณพลาสติกที่ใช้ รวมถึงชนิดพลาสติกที่ใช้ในการบรจุภัณฑ์ และระยะทางการขนส่งสุกรไปโรงงานชำแหละ

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ซึ่งข้อมูลประเภทนี้ได้จากการใช้ข้อมูลจากการที่มีผู้ศึกษามาก่อนหน้าแล้วสัมพันธ์กับงานวิจัยทางอ้อม ได้แก่ ข้อมูลสารประกอบสารฆ่าเชื้อในโรงเรือนสุกร อาหารสัตว์ องค์ประกอบของน้ำเสียจากฟาร์ม และโรงงานชำแหละ

3.3 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสำรวจข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากร พลังงาน และของเสียที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิต ในแต่ละขั้นตอนการผลิตเนื้อสุกรชำแหละ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนฟาร์ม และขั้นตอนชำแหละเนื้อสุกร ซึ่งตัวอย่างแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลแสดงในภาคผนวก ก

3.4 การวิเคราะห์โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อสุกรชำแหละ ตามหลักอนุกรมมาตรฐานสากลใน ISO 14040 (2006) โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

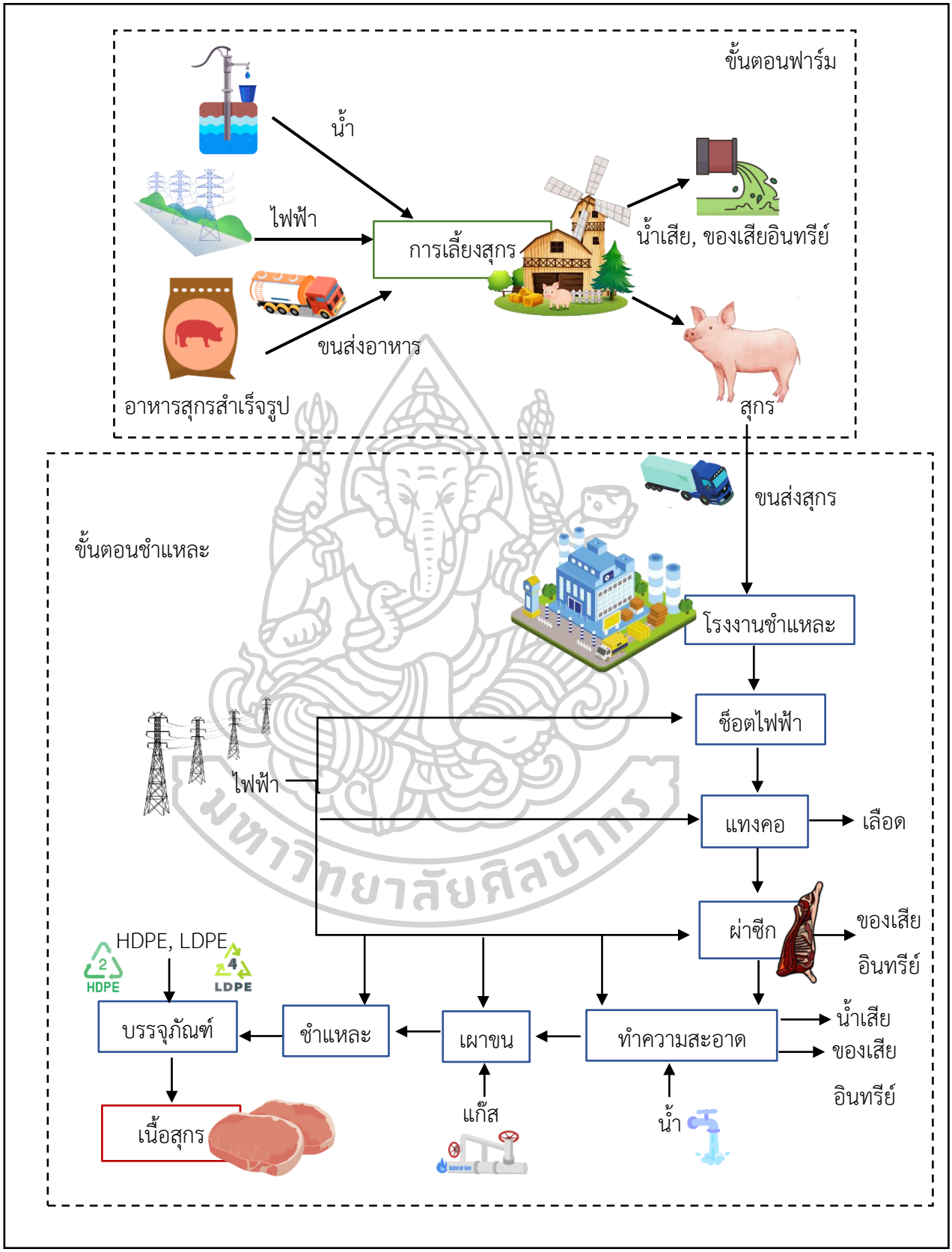
3.4.1 กำหนดเป้าหมาย และขอบเขต (Goal and Scope Definition)

1) การกำหนดเป้าหมาย โดยเป้าหมายของการศึกษาวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อสุกรชำแหละ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเนื้อสุกรชำแหละตั้งแต่ การใช้ทรัพยากร พลังงาน และปริมาณการของเสีย ในการเริ่มผลิตสุกร จนถึงกระบวนการผลิตเนื้อสุกร

2) การกำหนดขอบเขต ได้ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มการผลิตสุกรภายในฟาร์ม จนถึงกระบวนการผลิตเนื้อสุกรในโรงงานชำแหละ เป็นการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle-to-slaughterhouse (รูปที่ 13)

3) การกำหนดหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ เนื้อสุกรชำแหละในบรรจุภัณฑ์น้ำหนักรวม 1 กิโลกรัม (น้ำหนักซาก) ซึ่งเป็นน้ำหนักที่ใช้ในการขายปลีกทั่วไป จากน้ำหนักซากเฉลี่ย 96.26 กิโลกรัม โดยสุกรมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 122 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 13 ขอบเขตการศึกษา

3.4.2 การทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเนื้อสุกร เพื่อจัดทำเป็นบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วยข้อมูลขาเข้า ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า ปริมาณน้ำ และการขนส่งต่าง ๆ ส่วนข้อมูลขาออก ได้แก่ ปริมาณเนื้อสุกรที่ได้ น้ำเสีย ของเสียอินทรีย์ โดยทำการเก็บข้อมูลการผลิตสุกรโดยตรงจากฟาร์มสุกร 4 ฟาร์ม ใช้ระยะเวลา 5 เดือน ตั้งแต่รับลูกสุกรมาที่โรงเรือนไปจนถึงส่งสุกรขุนระยะจำหน่ายไปสู่โรงงานชำแหละ ส่วนข้อมูลการผลิตเนื้อสุกรเก็บที่โรงงานชำแหละเนื้อสุกร ที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรม Open LCA version 2.0 ฐานข้อมูล Ecoinvent version 3.4

3.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle Impact assessment: LCIA)

เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อสุกร ที่คำนวณข้อมูลจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Open LCA และเลือกใช้วิธีการ ReCiPe โดยขนาดอ้างอิงที่ใช้ คือ ผลกระทบจากทั่วโลกในปี 2010 หรือ World ReCiPe H/H, 2010 ที่สามารถจำแนกผลกระทบได้หลากหลาย นำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในระดับประเทศ และระดับทวีปได้

การประเมินผลกระทบประกอบด้วยการจำแนกผลกระทบ (Classification) และการประเมินค่าการเกิดผลกระทบ (Characterization) อาจรวมถึงการเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) เพื่อให้ได้ค่าคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ซึ่งกำหนดลักษณะการประเมินค่าการเกิดผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยวิธีการกำหนดแบ่งเป็น 2 ระดับ (รูปที่ 14) ได้แก่

1) กลุ่มระดับผลกระทบระดับกลาง (Midpoint Impact) ที่ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 17 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation) การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil resource scarcity) การขาดแคลนทรัพยากรแร่ (Mineral resource scarcity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำจืด (Freshwater ecotoxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางทะเล (Marine ecotoxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำจืด (Freshwater eutrophication) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำทะเล (Marine eutrophication) การเกิดสภาวะโลกร้อน (Global warming) ความเป็นพิษต่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity) ความเป็นพิษที่ไม่ก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human

non-carcinogenic toxicity) การเกิดรังสีไอออไนซ์ (Ionizing radiation) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) การก่อตัวของโอโซนที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ozone formation human health) การก่อตัวของโอโซนที่ส่งผลต่อระบบนิวศบนบก (Ozone formation terrestrial ecosystems) การสูญเสียโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratospheric ozone depletion), การทำให้เป็นกรดในดิน (Terrestrial acidification) และปริมาณการใช้น้ำ (Water consumption)

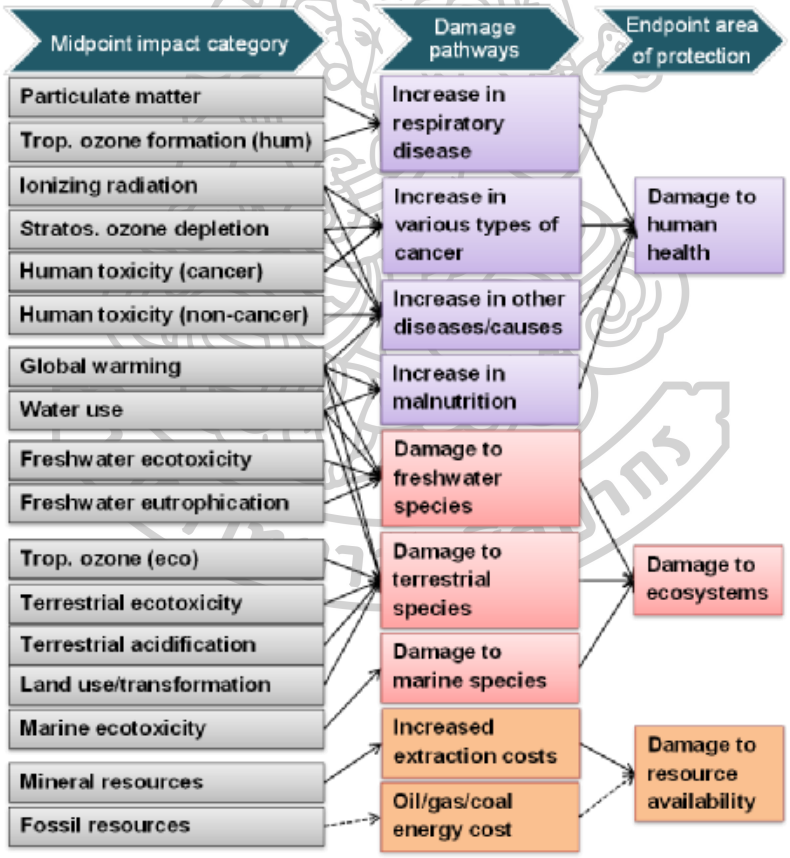
2) กลุ่มระดับผลกระทบระดับปลาย (Endpoint Impact) สามารถแบ่งกลุ่มความรุนแรงของผลกระทบเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ผลกระทบต่อระบบนิเวศ (Ecosystem Impact) ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use: LU) สภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศน้ำจืด (Global warming on freshwater ecosystems: GWF) สภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศบนบก (Global warming on terrestrial ecosystems: GWT) การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำจืด (Freshwater ecotoxicity: FEC) การเกิดภาวะการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (Freshwater eutrophication: FEU) การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำทะเล (Marine ecotoxicity: MEC) การเกิดภาวะการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำทะเล (Marine eutrophication: MEU) การก่อตัวของโอโซนที่ส่งผลต่อระบบนิวศบนบก (Ozone formation on terrestrial ecosystems: OFT) ภาวะเป็นกรดทางดิน (Terrestrial acidification: TA) ภาวะความเป็นพิษต่อดิน (Terrestrial ecotoxicity: TE) การใช้น้ำในระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Water consumption on Aquatic ecosystems: WCA) และการใช้น้ำในระบบนิเวศบนบก (Water consumption on terrestrial ecosystem: WCT) ที่มีหน่วยของผลกระทบ คือ species.yr หรือ สปีชีส์คูณจำนวนปี
- ผลกระทบต่อมนุษย์ (Human Impact) ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation: FPMF) การเกิดสภาวะโลกร้อน (Global warming: GW) ความเป็นพิษต่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity: HCT) ความเป็นพิษที่ไม่ก่อมะเร็งในมนุษย์ (Human noncarcinogenic toxicity: HNCT) การเกิดรังสีไอออไนซ์ (Ionizing radiation: IR) การก่อตัวของโอโซนที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ozone formation: OF) การสูญเสียโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratospheric ozone depletion: SOD) และ ปริมาณการใช้น้ำ (Water consumption: WC) ที่มีหน่วยคือ DALY ที่ย่อมาจาก Disability Adjusted Life Year หรือ การสูญเสียปีสุขภาวะ ซึ่งเป็นดัชนีวัดสถานะสุขภาพของประชากรแบบองค์รวม

- ผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากร (Resource Depletion) ประกอบด้วย การขาดแคลนทรัพยากรแร่ (Mineral resource scarcity: MRS) และการขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil resource scarcity: FRS) ที่มีหน่วยของผลกระทบ คือ USD หรือ ดอลลาร์

เพื่อเป็นการพิจารณาจัดกลุ่มประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบเดียวกัน และทำการเทียบขนาดผลกระทบ (Normalization) ซึ่งเปรียบเทียบความรุนแรงของผลกระทบเทียบกับขนาดอ้างอิง

ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ ReCiPe ที่ระดับผลกระทบระดับปลาย เพื่อดูภาพรวมของผลกระทบแต่ละกลุ่ม ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อมนุษย์ และผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากร



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ในการประเมินผลกระทบระดับกลางและผลกระทบระดับปลาย

ที่มา: https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe

3.4.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

ประมวลข้อมูลผลการศึกษาจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม นำมาพิจารณาสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามวัตุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาที่ตั้งไว้ นำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลเป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น และการวิเคราะห์สถานการณ์อาหารสุกรที่แตกต่างกัน

3.5.5 การวิเคราะห์สถานการณ์ (Scenario Analysis)

นอกจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตแล้ว ยังได้มีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารสุกรที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สถานการณ์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ใช้เพื่อแสดงผลจากกาคาดการณ์สถานการณ์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ที่ส่งผลกระทบมากที่สุด โดยกำหนดให้สถานการณ์พื้นฐานเป็นสถานการณ์ที่มีวัตถุดิบหลักเป็นข้าวโพด รองลงมาคือ รำข้าว ส่วนสถานการณ์ที่สอง คือ กำหนดให้วัตถุดิบหลักคือ รำข้าว โดยที่รำข้าว และกากถั่วเหลืองเพิ่มปริมาณขึ้นให้มากกว่าสถานการณ์ที่หนึ่ง ลดปริมาณข้าวโพดลง และมีการใช้วัตถุดิบข้าวฟ่างเพิ่มขึ้น และสถานการณ์ที่สาม กำหนดให้วัตถุดิบหลักคือ รำข้าว โดยที่รำข้าว และกากถั่วเหลืองเพิ่มปริมาณขึ้นให้มากกว่าสถานการณ์ที่สอง เพิ่มปริมาณข้าวฟ่างให้เป็นวัตถุดิบรองลงมา และไม่ใช้วัตถุดิบข้าวโพดในสถานการณ์นี้ ซึ่งข้อมูลอาหารสุกรมาจากการคำนวณสูตรอาหารสุกร (วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์, 2542) โดยบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมอื่นยังคงเดิมแสดงตารางที่ 10 รายการบัญชีสิ่งแวดล้อมของสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์

ตารางที่ 10 บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต 3 สถานการณ์

รายการ	สถานการณ์ที่ 1	สถานการณ์ที่ 2	สถานการณ์ที่ 3
ข้าวโพด (กิโลกรัม)	187.34	71.90	0
รำข้าว (กิโลกรัม)	37.39	83.21	133.32
กากถั่วเหลือง (กิโลกรัม)	31.49	34.20	36.91
ข้าวฟ่าง (กิโลกรัม)	0	67.25	85.99

บทที่ 4

ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตเนื้อสุกรชำแหละ

การวิเคราะห์บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตได้ผลมาจากการเก็บข้อมูล คำนวณการใช้ทรัพยากรและพลังงานของกระบวนการเลี้ยงสุกรภายในฟาร์ม และกระบวนการชำแหละภายในโรงงานชำแหละแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อสุกรชำแหละ ซึ่งข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแสดงรายการ และปริมาณการใช้ทรัพยากร ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนฟาร์ม และขั้นตอนชำแหละเนื้อสุกร โดยกำหนดหน่วยการทำงานที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของงานวิจัยนี้ คือ เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เป็นตารางรายการสารขาเข้า - สารขาออกได้ดังนี้

1) ขั้นตอนฟาร์ม

ขั้นตอนฟาร์ม งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ 4 ฟาร์ม ซึ่งเริ่มต้นจากการเลี้ยงลูกสุกรพันธุ์ผสมที่มีอายุ 10 สัปดาห์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 15 กิโลกรัม ในช่วงระยะแรกก่อนทำการนำเข้าโรงเรือนจะมีการให้วัคซีนก่อน หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการเลี้ยง โดยให้อาหารสุกร และน้ำ เป็นหลัก และมีการขนส่งอาหารสุกร 277.5 กิโลกรัมต่อสุกรหนึ่งตัว โดยใช้รถไซโล (Bulk Feed Truck) ในการขนส่งที่มีระยะทางจากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ไปฟาร์มเฉลี่ย 36.25 กิโลเมตร เป็นข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลอาหารสุกรมาจาการคำนวณสูตรอาหารสุกร (วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์ และเสาวคนธ์ โรจนสถิตย์, 2542) โดยข้อมูลสารประกอบสารฆ่าเชื้อในโรงเรือนสุกร (BETAGRO AGRO SOLUTIONS, 2022) และคำนวณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 2560) เป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยสารขาเข้า สารขาออกในฟาร์มต่อหน่วยการทำงานสรุปไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 บัญชีรายการสารขาเข้า และสารขาออกจากฟาร์ม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	แหล่งที่มา
สารขาเข้า :			
ลูกสุกร	15.00	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
ไฟฟ้า	17.62	kWh	ข้อมูลปฐมภูมิ
น้ำ	7.65	ลูกบาศก์เมตร	ข้อมูลปฐมภูมิ
ขนส่งอาหาร	36.25	กิโลเมตร	ข้อมูลปฐมภูมิ
Glutaraldehyde (ส่วนประกอบสารฆ่าเชื้อในฟาร์ม)	0.05	กรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[a]
Formaldehyde (ส่วนประกอบสารฆ่าเชื้อในฟาร์ม)	0.10	กรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[a]
ควอเรตอร์นารี แอมโมเนียคอมพาวด์ (ส่วนประกอบสารฆ่าเชื้อในฟาร์ม)	0.06	กรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[a]
ข้าวโพด	187.34	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
รำข้าว	37.39	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
กากถั่วเหลือง	31.49	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
ปลาป่น	16.48	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (ส่วนประกอบในอาหารสัตว์)	3.60	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
เกลือ	0.70	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
วิตามินรวม	0.50	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[b]
สารขาออก :			
สุกร	122.00	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
BOD	12.60	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[C]
COD	252.00	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[C]
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	17.28	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[C]
ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น	2.88	กิโลกรัม	ข้อมูลทุติยภูมิ[C]
ของเสียอินทรีย์	225.34	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ

หมายเหตุ : a อ้างอิงข้อมูลจาก BETAGRO AGRO SOLUTIONS, 2022

b อ้างอิงข้อมูลจาก วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิต (2542)

c อ้างอิงข้อมูลจาก กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, (2560)

2) ขั้นตอนการชำแหละ

เมื่อสุกรเจริญเติบโตเต็มที่ โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยของสุกร 122 กิโลกรัม ฟาร์มขนส่งสุกรไปสู่โรงงานเชือดชำแหละ โดยยานพาหนะที่ใช้ คือ รถบรรทุก 10 ล้อ ที่มีระยะทางจากฟาร์มไปสู่โรงงานเฉลี่ย 148.61 กิโลเมตร นำสุกรไปพักเพื่อลดความเครียด หลังจากนั้นทำให้สุกรสลบด้วยการช็อตไฟฟ้า 3 จุด คือ ระหว่างตา และหูทั้งสองข้าง เอาเลือดออกด้วยการใช้มีดปลายแหลมแทงที่บริเวณลำคอ นำขึ้นแขวนด้วยรอก เปิดซากผ่าซีก นำอวัยวะภายในออก เผาขนด้วยแก๊ส ล้างทำความสะอาด นำไปห้องลดอุณหภูมิ จากน้ำหนักสดของสุกร 1 ตัว มีน้ำหนักเท่ากับ 122 กิโลกรัม เมื่อฆ่าแล้วได้เป็นน้ำหนักซาก 96.26 กิโลกรัม จากซากสุกรนำไปตัดแยกชิ้นส่วน ทำการบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้พลาสติกชนิด LDPE และ HDPE ซึ่งงานวิจัยนี้นำข้อมูลมาจากโรงงานชำแหละแห่งหนึ่ง โดยสารขาเข้า สารขาออกในโรงงานชำแหละ สรุปไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 บัญชีรายการสารขาเข้า และสารขาออกจากโรงงานชำแหละ

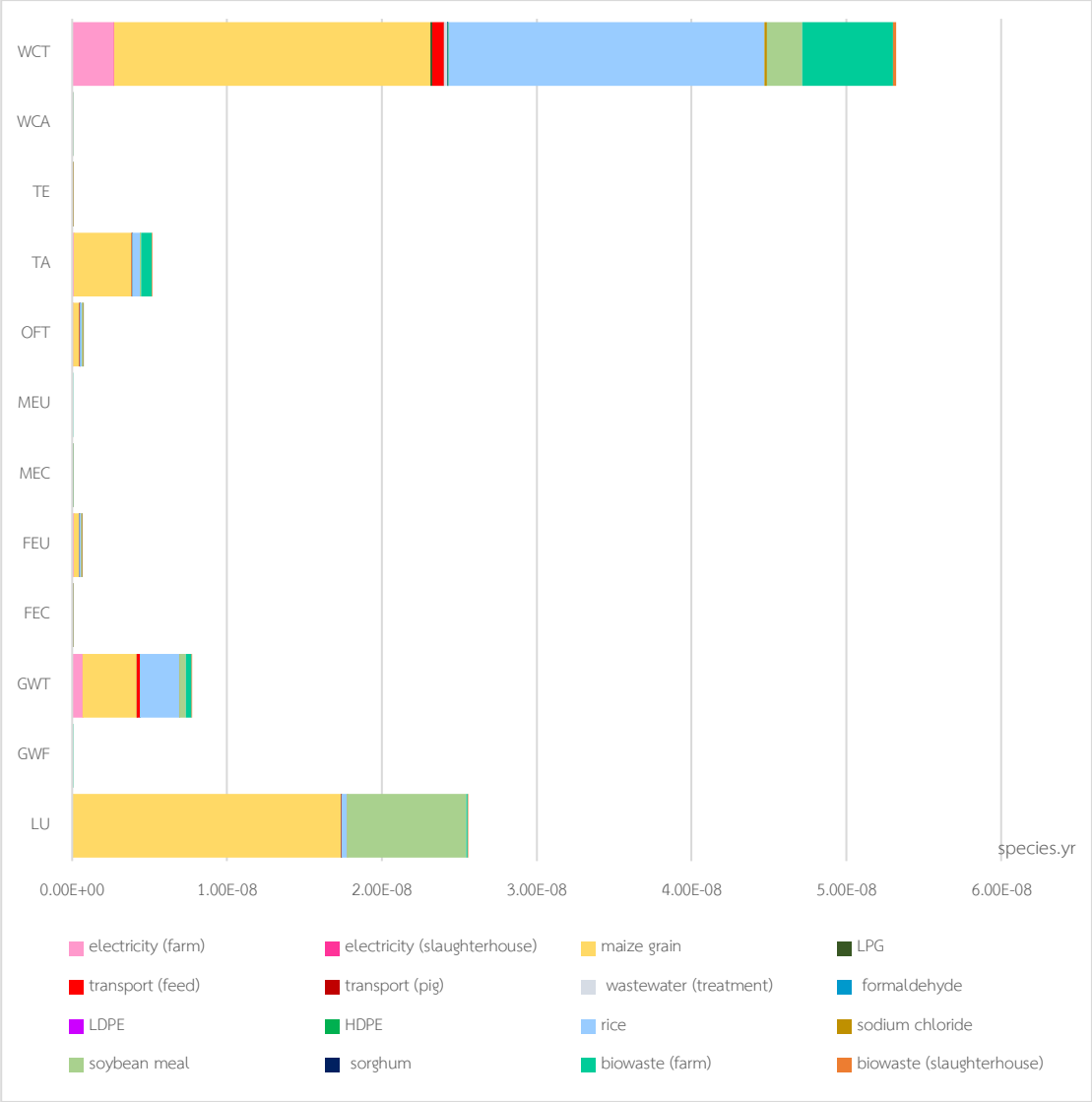
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	แหล่งที่มา
สารขาเข้า :			
สุกร	1.26	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
น้ำ	5.05	ลิตร	ข้อมูลปฐมภูมิ
ไฟฟ้า	0.18	kWh	ข้อมูลปฐมภูมิ
LPG	0.01	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
ขนส่งจากฟาร์มไปโรงงาน	148.61	กิโลเมตร	ข้อมูลปฐมภูมิ
HDPE	3.18	กรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
LDPE	0.15	กรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
สารขาออก :			
เนื้อสุกร	1.00	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
ของเสียอินทรีย์ (กระดูก ขน อื่น ๆ)	0.26	กิโลกรัม	ข้อมูลปฐมภูมิ
น้ำเสีย	3.60	ลิตร	ข้อมูลปฐมภูมิ

4.2 ผลการประเมินผลกระทบของวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ

ผลการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกลุ่มผลกระทบระดับกลางและผลกระทบระดับปลาย ที่แบ่งกลุ่มความรุนแรงของผลกระทบเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ความเสียหายต่อระบบนิเวศ ความเสียหายต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรกระบวนการผลิตเนื้อสุกร ที่การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle-to- slaughterhouse ในหน่วยการทำงาน คือ เนื้อสุกร 1 กิโลกรัมจากการวิเคราะห์คำนวณด้วยโปรแกรม Open LCA version 2.0 ฐานข้อมูล Ecoinvent version 3.4 ด้วยวิธี ReCiPe Endpoint ได้ผลดังนี้

4.2.1 กลุ่มความเสียหายต่อระบบนิเวศ

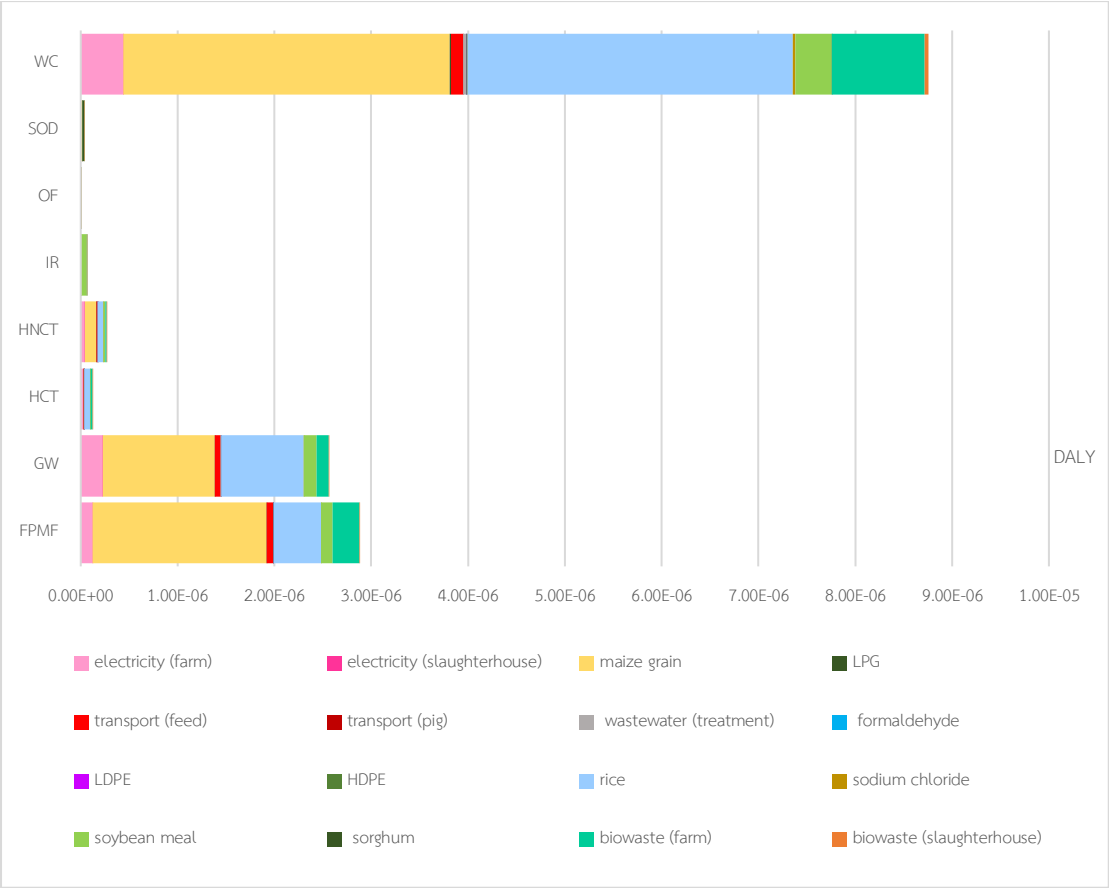
ความเสียหายของระบบนิเวศในระบบผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบต่อหนึ่งหน่วยการทำงาน มีค่าเท่ากับ 9.32×10^{-8} species.yr ซึ่งพบว่าขั้นตอนฟาร์มจากกิจกรรมอาหารสัตว์ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศสูงที่สุด โดยวัตถุดิบหลักมาจากข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 49.24 ของผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 4.59×10^{-8} species.yr รองลงมาคือ รำข้าว คิดเป็นร้อยละ 25.94 ของผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 2.42×10^{-8} species.yr พบว่าในระบบผลิตภัณฑ์นี้เกิดผลกระทบการใช้น้ำในระบบนิเวศบนบกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.15 ของผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 5.33×10^{-8} species.yr รองลงมาคือการใช้ประโยชน์ที่ดิน คิดเป็นร้อยละ 27.40 ของผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 2.55×10^{-8} species.yr แสดงผลกระทบต่อระบบนิเวศไว้ในรูปที่ 15



รูปที่ 15 ผลกระทบต่อระบบนิเวศของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ

4.2.2 กลุ่มความเสียหายต่อมนุษย์

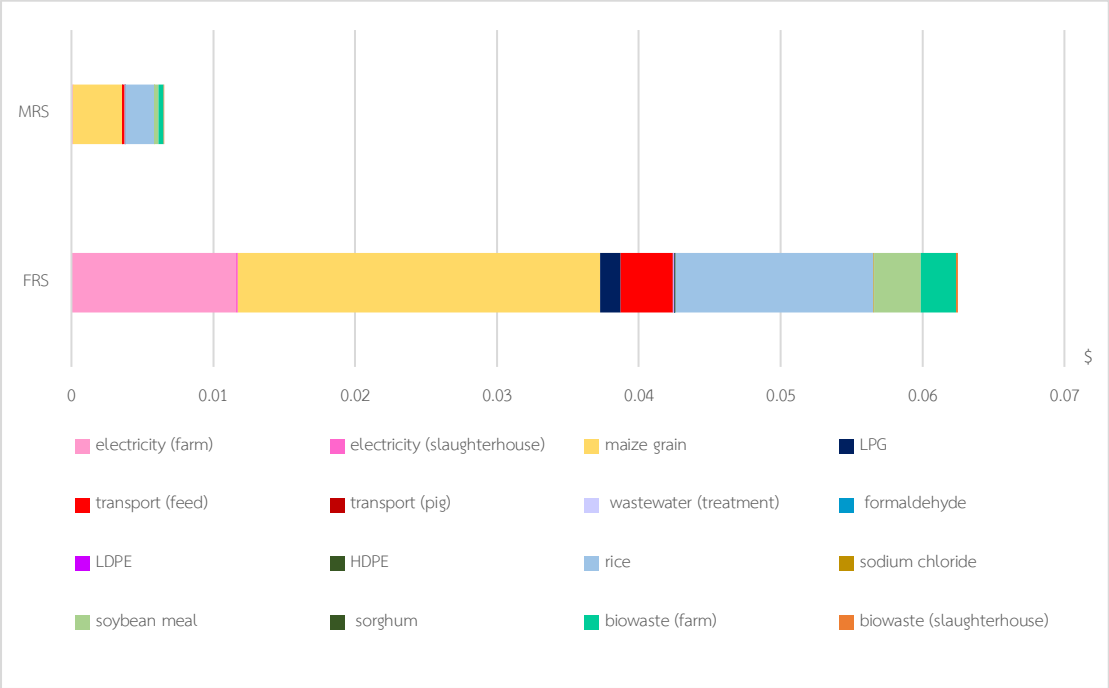
ความเสียหายของมนุษย์ในระบบผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบต่อหนึ่งหน่วยการทำงาน มีค่าเท่ากับ 1.47×10^{-5} DALY ซึ่งพบว่าขั้นตอนฟาร์มจากกิจกรรมอาหารสัตว์ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์สูงที่สุด โดยวัตถุดิบที่มีสาเหตุหลักมาจากข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 43.99 ของผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 2.83×10^{-6} DALY รองลงมาคือ รำข้าว คิดเป็นร้อยละ 32.84 ของผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 1.35×10^{-6} DALY พบว่าผลกระทบในระบบผลิตภัณฑ์นี้การใช้น้ำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.63 ของผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 8.76×10^{-6} DALY รองลงมาคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 19.65 ของผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 2.89×10^{-6} DALY แสดงกลุ่มผลกระทบต่อมนุษย์ไว้ในรูปที่ 16



รูปที่ 16 ผลกระทบต่อมนุษย์ของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ

4.2.3 กลุ่มความเสียหายความขาดแคลนทรัพยากร

ความเสียหายของความขาดแคลนทรัพยากรในระบบผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบต่อหนึ่งหน่วยการทำงาน มีค่าเท่ากับ 6.90 X 10^{-2} USD ซึ่งพบว่าขั้นตอนฟาร์มจากกิจกรรมอาหารสัตว์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลความขาดแคลนทรัพยากรสูงที่สุด โดยมาจากวัตถุดิบหลัก คือ ข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 42.06 ของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 2.90 X 10^{-2} USD รองลงมาคือ รำข้าว คิดเป็นร้อยละ 23.13 ของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 1.59 X 10^{-2} USD พบว่าในระบบผลิตภัณฑ์นี้การขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลเกิดผลกระทบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90.56 ของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 6.25 X 10^{-2} USD รองลงมาคือ การขาดแคลนทรัพยากรแร่ คิดเป็นร้อยละ 9.44 ของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 6.51 X 10^{-3} USD แสดงผลกระทบต่อมนุษย์ไว้ในรูปที่ 17



รูปที่ 17 ผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรของการประเมินวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละ

จากการเปรียบเทียบกลุ่มผลกระทบทั้ง 3 กลุ่ม ประกอบด้วยความเสียหายต่อระบบนิเวศ ความเสียหายต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร พบว่าสารขาเข้าที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ ข้าวโพด ที่เกิดจากการผลิตอาหารสัตว์ในขั้นตอนฟาร์ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Reckmann et al. (2013) และ Pazmiño และ Ramirez (2021) ที่พบว่าการผลิตสุกรส่งผลกระทบสูงที่สุด โดยสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Winkler et al. (2016) ที่พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดเกิดจากฟาร์ม โดยเฉพาะกิจกรรมการผลิตอาหารสัตว์ที่สาเหตุหลักมาจากวัตถุดิบ คือ ข้าวโพด ซึ่งการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้มีการพังทะลายของหน้าดิน ดินเสื่อมสภาพ และมีผลต่อการลดลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งมาจากขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในการตัดถาง และเผาวัชพืช เศษซากพืช (Giardina et al., 2000) ในการศึกษาของ สุรีพร ขอนพิกุล (2561) พบว่าการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ มักพบในพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ลาดชัน และเขตป่าสงวน ที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สูงสุดเท่ากับ 0.0338 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยสาเหตุหลักมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการศึกษาการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละอองขนาดเล็กจากกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (ฐิฏาพร สุภาษี และคณะ, 2559) เมื่อเทียบในหน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของข้าวโพดเลี้ยง

สัตว์เท่ากับ 4.08 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนปริมาณการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กเท่ากับ 13.40 กิโลกรัมมลสารต่อตันซังข้าวโพด และพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 75 ของขั้นตอนทั้งหมด เนื่องจากขั้นตอนนี้มีการไถกลบต้น และใบข้าวโพด เพื่อเตรียมพื้นที่ในการเพาะปลูก และการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ จึงส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ รองลงมา คือ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเผาเศษวัสดุการเกษตรในที่โล่ง และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว คิดเป็นร้อยละ 15, 10 และ 0.07 ตามลำดับ ส่วนการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 10 พบว่าในขั้นตอนการเผาเศษวัสดุการเกษตร เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 86 ของขั้นตอนทั้งหมด เนื่องจากการเผาเศษวัสดุการเกษตรที่มีปริมาณมากในพื้นที่จึงส่งผลให้เกิดเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ รองลงมา คือ ขั้นตอนการเพาะปลูก และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว คิดเป็นร้อยละ 14 และ 0.22 ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวมีแนวทางแก้ไขโดยการนำเศษวัสดุการเกษตรไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง หรือการนำไปผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เป็นต้น และการศึกษาผลของการปลูกข้าวโพดแซมถั่วต่อการชะล้างพังทะลายหน้าดินและความหลากหลายทางชีวภาพในดิน (อดิเรก ปัญญาลือ และคณะ, 2561) พบว่าการปลูกข้าวโพดที่มีถั่วปลูกร่วมด้วย และไม่เผาเศษวัสดุการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดมีปริมาณมากขึ้น และช่วยลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และลดการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของข้าวโพด ระหว่างพื้นที่เพาะปลูกที่มีพลาสติกคลุมดิน และพื้นที่ไม่คลุมดิน บนที่ราบสูงดินลมหอบ (Loess Plateau) ทางตะวันออกของประเทศจีน (Feng et al., 2019) จากการศึกษาพื้นที่เพาะปลูกที่มีพลาสติกคลุมดิน มีสภาพที่ชื้นกว่าพื้นที่ไม่คลุมดิน ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกที่มีพลาสติกคลุมดินมีพื้นที่ใบ ความสูงของพืช ที่มากกว่าเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด และการคลุมดินสามารถช่วยการลดปริมาณการใช้น้ำได้

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเนื้อสุกร มีค่าเท่ากับ 2.64 kg CO_2eq ต่อเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม และเทียบกรณีศึกษาอื่น หน่วยการทำงาน 1 กิโลกรัมของเนื้อสุกร การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเนื้อสุกรในการศึกษาครั้งนี้น้อยกว่าการศึกษาอื่น ที่มีขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle-to-slaughterhouse คล้ายกับการศึกษาครั้งนี้ ดังที่แสดงในตารางที่ 12 ข้อสันนิษฐาน คือ กระบวนการเลี้ยงสุกรในยุโรปมีการเพาะเลี้ยงที่ใช้พลังงานมากกว่า เนื่องจากเป็นทวีปที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้ใช้พลังงานในการเลี้ยงสุกรสูงขึ้น และมีการกระบวนการชำแหละมีขั้นตอนที่ซับซ้อนมากกว่า

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม กรณีศึกษาอื่น ๆ

ผู้ทำวิจัย	ขอบเขตการศึกษา	ประเทศ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2eq ต่อเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม)
การศึกษาครั้งนี้	Cradle-to-slaughterhouse	ประเทศไทย	2.64
Reckmann et al. (2013)	Cradle-to-slaughterhouse	ประเทศเยอรมนี	3.22
Dorca-Preda et al. (2021)	Cradle-to-slaughterhouse	ประเทศเดนมาร์ก	
ค.ศ. 2005	เทียบระยะเวลา 10 ปี		3.96
ค.ศ. 2016			2.70
Pazmiño และ Ramirez (2021)	Cradle-to-slaughterhouse	ประเทศเอกวาดอร์	4.57

4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว คือ การจัดการข้อมูลที่ไม่แน่นอน โดยไม่ต้องรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม ทำโดยการนำค่าตัวแปรที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตมาเปลี่ยนแปลงข้อมูลทีละน้อย ๆ (Baumann & Tillman, 2004) ซึ่งงานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิตเนื้อสุกร โดยวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากข้อมูลปฐมภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation: CV) มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 หรือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ได้ข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 13 ซึ่งวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากการนำข้อมูลจากปัจจัยการผลิตเนื้อสุกรที่รากฐานข้อมูลเดิมแทนที่ด้วยตัวเลขใหม่ที่เพิ่มขึ้น และลดลงร้อยละ 10 ของข้อมูล และทำการคำนวณการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์พิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด

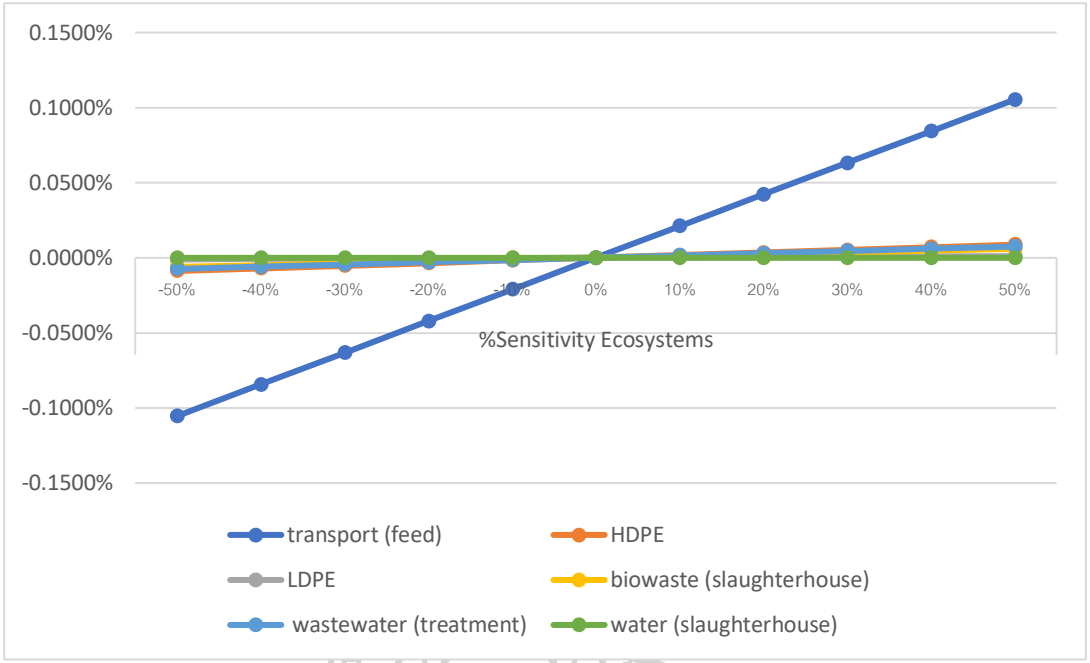
จากการวิเคราะห์ พบว่าค่าตัวแปรของ ขนส่งอาหารบรรจุภัณฑ์ชนิด HDPE, LDPE น้ำ ของเสียอินทรีย์ และน้ำเสียจากโรงงานชำแหละมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน มากกว่าร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย จึงนำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล

ตารางที่ 14 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

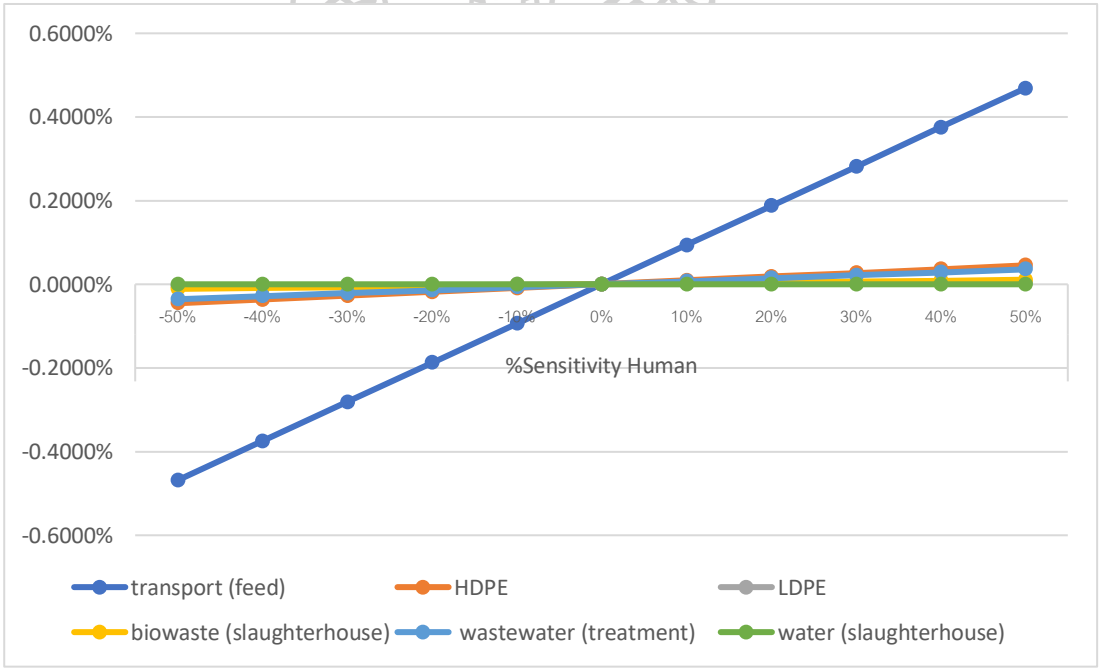
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	%CV
ขั้นตอนฟาร์ม :			
ไฟฟ้า	17.62	kWh	0.48%
น้ำ	7.65	ลูกบาศก์เมตร	3.92%
ขนส่งอาหาร	36.25	กิโลเมตร	13.95%
สุกร	122.00	กิโลกรัม	5.34%
ขั้นตอนการชำแหละ :			
น้ำ	5.05	ลิตร	17.05%
ไฟฟ้า	0.18	kWh	9.69%
แก๊ส	0.01	กิโลกรัม	8.20%
ขนส่งจากฟาร์มไปโรงงาน	148.61	กิโลเมตร	9.92%
HDPE	3.18	กรัม	29.43%
LDPE	0.15	กรัม	29.43%
ของเสียอินทรีย์ (กระดูก ขน และอื่น ๆ)	0.26	กิโลกรัม	23.83%
น้ำเสีย	3.60	ลิตร	23.59%

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิตเนื้อสุกร ได้แก่ การขนส่งอาหาร บรรจุภัณฑ์ชนิด HDPE, LDPE น้ำ ของเสียอินทรีย์ และน้ำเสียจากโรงงานชำแหละ พิจารณาเป็นรูปแบบเปอร์เซ็นต์การผันแปร สำหรับแต่ละกลุ่มผลกระทบ ประกอบด้วย ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร พบว่า ในผลกระทบทั้งสามกลุ่มข้อมูลการขนส่งอาหารไปสู่ฟาร์ม มีค่าความแปรผันมากที่สุด โดยทุก ๆ ร้อยละ 10 ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของข้อมูลมีช่วงการผันแปร กลุ่มกระทบต่อระบบนิเวศ มีค่าการผันแปรเท่ากับร้อยละ 0.02 (รูปที่ 18) กลุ่มผลกระทบต่อมนุษย์ มีค่าการผันแปรเท่ากับร้อยละ 0.1 (รูปที่ 19) และกลุ่มผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากรเท่ากับร้อยละ 0.2 (รูปที่ 20)

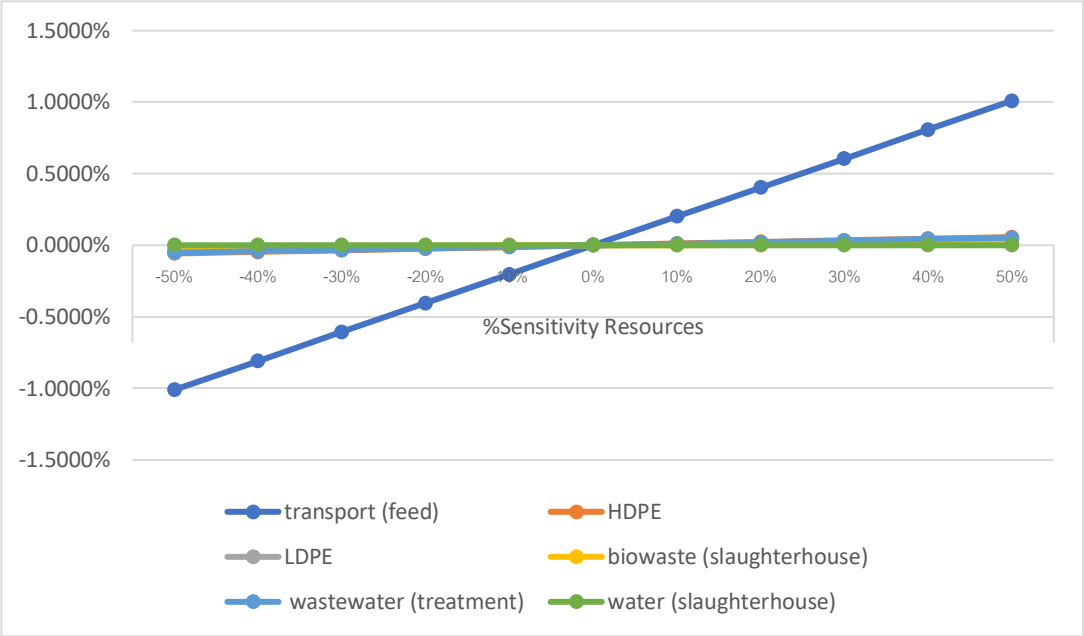
จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปค่าความอ่อนไหวค่อนข้างน้อย กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยมีผลกระทบในภาพรวมที่ทดสอบมีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 1 ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบไม่มีความอ่อนไหวต่อตัวแปรที่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมด



รูปที่ 18 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบต่อระบบนิเวศ



รูปที่ 19 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบต่อมนุษย์



รูปที่ 20 สัมประสิทธิ์ความผันแปรข้อมูลของผลกระทบความขาดแคลนทรัพยากร

4.4 การวิเคราะห์สถานการณ์

การวิเคราะห์สถานการณ์ ใช้เพื่อแสดงผลจากการคาดการณ์สถานการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าข้าวโพดที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ส่งผลกระทบสูงที่สุด จึงได้จำลองสถานการณ์ในการใช้สูตรอาหารสุกรที่แตกต่างกันขึ้นมา โดยผลการศึกษาพบว่า

ผลการประเมินผลกระทบในแต่ละตัวชี้วัดของกลุ่มความเสียหายต่อระบบนิเวศจาก 3 สถานการณ์ แสดงดังในรูปที่ 21 พบว่าทั้งสถานการณ์ที่สองและสถานการณ์ที่สาม มีค่าการใช้น้ำในระบบนิเวศบนบกมากที่สุด คล้ายกับสถานการณ์พื้นฐาน โดยค่าการใช้น้ำในระบบนิเวศบนบกในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 8.65×10^{-8}, 6.66×10^{-8} และ 5.33×10^{-8} species.yr ตามลำดับ ส่วนค่าผลกระทบรองลงมาในสถานการณ์พื้นฐาน และสถานการณ์ที่สอง คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในสถานการณ์พื้นฐานมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สองมีค่าเท่ากับ 2.55×10^{-8} และ 1.60×10^{-8} species.yr ตามลำดับ ส่วนในสถานการณ์ที่สามค่าผลกระทบรองลงมา คือ สภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศบนบก มีค่าเท่ากับ 1.09×10^{-8} species.yr

ผลการประเมินผลกระทบในแต่ละตัวชี้วัดของกลุ่มความเสียหายต่อมนุษย์จาก 3 สถานการณ์ แสดงดังในรูปที่ 22 พบว่าทั้งสถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์ที่สาม ผลกระทบการใช้น้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ภาวะโลกร้อน ต่างจากสถานการณ์พื้นฐาน ซึ่งผลกระทบที่เกิดมากที่สุด คือ การใช้น้ำ

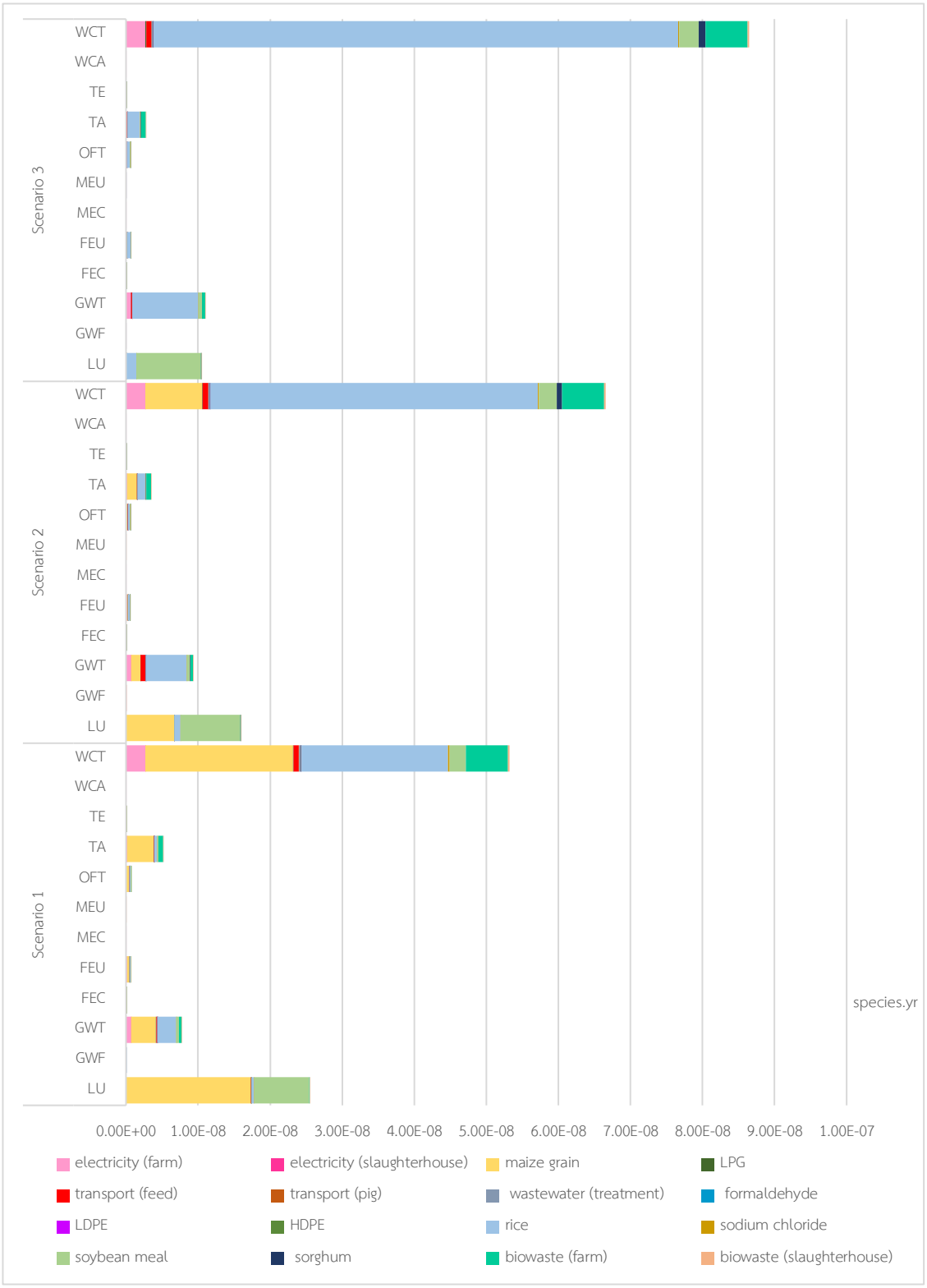
มากที่สุด รองลงมา คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยการใช้น้ำในสถานการณ์ที่สาม มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 1.42×10^{-5}, 1.09×10^{-5} และ 8.76×10^{-6} DALY ตามลำดับ ส่วนภาวะโลกร้อนในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 3.64×10^{-6}, 2.92×10^{-6} และ 2.56×10^{-6} DALY ตามลำดับ

ผลการประเมินผลกระทบในแต่ละตัวชี้วัดของกลุ่มความเสียหายความขาดแคลนทรัพยากรจาก 3 สถานการณ์ แสดงดังในรูปที่ 23 พบว่าทั้งสถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 3 การขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลเกิดผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือ การขาดแคลนทรัพยากรแร่ คล้ายกับสถานการณ์พื้นฐาน โดยการขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน มีค่าเท่ากับ 0.1273, 0.1162 และ 0.0624 $ ตามลำดับ ส่วนการขาดแคลนทรัพยากรแร่ในสถานการณ์พื้นฐานมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สาม และสถานการณ์ที่สอง มีค่าเท่ากับ 6.51×10^{-2}, 1.11×10^{-2} และ 9.69×10^{-3} $ ตามลำดับ

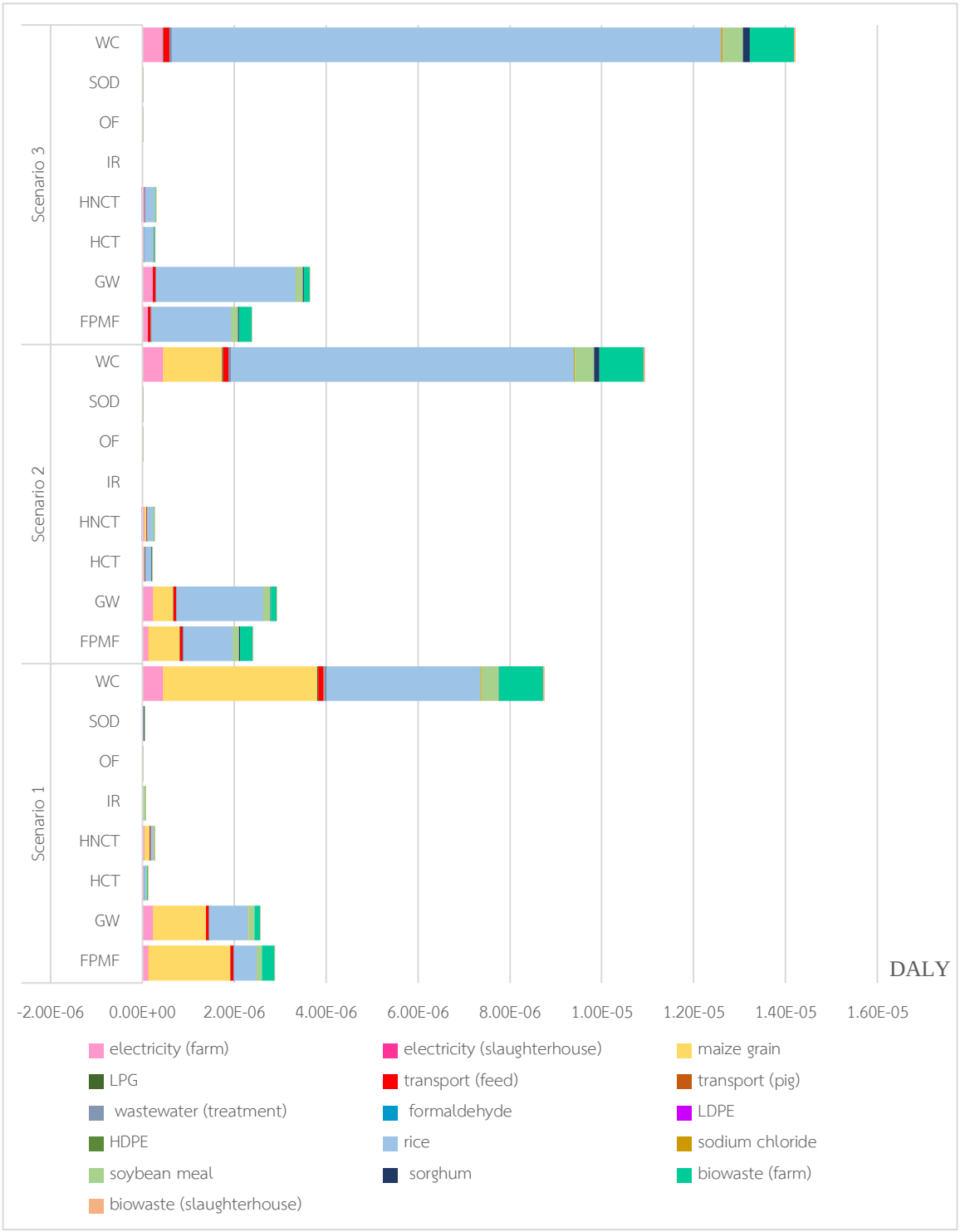
จากการแปลผลให้น้ำหนักจากค่าผลกระทบในรูปค่าความเสียหายของผลกระทบระดับปลายทั้งหมดให้อยู่ในรูปของค่าผลกระทบในรูปของคะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) ซึ่งมีหน่วยเดียวกันเพื่อพิจารณาว่าสถานการณ์ใดมีค่าคะแนนเชิงเดี่ยวทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เกิดจากกระบวนการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวมค่าในกลุ่มผลกระทบต่าง ๆ ที่มีหน่วยต่างกัน โดยการหาด้วยค่ากลางเพื่อเปรียบเทียบ ซึ่งจากการประเมินผลกระทบของวัฏจักรเนื้อสุกรชำแหละทั้ง 3 สถานการณ์ ที่ผลกระทบระดับปลาย แปลงเป็นกลุ่มผลกระทบคะแนนเดียว โดยแบ่งกลุ่มความรุนแรงเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ความเสียหายต่อระบบนิเวศ ความเสียหายต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร พบว่าค่าความเสียหายต่อระบบนิเวศในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 3.21×10^{-8}, 2.75×10^{-8} และ 2.67×10^{-8} species.yr ตามลำดับ ความเสียหายต่อมนุษย์ในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์พื้นฐาน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 1.49×10^{-4}, 1.20×10^{-4} และ 1.05×10^{-4} DALY ตามลำดับ การขาดแคลนทรัพยากรในสถานการณ์ที่สามมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์พื้นฐาน และสถานการณ์ที่สอง ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 1.08×10^{6}, 1.01×10^{6} และ 9.84×10^{5} $ ตามลำดับ เนื่องจากว่าสูตรอาหารสุกรที่กำหนดในสถานการณ์พื้นฐานมีปริมาณรำข้าวน้อยที่สุด และปริมาณรำข้าว เพิ่มขึ้นในสถานการณ์ที่สอง และสถานการณ์ที่สาม ตามลำดับ เมื่อเปรียบผลกระทบ

ระดับปลายทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าปริมาณรำข้าวที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย โดยรำข้าวคือเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดข้าวที่ถูกขัดสีออกจากเมล็ดข้าว ซึ่งจากข้อมูลในการเพาะปลูกข้าวครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกของโลกร้อยละ 11 และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางการเกษตรของโลกร้อยละ 10.10 (FAOSTAT,D. , 2021 และ Meijide et al., 2016) ซึ่งในประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวร้อยละ 51.30 ของภาคเกษตรกรรม (ONEP, 2022) โดยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวนี้ เกิดจากการใช้น้ำปริมาณมากในการเพาะปลูกข้าว ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งอาจส่งผลให้ดิน และคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมด้วย (de Miranda et al., 2015) นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของข้าวมีมากกว่าข้าวโพดประมาณสี่เท่า (Linquist et al., 2012) ทำให้สถานการณ์ที่เหมาะสมสำหรับสูตรอาหารสุกรของการศึกษาครั้งนี้ คือ สถานการณ์พื้นฐาน ที่มีวัตถุดิบหลักเป็นข้าวโพด

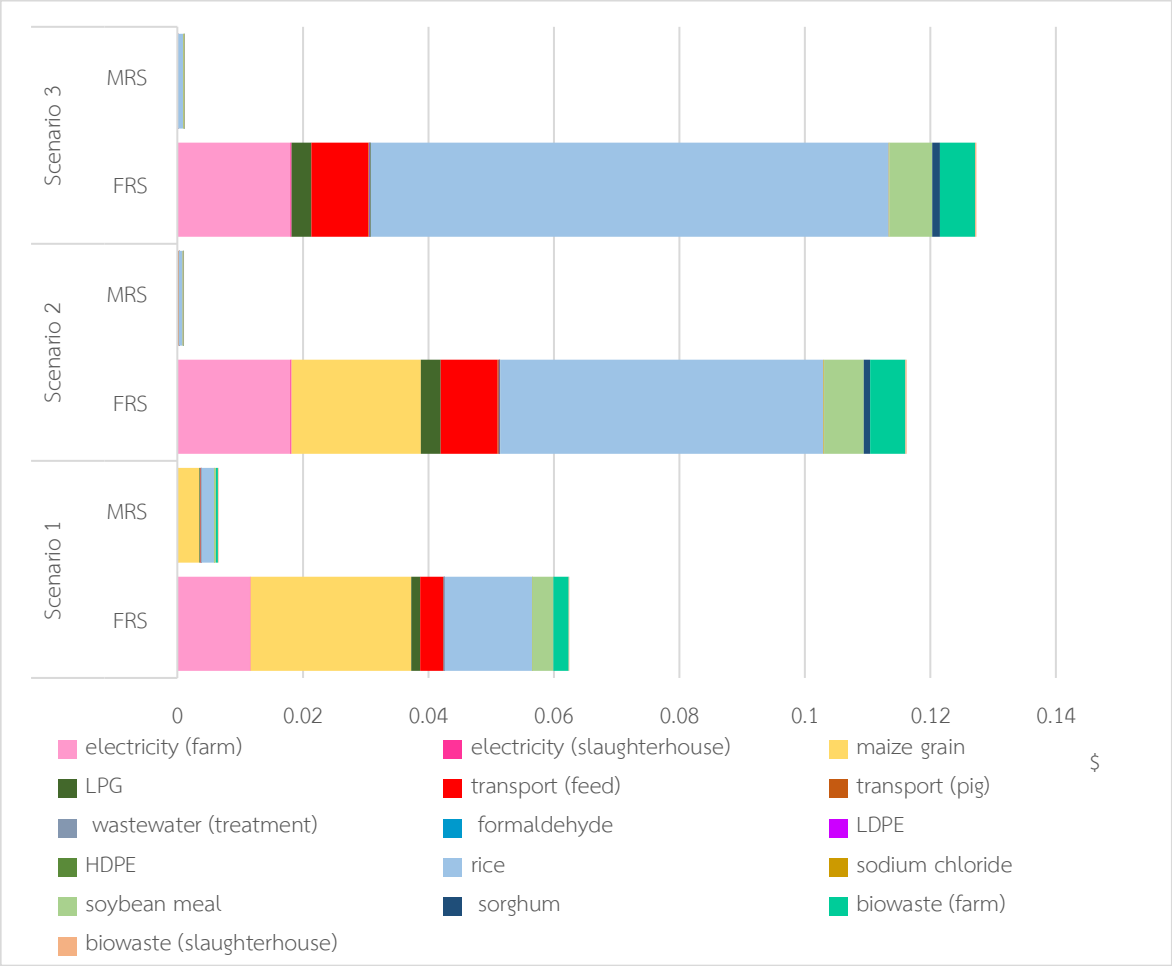
มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 21 ความเสียหายต่อระบบนิเวศทั้งสามสถานการณ์



รูปที่ 22 ความเสียหายต่อมนุษย์ทั้งสามสถานการณ์



รูปที่ 23 ความเสียหายต่อการขาดแคลนทั้งสามสถานการณ์

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเนื้อสุกรชำแหละ ที่ศึกษาตั้งแต่กระบวนการผลิตสุกรภายในฟาร์ม ไปจนถึงกระบวนการเชือดชำแหละภายในโรงงาน ที่กำหนดขอบเขตแบบ Cradle-to-slaughterhouse ในหน่วยการทำงานเนื้อสุกร 1 กิโลกรัม โดยใช้โปรแกรม Open LCA และวิธีการ ReCiPe ในการประเมินผลกระทบระดับปลาย ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร สรุปได้ว่า

- ผลกระทบโดยรวมในระบบนิเวศของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 9.32×10^{-8} species.yr ที่สาเหตุหลักมาจากกิจกรรมผลิตอาหารสัตว์ และเกิดผลกระทบการใช้น้ำในระบบนิเวศบนบกมากที่สุด รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ผลกระทบโดยรวมในมนุษย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 1.47×10^{-5} DALY ที่สาเหตุหลักมาจากกิจกรรมผลิตอาหารสัตว์ และเกิดผลกระทบการใช้น้ำในมากที่สุด รองลงมาคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
- ผลกระทบโดยรวมในความขาดแคลนทรัพยากรของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 6.90×10^{-2} USD ที่สาเหตุหลักมาจากกิจกรรมผลิตอาหารสัตว์ และเกิดผลกระทบการขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด รองลงมาคือ การขาดแคลนทรัพยากรแร่
- การประเมินผลกระทบระดับปลาย เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มผลกระทบทั้ง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อมนุษย์ และการขาดแคลนทรัพยากร พบว่าสารขาเข้าที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ ข้าวโพด รองลงมา คือ รำข้าว ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ของขั้นตอนฟาร์ม
- วิเคราะห์ข้อมูลความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิตเนื้อสุกร โดยวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากข้อมูลปฐมภูมิที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลปัจจัยการผลิตเนื้อสุกร ผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าความอ่อนไหวค่อนข้างน้อย

- การวิเคราะห์สถานการณ์ของสูตรอาหารสัตว์ 3 สถานการณ์ พบว่าสถานการณ์พื้นฐาน มีค่าผลกระทบต่ำที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเนื้อสุกร โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากแหล่งโดยตรง และบางข้อมูลจากการที่มีผู้ศึกษามาก่อนหน้าแล้วสัมพันธ์กับงานวิจัยทางอ้อม อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปพิจารณาเป็นฐานข้อมูลในการประเมินวัฏจักรชีวิตของเนื้อสุกรครั้งต่อไปได้ และจากการศึกษาครั้งนี้ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเนื้อสุกร ดังต่อไปนี้

1. การใช้ปุ๋ยเคมีแบบสั่งตัด เป็นเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่ โดยนำข้อมูลชุดดิน และข้อมูล N-P-K ในดินมาประกอบการตัดสินใจเลือกสูตรปุ๋ย และกำหนดปริมาณปุ๋ยในการปลูกพืช เพื่อช่วยให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยถูกชนิดและถูกปริมาณ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจึงสูงขึ้น และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้

2. ควรใช้ประโยชน์จากน้ำล้างคอกสุกรไปเพาะปลูกพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมวัฏจักรชีวิต ซึ่งมีการศึกษาผลของการใช้น้ำล้างคอกสุกรต่อคุณสมบัติดิน และการส่งเสริมการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวหอมดอกมะลิ 105 จากงานวิจัยใช้ปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 50-75% ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้เมล็ดลีบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งควรใช้น้ำล้างคอกสุกรควบคู่กับปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกข้าว (จรัส สว่างทัพ และ นิจพร ณ พัทลุง, 2553)

3. ควรปลูกข้าวโพดที่มีถั่วปลูกร่วมด้วย ทำให้ข้าวโพดมีผลผลิตที่มากขึ้น อีกทั้งช่วยลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และลดการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน นอกจากนี้หากขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกมีการเผาเศษวัสดุการเกษตร ไม่ควรเผาเศษวัสดุการเพื่อลดผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก และลดภาวะโลกร้อน (อดิเรก ปัญญาลือ และคณะ, 2561)

จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดของการศึกษา ดังนี้

1. ขอบเขตการศึกษาเริ่มตั้งแต่ฟาร์มที่รับลูกสุกรมาเลี้ยงในโรงเรือนถึงโรงงานชำแหละ ดังนั้นการศึกษานี้จึงไม่มีการพิจารณาถึงผู้บริโภค

2. การศึกษานี้ได้ศึกษาสูตรอาหารที่มีปริมาณสารอาการเท่ากันที่ในระยะสุกรขุน ซึ่งสุกรแต่ละช่วงวัยจะได้รับปริมาณสารอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่มีการพิจารณาสูตรอาหารสุกรในช่วงระยะลูกสุกร

อีกทั้งผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรมีการศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีการกำหนดขอบเขตที่ครอบคลุมตั้งแต่ฟาร์มถึงผู้บริโภค

2. ควรมีการศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูตรอาหารสุกรในทุกช่วงวัย

3. การศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตเนื้อสุกรที่มีรูปแบบการเลี้ยงสุกรแบบอนินทรีย์ และอินทรีย์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Baumann, H., & Tillman, A. M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application*. Professional Publishing House. https://books.google.co.th/books?id=3OdsOgAACAAJ

BETAGRO AGRO SOLUTIONS. (2022). *better pharma*. https://www.betagro-agro.com/betterpharma/products/disinfectants

British Pig Association. (2023). *Breed Information*. https://www.britishpigs.org.uk

de Miranda, M. S., Fonseca, M. L., Lima, A., de Moraes, T. F., & Rodrigues, F. A. (2015). Environmental impacts of rice cultivation. *American Journal of Plant Sciences*, 6(12), 2009.

Dorca-Preda, T., Fantke, P., Mogensen, L., & Knudsen, M. T. (2022). Towards a more comprehensive life cycle assessment framework for assessing toxicity-related impacts for livestock products: The case of Danish pork. *Science of The Total Environment*, 815, 152811. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152811.

Dorca-Preda, T., Mogensen, L., Kristensen, T., & Knudsen, M. T. (2021). Environmental impact of Danish pork at slaughterhouse gate a life cycle assessment following biological and technological changes over a 10-year period. *Livestock Science*, 251, 104622. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104622.

FAOSTAT, D. (2016). FAOSTAT online database. *Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy*.

Feng, Y., Hao, W., Gao, L., Li, H., Gong, D., & Cui, N. . (2019). Comparison of maize water consumption at different scales between mulched and non-mulched croplands. *Agricultural water management*, 216, 315-324.

Giardina, C. P., Sanford, R. L., Døckersmith, I. C., & Jaramillo, V. J. (2000). The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. *Plant and soil*, 220(1-2), 247-260.

ISO 14040. (2006a). Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. In. International Organization for Standardization: Geneva

Switzerland.

Linquist, B., Van Groenigen, K. J., Adviento-Borbe, M. A., Pittelkow, C., & Van Kessel, C. (2012). An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops. *Global Change Biology*, 18(1), 194-209.

Meijide, A., Gruening, C., Goded, I., Seufert, G., & Cescatti, A. (2017). Water management reduces greenhouse gas emissions in a Mediterranean rice paddy field. *Agriculture, ecosystems & environment*, 238, 168-178.

ONEP. (2022). Thailand's Fourth National Communication. *Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Minister of Natural Resources and Environment, Bangkok*.

Pazmiño, M. L., & Ramirez, A. D. (2021). Life Cycle Assessment as a Methodological Framework for the Evaluation of the Environmental Sustainability of Pig and Pork Production in Ecuador. *Sustainability* 13(21), 11693. https://doi.org/10.3390/su132111693

Reckmann, K., Traulsen, I., & Krieter, J. (2013). Life Cycle Assessment of pork production: A data inventory for the case of Germany. *Livestock Science*, 157(2–3), 586-596. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.001

Winkler, T., Schopf, K., Aschemann, R., & Winiwarter, W. (2016). From farm to fork – A life cycle assessment of fresh Austrian pork. *Cleaner Production*, 116, 80-89. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.005.

กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. (2560). คู่มือการใช้เทคโนโลยีการบำบัดของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร แบบก๊าซชีวภาพในลักษณะระบบรวม

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. (2548). การเลี้ยงสุกร. โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กลุ่มวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. (2556). สุกรพันธุ์พื้นเมืองไทย. http://breeding.dld.go.th/biodiversity/new%20elearning/animal%20/animal%20nativos.html

เกศินี เกตุพยัคฆ์. (2562). สัตว์เลี้ยงในฟาร์ม และสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จรัส สว่างทัพ, นิจพร ณ พัทลุง. (2553). ผลของการใช้น้ำล้างคอกสุกรต่อคุณสมบัติดิน และส่งเสริมการ

เจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวหอมดอกมะลิ 105. วารสาร วิจัย และ พัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ บุรีรัมย์, 5(1), 7-22.

ฐิฏาพร สุภาษี, พ. อ., เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2559). การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละออง ขนาดเล็กจากกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 23(3), 94-105.

นวรัตน์ บุญทอง. (2565). ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย 2565. https://region6.dld.go.th/webnew/pdf/it6565.pdf?fbclid=IwAR31EjYT2M4lhZO6W7TG06hBteOqr6II6IPO6Oy3Y_aRLcOW26xl0Of4SN4

ปราณี หนูทอง. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน(*Life cycle assessment of Plam Oil Biodiesel production)* บัญฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. เชียงใหม่.

ไพรฑูรย์ ศรีโพนทัน. (2557). การผลิตสุกรพันธุ์. แผนกวิชาสัตว์ศาสตร์ วิทยาลัยเกษตร และเทคโนโลยี มหาสารคาม.

ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์. (2565). เอกสารประกอบการสอน การประเมินวัฏจักรชีวิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร,นครปฐม.

วรรณพร ทะพิงค์แก. (2561). การผลิตสุกร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์, เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. (2542). สูตรอาหารสุกร (Vol. 16). กรมปศุสัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์.

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2559). การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (*Life Cycle Assessment of Products)*. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมาคมสัตวแพทย์ควบคุมฟาร์มสุกรไทย. (2566). เกณฑ์กำหนดมาตรฐานฟาร์ม. https://tsva.or.th/standard-of-pig-farm

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. (2537). การเลี้ยงหมู https://www.saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK18/pdf/book18_9.pdf

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญ และแนวโน้ม ปี 2566 https://www.oae.go.th/

สุรีพร ขอนพิกุล, ณภัทร จักรวัฒนา,จิตติ มังคละศิริ (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในประเทศไทย และ แนวทางการ ลดเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน. *Thai Science and Technology Journal*, 1176-1196.

หาญผล พึ่งรัศมี. (2559). การประเมินวัฏจักรชีวิต: หลักการ และการประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อดิเรก ปัญญาลือ, เ. จ., ศันสนีย์ จำจด, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. (2561). ผลของการปลูกข้าวโพดแซมถั่วต่อการชะล้างพังทะลายหน้าดินและความหลากหลายทางชีวภาพในดิน. แก่นเกษตร, 46 (3), 449-458. http://ag2.kku.ac.th/kaj

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบสอบถามในการเก็บข้อมูล

แบบฟอร์มการเก็บข้อมูล วัตถุดิบ และของเสียที่ปล่อยออกมาใน แต่ละกระบวนการผลิต

ชื่อ Process.....

ช่วงระยะเวลาของข้อมูลที่เก็บ.....

ผลิตภัณฑ์		
ชื่อผลิตภัณฑ์	น้ำหนัก/ชิ้น	ปริมาณ (ชิ้น)

วัตถุดิบที่ใช้	
ชื่อ	ปริมาณ

พลังงาน และเชื้อเพลิง	
ชื่อ	ปริมาณ

ของเสีย	
ชื่อ	ปริมาณ

การเก็บข้อมูลการขนส่งผลิตภัณฑ์

ที่หมาย	ชนิดของรถ	ขนาดบรรทุกของรถ	ปริมาณสินค้า	ระยะทาง

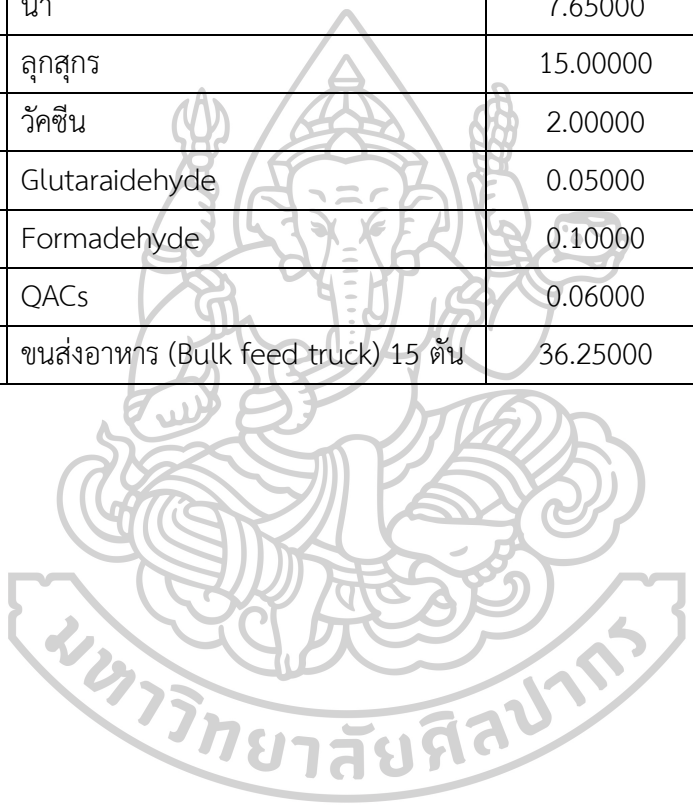
ภาคผนวก ข

ข้อมูลปฐมภูมิบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ตารางภาคผนวก ข ข้อมูลปฐมภูมิบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของฟาร์ม

ฟาร์มที่	วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
1	ไฟฟ้า	17.75	kWh
	น้ำ	7.2	ลูกบาศ์เมตร
	ลุกสุกร	15	กิโลกรัม
	วัคซีน	2	มิลลิลิตร
	Glutaraidehyde	0.05	กรัม
	Formadehyde	0.1	กรัม
	QACs	0.06	กรัม
	ขนส่งอาหาร (Bulk feed truck) 15 ตัน	42	กิโลเมตร
2	ไฟฟ้า	17.58	kWh
	น้ำ	7.8	ลูกบาศ์เมตร
	ลุกสุกร	15	กิโลกรัม
	วัคซีน	2	มิลลิลิตร
	Glutaraidehyde	0.05	กรัม
	Formadehyde	0.1	กรัม
	QACs	0.06	กรัม
	ขนส่งอาหาร (Bulk feed truck) 15 ตัน	35	กิโลเมตร
3	ไฟฟ้า	17.58	kWh
	น้ำ	7.8	ลูกบาศ์เมตร
	ลุกสุกร	15	กิโลกรัม
	วัคซีน	2	มิลลิลิตร
	Glutaraidehyde	0.05	กรัม
	Formadehyde	0.1	กรัม
	QACs	0.06	กรัม
	ขนส่งอาหาร (Bulk feed truck) 15 ตัน	30	กิโลเมตร
4	ไฟฟ้า	17.58	kWh
	น้ำ	7.8	ลูกบาศ์เมตร
	ลุกสุกร	15	กิโลกรัม

	วัคซีน	2	มิลลิลิตร
	Glutaraldehyde	0.05	กรัม
	Formadehyde	0.1	กรัม
	QACs	0.06	กรัม
	ขนส่งอาหาร (Bulk feed truck) 15 ตัน	38.0000	กิโลเมตร
เฉลี่ยรวม	วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
	ไฟฟ้า	17.62250	kWh
	น้ำ	7.65000	ลูกบาศ์เมตร
	ลุกสุกร	15.00000	กิโลกรัม
	วัคซีน	2.00000	มิลลิลิตร
	Glutaraidehyde	0.05000	กรัม
	Formadehyde	0.10000	กรัม
	QACs	0.06000	กรัม
	ขนส่งอาหาร (Bulk feed truck) 15 ตัน	36.25000	กิโลเมตร



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	มนธิตา จ้อยร่อย
วัน เดือน ปี เกิด	18 พฤษภาคม 2542
สถานที่เกิด	นครปฐม
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 3 หมู่ 9 ตำบลทุ่งบัว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140