คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช

นายธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

CARBON FOOTPRINT OF THE KORAT'S CHICKEN

Thatchai Yiamsungnoen

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Environmental Pollution and Safety

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬี)
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา ตัณฑนุช)
กรรมการ

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

(อาจารย์ ดร.ชลาลัย หาญเจนลักษณ์)
คณบดีสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน : คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช (CARBON FOOTPRINT OF THE KORAT'S CHICKEN) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. นเรศ เชื้อสุวรรณ, 210 หน้า.

งานวิจัยนี้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช (ไก่กลมน้ำหนักประมาณ 1.13 กิโลกรัม) ตามแนวทางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ British Standard Institute: PAS 2050 ภายใต้ขอบเขต Business - to - Consumer เก็บข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช การเลี้ยงไก่ของเกษตรกร 4 ลักษณะ ได้แก่ การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์และแบบทั่วไป การเลี้ยงภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา จนถึงการจัดการของเสียจากการบริโภค พบว่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ย 21.66 kg CO_2-eq และมีช่วงระหว่าง 16.35 - 29.96 kg CO_2-eq โดยมีสัดส่วนสูงสุดจากการบริโภคในรูปไก่ย่าง (ร้อยละ 39.74) รองลงมา คือ การผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช (ร้อยละ 34.33) การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ร้อยละ 12.20) การกระจายสินค้า (การขนส่งและเก็บรักษาในตู้แช่) (ร้อยละ 8.74) การจัดการของเสียจากการบริโภค (ร้อยละ 3.97) และการเชือดไก่เนื้อโคราช (ร้อยละ 1.01) นอกจากนี้ หากจำแนกตามลักษณะการเลี้ยงไก่ของเกษตรกร พบว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์และแบบทั่วไป มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในช่วง 18.53 - 28.44 และ 16.35 - 29.96 kg CO_2-eq ตามลำดับ ส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีค่าอยู่ระหว่าง 16.35 - 28.05 และ 17.14 - 29.96 kg CO_2-eq ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละกระบวนการ พบว่าการปิ้งย่างมีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 95.86) การผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนสูงสุด (ร้อยละ 53.35) อาหารเลี้ยงไก่มีสัดส่วนการปล่อยสูงสุดจากกระบวนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกร (ร้อยละ 55.09) เมื่อจำแนกตามลักษณะการเลี้ยง พบว่า การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์สูงสุด (ร้อยละ 48.48) แต่การเลี้ยงไก่แบบทั่วไปมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากอาหารเลี้ยงไก่ (ร้อยละ 57.58) การใช้พลังงานไฟฟ้าในการกระจายสินค้ามีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 96.67) การฝังกลบกระดูกไก่ในการจัดการของเสียจากการบริโภคมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 61.46) และกระบวนการเชือดไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการจัดการของเสีย (ขนไก่และมูลไก่) (ร้อยละ 36.03) ดังนั้น ทางเลือกสำคัญในการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการเปลี่ยนวิธีประกอบอาหาร เช่น การอบไก่ด้วยแก๊สหุงต้มอาจช่วยลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกลงประมาณ 8.27 kg CO_2-eq-meat หรือลดลงได้ถึงร้อยละ 96.05

สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย ลายมือชื่อนักศึกษา ธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

THATCHAI YIAMSUNGNOEN : CARBON FOOTPRINT OF THE KORAT'S CHICKEN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. NARES CHUERSUWAN, Ph.D., 210 PP.

CARBON FOOTPRINT/ LIFE CYCLE ASSESSMENT/ KORAT'S CHICKEN/ GREENHOUSE GAS/ EMISSION FACTORS

This study aims to quantify carbon footprint of the Korat's chicken (1.13 kg of whole chicken) based on Business-to-Consumer approach, according to the British Standard Institute: PAS2050. Primary and secondary data were gathered for the whole life cycle from the production of breeding parent, four types of chicken farming (organic and conventional, in-province, out-of-province farming), and waste management practices. On average, the greenhouse gas (GHGs) emissions throughout the life cycle was 21.66 kg CO_2-eq, with the range of 16.35 - 29.96 kg CO_2-eq. The highest emission came from the preparation as a grill chicken (39.74%), followed by the production of breeding parent and offspring (34.33%), the chicken farming (12.20%), the distribution of product including transportation and cold storage (8.74%), post-consumption waste management (3.97%), and slaughtering process (1.01%). Among four types of farming, the emissions ranged from 18.53 to 28.44 kg CO_2-eq for organic chicken farming, 16.35 to 29.96 kg CO_2-eq for conventional farming, 16.35 to 28.05 kg CO_2-eq for in-province farming, and 17.14 to 29.96 kg CO_2-eq out-of-province farming. Chicken grilling for consumption had the highest proportion of GHGs emissions (95.86%). In the breeding process, the highest proportion of GHGs emissions was from electricity usage (53.35%). The chicken feed had the highest GHGs emissions (55.09%). When consider 4 types of

farming, the highest emissions of GHGs from chicken feed were found in conventional farming (57.58%). Organic farming had the highest GHGs emissions from manure management and chicken digestive system (48.48%). The use of electricity in the distribution process was the highest proportion of GHGs emissions (96.67%). The landfill disposal of chicken's bone had the highest proportion of GHGs emissions in waste management (61.46%). Feather and manure waste management had the highest GHGs emissions (36.03%). Switching from grilling to streaming or boiling of the chicken had potential of reducing GHGs as much as 8.27 kg CO_2-eq or 96.05% of overall carbon footprint.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Environmental health and safety Student's Signature ปัทมาภรณ์ เชี่ยมสูงเนิน

Academic year 2018 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้ความอนุเคราะห์เอาใจใส่ทั้งทางด้านวิชาการและกำลังใจ ช่วยให้คำแนะนำการแก้ปัญหาระหว่างการดำเนินการศึกษา รวมทั้งช่วยชี้แนะตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมพี ประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา ตัณฑนุช กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ที่ได้ช่วยสละเวลาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช และคุณเอนก ทันฉิมพลี เจ้าของโรงฆ่าสัตว์ปีกทันฉิมพลี ที่ให้ความร่วมมือช่วยอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนทุนโครงการวิจัยเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือ และอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ช่วยเหลือสนับสนุนทุนการศึกษาและกำลังใจเป็นอย่างดีเสมอมา และขอขอบคุณ คุณศรัญญา มนัสการ และคุณวีรพงษ์ ทันจังหรีด รวมทั้งรุ่นพี่รุ่นน้องนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำการแก้ปัญหาจนกระทั่งการศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

ธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฑ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ด

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 กรอบแนวคิดการทำวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming) 5
2.1.1 แก๊สเรือนกระจก 6
2.1.1.1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 6
2.1.1.2 แก๊สมีเทน (CH_4) 8
2.1.1.3 แก๊สไนตรัสออกไซด์ (N_2O) 9
2.1.1.4 แก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบ (F-gases) 10
2.1.2 แนวโน้มการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของโลก 10
2.1.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย 13
2.1.4 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการทำปศุสัตว์ 16
2.1.4.1 แก๊สเรือนกระจกจากการทำปศุสัตว์ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.4.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตัวหลักจากกิจกรรมปศุสัตว์.....18
2.1.4.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญจากการเลี้ยงไก่.....19
2.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....21
2.2.1 แนวทางมาตรฐานในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....23
2.2.1.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.....23
2.2.1.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางของ PAS 2050.....25
2.3 ไก่เนื้อโคราช.....32
2.4 การเชือดไก่.....34
2.4.1 การเชือดไก่ของโรงเชือดขนาดเล็ก.....34
2.4.2 ผลผลิตที่ได้และของเสีย.....35
2.4.2.1 ผลผลิตที่ได้จากการเชือดไก่ 1 ตัน.....35
2.4.2.2 ของเสียจากการเชือดไก่ 1 ตัน.....35
2.4.3 การใช้สารเคมีและพลังงาน.....36
2.4.3.1 การใช้สารเคมี.....36
2.4.3.2 การใช้พลังงาน.....36
2.4.4 การจัดการของเสีย.....37
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....37
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....40
3.1 กำหนดกรอบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....40
3.2 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต.....42
3.2.1 การได้วัตถุดิบ.....42
3.2.1.1 การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช.....42
3.2.1.2 การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช.....54
3.2.1.3 การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช.....59
3.2.2 กระบวนการผลิต.....60
3.2.3 การจัดจำหน่าย.....62
3.2.4 การบริโภค.....63

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.5 การจัดการของเสีย....71
3.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์....72
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล....73
4.1 บัญชีรายการของกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช....73
4.1.1 การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตไข่ฟัก....73
4.1.2 การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อผลิตไข่ฟัก....74
4.1.3 การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช....76
4.1.4 การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายย่อย....80
4.1.5 การเชือดไก่เนื้อโคราช....87
4.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราช....88
4.2.1 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช....89
4.2.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชเพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกร....97
4.2.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช....103
4.2.4 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการเชือดไก่เนื้อโคราช....111
4.2.5 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการกระจายสินค้า....115
4.2.5.1 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งและการจำหน่าย....115
4.2.5.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง....115
4.2.6 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภค....117
4.2.6.1 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนการบริโภค....117
4.2.6.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่าง....117
4.2.7 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการจัดการของเสียภายหลังการบริโภค....121
4.2.8 ผลรวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช....123
4.2.9 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช....126

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.10 ผลรวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกครอบคลุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจและจากบ่อทิ้งซาก 129
4.2.11 การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 131
4.2.12 ความไม่แน่นอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช 134
4.3 แนวทางเพื่อลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช 136
4.3.1 กระบวนการผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 136
4.3.2 กระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช 136
4.3.3 กระบวนการเชือดไก่ 138
4.3.4 กระบวนการบริโภค 138
5 สรุปผลการวิจัย 139
5.1 สรุปผลการวิจัย 139
5.2 ข้อเสนอแนะ 143
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ผลงานวิจัย 143
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป 144
รายการอ้างอิง 145
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 153
ภาคผนวก ข. ข้อมูลการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช 160
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 167
ภาคผนวก ง. ระยะทางการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร 169
ภาคผนวก จ. การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช 174
ภาคผนวก ฉ. การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร 179
ภาคผนวก ช. การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช 201

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 209
ประวัติผู้เขียน 210

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แก๊สเรือนกระจก และศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ในช่วงเวลา 100 ปี 10
2.2 การคำนวณการปันส่วนในเชิงน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 30
2.3 การคำนวณการปันส่วนในมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ 31
2.4 สารเคมีที่ใช้ในโรงเชือด 36
2.5 พลังงานที่ใช้ในโรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อไก่ 36
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 38
3.1 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ 43
3.2 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการฟักไข่ 44
3.3 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการกกลูกไก่ 45
3.4 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการเลี้ยงไก่ 46
3.5 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ 50
3.6 สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น 57
3.7 การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณ 59
3.8 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการชำแหละไก่เนื้อโคราช 61
3.9 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการจัดจำหน่าย 62
3.10 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการจัดการของเสีย 71
4.1 บัญชีรายการทรัพยากรในการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช 74
4.2 บัญชีรายการในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก 75
4.3 บัญชีรายการในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 77
4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร 81
4.5 สรุปข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช 21 ราย 87
4.6 บัญชีรายการในการเชือดไก่เนื้อโคราชของโรงเชือด 88
4.7 การรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission factor) 88
4.8 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของแต่ละขั้นตอน 90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ 91
4.10 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก 92
4.11 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการฟักไข่เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช 93
4.12 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก 93
4.13 ปริมาณการปลดแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ 95
4.14 การคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ 96
4.15 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของกระบวนผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 97
4.16 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 97
4.17 แก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 98
4.18 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 99
4.19 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช 102
4.20 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยของการผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟัก และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 103
4.21 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสียในกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายที่ 1 105
4.22 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบและของเสียในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายที่ 1 106
4.23 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์ 107
4.24 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไป 107
4.25 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชภายในจังหวัดนครราชสีมา 109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.26 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชภายนอกจังหวัดนครราชสีมา....109
4.27 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของกระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช....111
4.28 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสียในกระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช....112
4.29 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย....112
4.30 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มเกษตรกรไปยังโรงเชือด....113
4.31 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบและของเสียในการเชือดไก่เนื้อโคราช....114
4.32 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่แข็ง....115
4.33 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งจากโรงเชือดถึงจุดกระจายสินค้า....116
4.34 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น....117
4.35 ความชื้นของเนื้อไก่หมักสูตรมาตรฐาน สูตรสมุนไพรไก่สด และถ่านไม้ยูคาลิปตัส....118
4.36 ค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของถ่านไม้ยูคาลิปตัส....118
4.37 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชด้วยสูตรมาตรฐาน และสูตรสมุนไพรไก่สด โดยใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง....119
4.38 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยจากการปิ้งย่างไก่ด้วยสูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สด....120
4.39 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการของเสียด้วยการฝังกลบ....121
4.40 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของเสียภายหลังการบริโภค....122
4.41 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ยตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช....123
4.42 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช....125
4.43 การประมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากการหายใจของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช....129

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.44 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยนับรวมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่และการย่อยสลายในบ่อทิ้งซาก.....129
4.45 การเปรียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราชระหว่างการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....131
5.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช 140

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย....3
2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน....5
2.2 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลก (°C) ตามปีคริสตศักราช....6
2.3 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) ในบรรยากาศ ตามปีคริสตศักราช....7
2.4 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทน (ppb) ในบรรยากาศตามปีคริสตศักราช....8
2.5 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สไนตรัสออกไซด์ (ppb) ในบรรยากาศตามปีคริสตศักราช....9
2.6 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากทั่วโลก (ล้านเมตริกตัน) ในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010)....11
2.7 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจำแนกตามแหล่งกำเนิดจากทั่วโลก (ล้านเมตริกตัน) ในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010)....12
2.8 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010)....13
2.9 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิดของประเทศไทยรวม ในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ.2011)....14
2.10 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)....15
2.11 การปลดปล่อยและการดูดกลับของแก๊สเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิด (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) พ.ศ. 2543 - 2554 (ค.ศ. 2000 - 2011)....16
2.12 การประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากสัตว์แต่ละชนิด....17
2.13 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน....20
2.14 การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์....22
2.15 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)....24
2.16 แผนภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์....26
2.17 ตัวอย่างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แบบ Business - to - Consumer....27

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.18 ตัวอย่างข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ทั่วไปของผลิตภัณฑ์....28
2.19 (ก) พ่อพันธุ์เหลืองหางขาว (ข) แม่พันธุ์ไก่แม่ มทส. และ (ค) ไก่เนื้อโคราช....32
2.20 ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์....33
2.21 ขั้นตอนการเชือดไก่ในโรงเชือดขนาดเล็ก....34
3.1 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช แบบผลิตภัณฑ์จำหน่ายไปยังผู้บริโภคสุดท้าย (B2C)....41
3.2 ลำดับการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช การใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอน และของเหลือ....42
3.3 การติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส บริเวณหน้าโรงฟักไข่....45
3.4 เครื่อง CO_2 analyzer....51
3.5 การกกลูกไก่เพิ่งฟักด้วยหลอดอินฟราเรด....51
3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่....52
3.7 การเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตัวอย่างลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์และพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช....53
3.8 กระบวนการสำคัญในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช....54
3.9 การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนจากกล่องแบบปิดและถ่ายตัวอย่างสู่ถุงเก็บแก๊ส....57
3.10 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID)....58
3.11 การตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Testo® 350....58
3.12 กระบวนการสำคัญในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช....59
3.13 กระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช....60
3.14 การชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ประมาณ 2 กรัม....65
3.15 เปิดฝาถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างก่อนนำเข้าอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อน....65
3.16 การติดตั้งอุปกรณ์ภายใต้กรวยรวบรวมแก๊สและเครื่อง Testo® 350....68
3.17 การจุดไฟถ่านที่ผ่านการชั่งน้ำหนักด้วยหัวพ่นไฟ (Torch)....69
3.18 การปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชบนตะแกรงภายใต้กรวยรวบรวมแก๊ส....69
3.19 การตรวจวัด CO_2 ความเร็วลม และอุณหภูมิภายในปล่องด้วยเครื่อง Testo® 350....70
3.20 การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง....70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 อัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช 101
4.2 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช 101
4.3 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ยตลอดวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อโคราช 124
4.4 อัตราการปลดปล่อยการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของลูกไก่เพิ่งฟัก 127
4.5 อัตราการปลดปล่อยการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของลูกไก่ อายุ 3 สัปดาห์ 127
4.6 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ ไก่เนื้อโคราช 128
4.7 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อโคราชครอบคลุม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่และการย่อยสลายในบ่อทิ้งซาก 130
4.8 องค์ประกอบของความไม่แน่นอน 134
5.1 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากแต่ละกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช 141

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AAFC	=	Agriculture and Agri - Food Canada
AD	=	Activity data
BSI	=	British Standard Institute
B2B	=	Business - to - Business
B2C	=	Business - to - Consumer
CAC	=	Clear About Carbon
CF	=	Carbon Footprint
EEA	=	European Environment Agency
EF	=	Emission factor
FAO	=	Food and Agriculture Organization
GHG	=	Greenhouse gases
GWP	=	Global Warming Potential
IPCC	=	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	=	International Organization for Standardization
LCA	=	Life cycle assessment
LULUCF	=	Land Use, Land Use Change and Forestry
NASA	=	National Aeronautics and Space Administration
ONEP	=	Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning
PAS 2050	=	Publicly Available Specification 2050
U.S. EPA	=	United States Environmental Protection Agency
BOD	=	ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี
CH_4	=	แก๊สมีเทน
CO_2	=	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
CO_2-eq	=	คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
FU	=	หน่วยการทำงาน
GC-FID	=	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$GtCO_2$-eq	=	กิกกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
g/m^2hr	=	กรัมต่อตารางเมตรชั่วโมง
HFCs	=	แก๊สไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน
kg CH_4	=	กิโลกรัมมีเทน
kg CO_2	=	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์
kg CO_2-eq	=	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
km	=	กิโลเมตร
kWh	=	กิโลวัตต์ชั่วโมง
L	=	ลิตร
LPG	=	แก๊สหุงต้ม
m	=	เมตร
m^2	=	ตารางเมตร
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
m^3/kg	=	ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม
mg/m^2hr	=	มิลลิกรัมต่อตารางเมตรชั่วโมง
$MtCO_2$-eq	=	ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
N_2O	=	แก๊สไนตรัสออกไซด์
PFCs	=	แก๊สเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน
ppb	=	ส่วนในพันล้านส่วน
ppm	=	ส่วนในล้านส่วน
SF_6	=	แก๊สซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์
TSS	=	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด
tkm	=	ตันกิโลเมตร
สกว.	=	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
มทส.	=	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายประเด็น อาทิ ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น น้ำในมหาสมุทรมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอด และอาจมีการสูญพันธุ์ในบางชนิด เป็นต้น นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่คาดว่ามีสาเหตุหลักมาจากระดับของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศที่เพิ่มมากขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ และเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ที่อาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในระดับโลก (Franchetti and Apul, 2013) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 อยู่ในลำดับที่ 21 ของโลก (World Resources Institute, 2015) มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิประมาณ 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมีการปล่อยจากภาคพลังงานมากที่สุดร้อยละ 72.79 ตามด้วยภาคการเกษตรร้อยละ 17.32 ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมร้อยละ 5.97 ภาคของเสียร้อยละ 3.74 และภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้มีศักยภาพการดูดกลับ -70.94 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning [ONEP], 2015)

ภาคการเกษตรเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญ กิจกรรมทางปศุสัตว์ในภาคการเกษตรที่สำคัญคือการเลี้ยงไก่เนื้อ ในช่วง พ.ศ. 2559 - 2561 มีการผลิตเนื้อไก่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.45 ต่อปี จากข้อมูลของปี พ.ศ. 2561 พบว่ามีการผลิตไก่เนื้อประมาณ 1,594.47 ล้านตัว มากกว่าปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นร้อยละ 13.35 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ทั้งนี้ การผลิต “ไก่เนื้อโคราช” เป็นความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) กับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และกรมปศุสัตว์ ที่วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ไก่ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพในระดับของวิสาหกิจชุมชน “ไก่เนื้อโคราช” เป็นไก่ลูกผสมระหว่างพ่อพันธุ์เป็นไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว และแม่พันธุ์ไก่สายพันธุ์ มทส. มีลักษณะเด่น คือ มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าไก่พื้นเมืองและมีรสชาติของเนื้อใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง จึงทำให้ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคและเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ (วิทวัช โมพี, 2557)

ไก่เนื้อโคราช ถูกปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เกษตรกรใช้ประกอบอาชีพ การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อให้การผลิตไก่เนื้อโคราชเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจึงมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อย

แก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ และนำไปสู่วิธีการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช รวมทั้งใช้ในการสื่อสารทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยการใช้หลักของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช

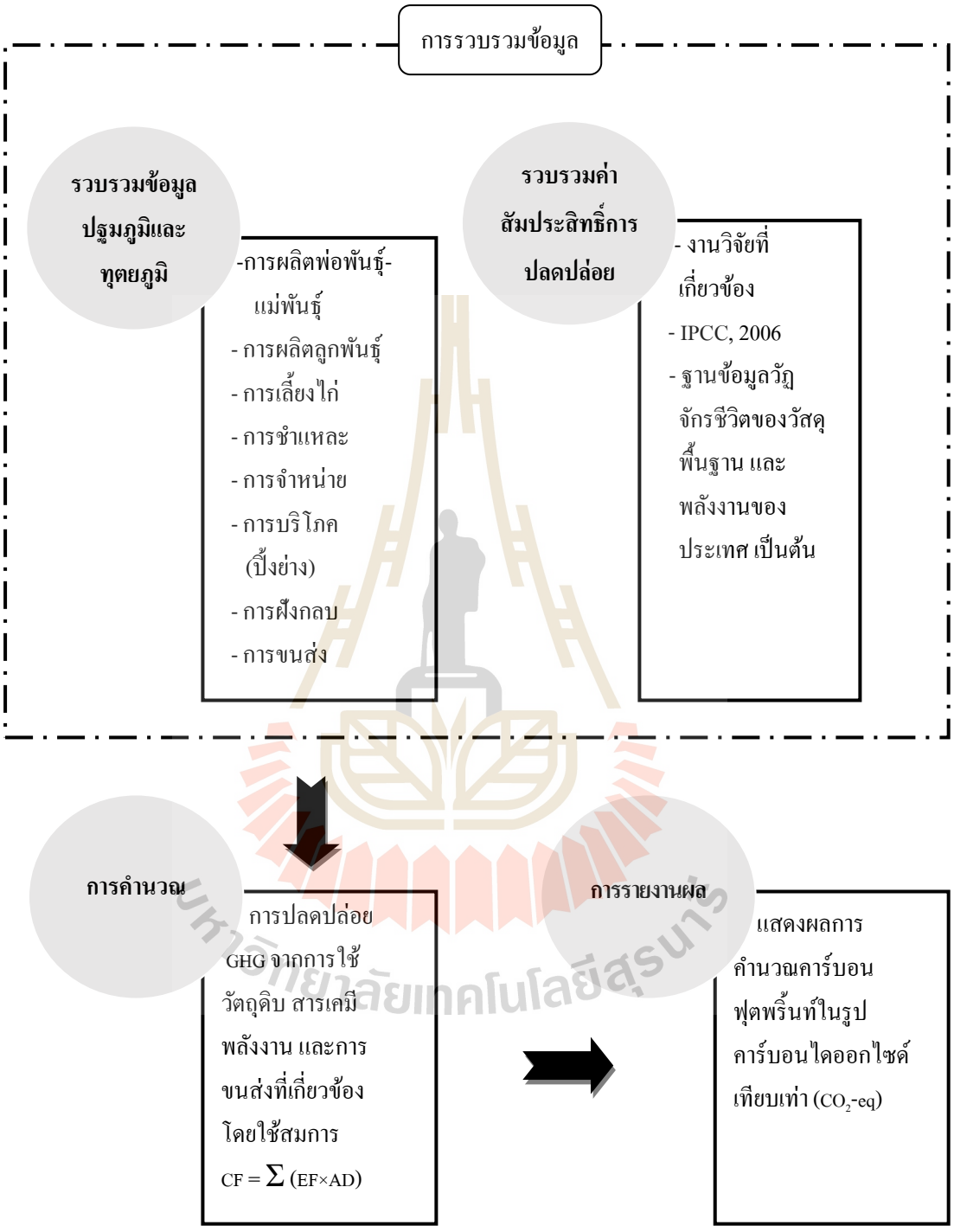
1.2.2 เพื่อเสนอแนะแนวทางลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราชใช้วิธีการมาตรฐาน PAS 2050 มีการใช้กระบวนการประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) เป็นเครื่องมือประเมินคาร์บอนที่ปลดปล่อยจากผลิตภัณฑ์บนฐานองค์กรธุรกิจไปสู่ผู้บริโภค (Business - to - Consumer: B2C) ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน (บริโภค) และการกำจัดของเสียภายหลังการบริโภค ซึ่งครอบคลุมถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แก๊สมีเทน (CH_4) แก๊สไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) แก๊สเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และแก๊สซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของไก่เนื้อโคราชรวมทั้งการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช ภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชโดยการเก็บข้อมูลจากตัวแทนเกษตรการผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช รวมทั้งการจำลองการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชเพื่อประมาณการการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการบริโภคของผู้บริโภค ซึ่งการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงผลในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2-eq) ต่อกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์

1.4 กรอบแนวคิดการทำวิจัย



รูปที่ 1.1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนในการผลิตไก่เนื้อโคราชและสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาจัดทำมาตรฐานหรือวิธีการเพื่อปรับปรุงขั้นตอนในการผลิตให้มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกลดน้อยลง

1.5.2 นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช

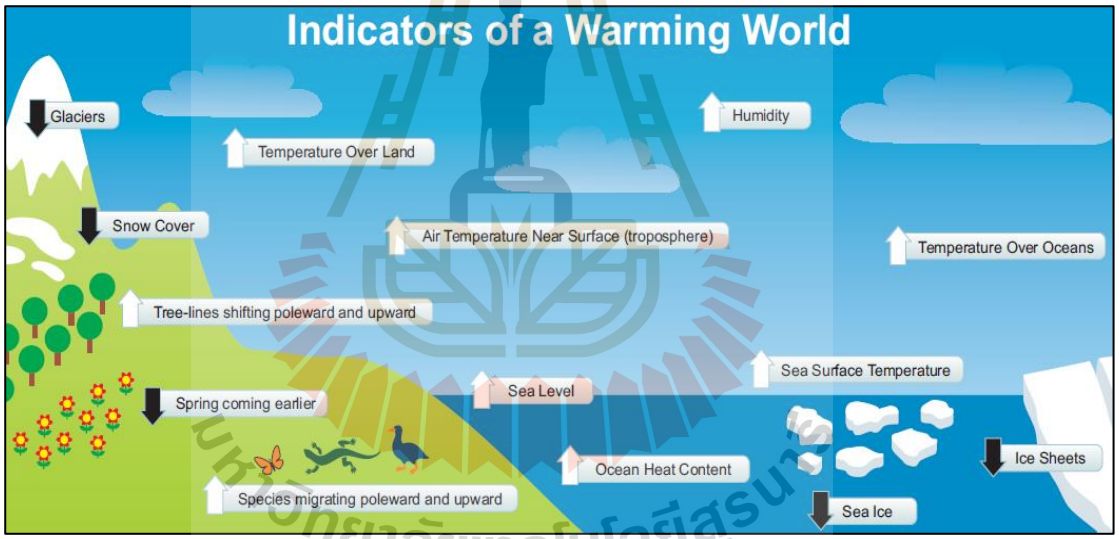
1.5.3 เป็นการสื่อสารข้อมูลของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชให้แก่ผู้บริโภคได้ตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

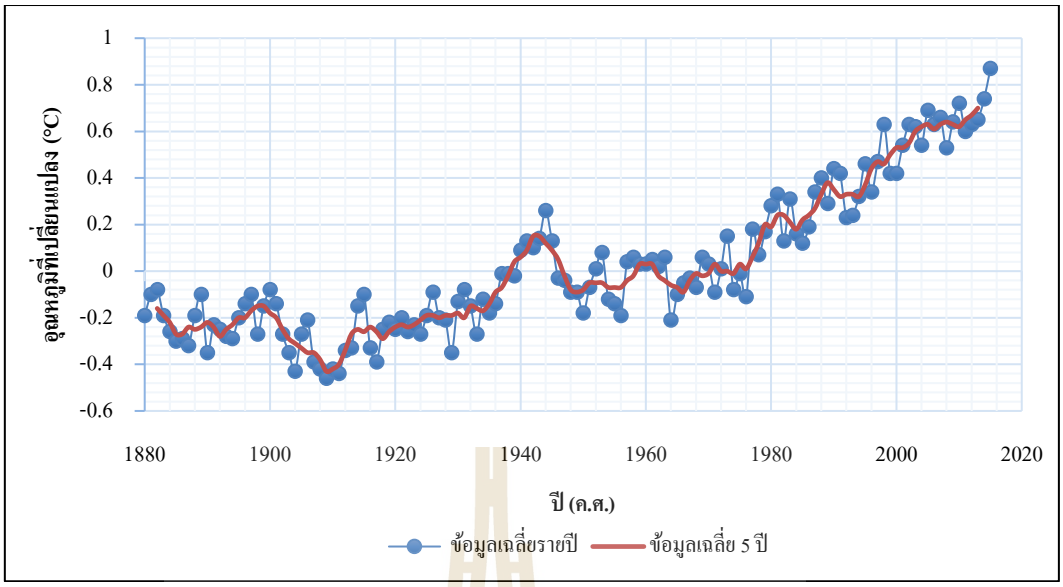
2.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน เป็นปรากฏการณ์จากอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นของอากาศพื้นผิวโลก กิจกรรมของมนุษย์ทำให้มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gases) รวมทั้งละอองไอออกสู่บรรยากาศ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การทำลายป่าไม้ ส่งผลให้มีระดับของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศสูงขึ้นทำให้กระทบต่อการสะท้อนกลับและการเก็บกักของรังสีอินฟราเรดในบรรยากาศของโลก นำไปสู่การเกิดภาวะเรือนกระจก (กระทรวงพลังงาน, 2557; Belic, 2006)



รูปที่ 2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน (Cook, 2010)

รูปที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ที่เกี่ยวเนื่องกับภาวะโลกร้อน เช่น การละลายของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกและธารน้ำแข็ง ซึ่งจากการละลายของธารน้ำแข็งดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (Church et al., 2008; Velicogna, 2009) ภาวะโลกร้อนยังส่งผลกระทบต่อฤดูกาลที่อาจเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งยังส่งผลต่อการลดลงของทะเลน้ำแข็ง (Ice sea) และธารน้ำแข็งที่ปกคลุมเทือกเขา (Glaciers) แนวโน้มของอุณหภูมิพื้นผิวโลกที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลก (°C) ตามปีคริสตศักราช (NASA, 2016)

ระหว่างปี พ.ศ. 2423 - 2558 (ค.ศ. 1880 - 2015) อุณหภูมิของพื้นผิวโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณ 0.84 องศาเซลเซียส จากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ 135 ปี พบว่าในช่วง 10 ปีที่มีอุณหภูมิสูงเกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ถึงปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงที่สุด 0.87 องศาเซลเซียสนับตั้งแต่มีการเก็บข้อมูล การคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกในอีก 50 และ 100 ปีข้างหน้า จะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอยู่ในช่วง 0.6 - 2.5 และ 1.4 - 5.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Belic, 2006; National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2016)

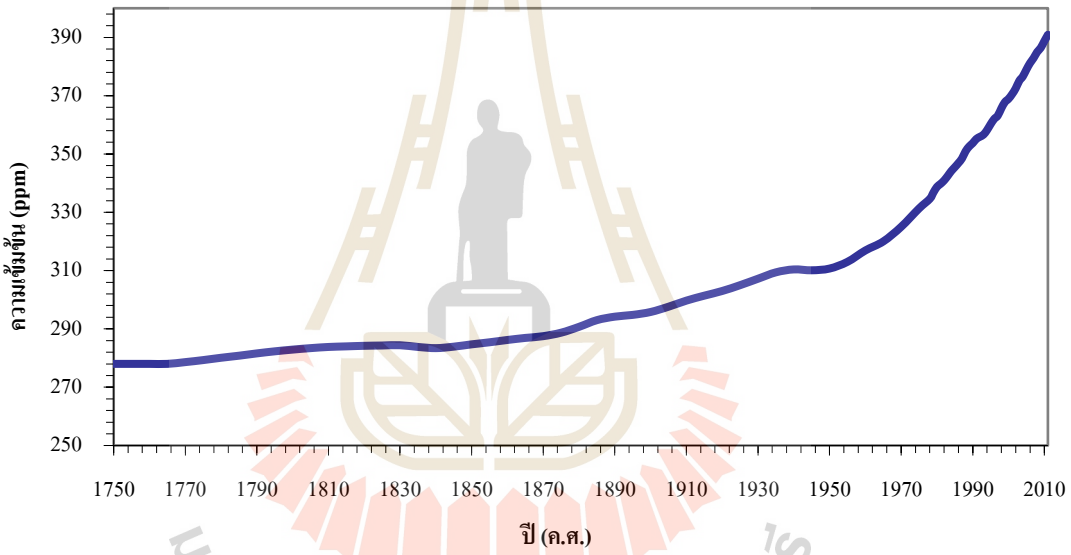
2.1.1 แก๊สเรือนกระจก

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศส่งผลต่อ ความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความสมดุลของการถ่ายโอนพลังงานระหว่างชั้นบรรยากาศ พื้นผิวโลก และพื้นผิวมหาสมุทร (Belic, 2006) การปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจ จำนวนประชากร การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญมีดังนี้

2.1.1.1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดอาจจำแนกเป็น 2 แหล่ง คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic emission) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งได้มาจากการกลั่นแยกลำดับส่วนจากปิโตรเลียมซึ่งพบอยู่ในชั้นดินใต้พื้นผิวโลก การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น แก๊สธรรมชาติ น้ำมัน รวมถึงการเผาไหม้มูลฝอย ต้นไม้หรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากไม้ และผลพลอยได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิต

ปูนซีเมนต์ ทำให้มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศซึ่งส่งผลทำให้เกิดการรบกวนสมดุลของวัฏจักรคาร์บอนในธรรมชาติ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ (Naturogenic emission) จากการหายใจของพืช และสัตว์ การย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ในระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศทางทะเล รวมทั้งการเกิดภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกำจัดออกจากบรรยากาศได้ด้วยวิธีการทางธรรมชาติ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอนในเชิงชีวภาพ นอกจากนี้ การทำลายป่าไม้เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการเสียความสมดุลทางระบบนิเวศส่งผลให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น (กระทรวงพลังงาน, 2557; United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2016; National Academy of Sciences, 2014)



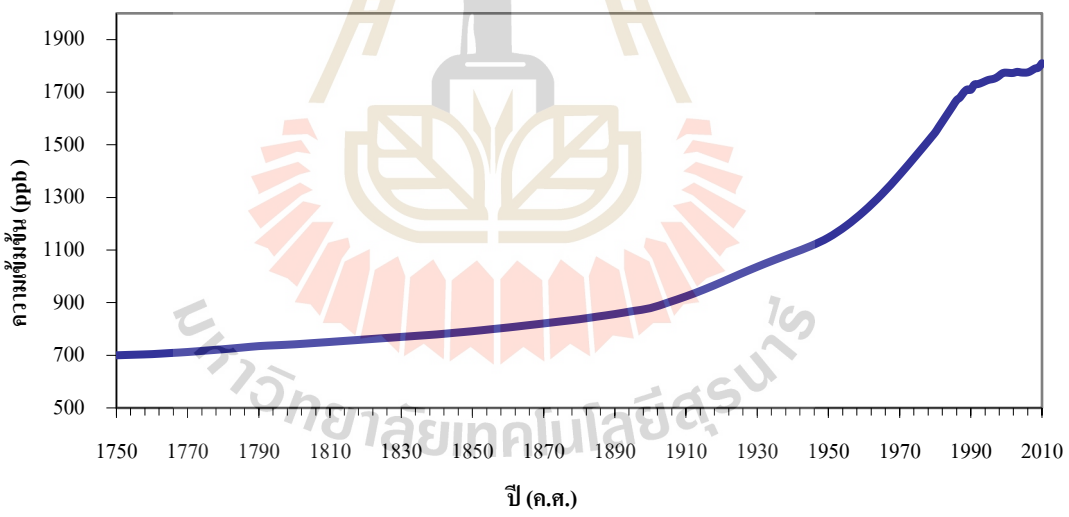
รูปที่ 2.3 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) ในบรรยากาศตามปีคริสตศักราช (EEA, 2015)

รูปที่ 2.3 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศในช่วงเวลาก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม มีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศประมาณ 280 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และในปี พ.ศ. 2542 (ค.ศ.1999) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศอยู่ในระดับ 367 ppm คิดเป็นร้อยละ 31 ของการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ สาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2001) และในปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) พบว่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 389 ppm (European

Environment Agency [EEA], 2015) นอกจากนี้ ข้อมูลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ จัดทำโดยองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA, 2016) แสดงให้เห็นว่าในเดือนมิถุนายนปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ.2014) มีความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 398.83 ppm ต่อมาในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ.2015) มีความเข้มข้นเท่ากับ 400.47 ppm และในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2559 (ค.ศ.2016) มีความเข้มข้นเท่ากับ 404.48 ppm ตามลำดับ (NASA, 2016)

2.1.1.2 แก๊สมีเทน (CH_4)

แก๊สมีเทนจากกิจกรรมของมนุษย์มาจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ และน้ำมันเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต การขนส่ง กิจกรรมทางการเกษตร เช่น การปศุสัตว์มีการปลดปล่อยแก๊สสัตว์ แก๊สมีเทนมีแหล่งกำเนิดในธรรมชาติจากการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิต หรือการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินรวมทั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยชุมชนจากหลุมฝังกลบ (กระทรวงพลังงาน, 2557; U.S. EPA, 2016) แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศแสดงในรูปที่ 2.4



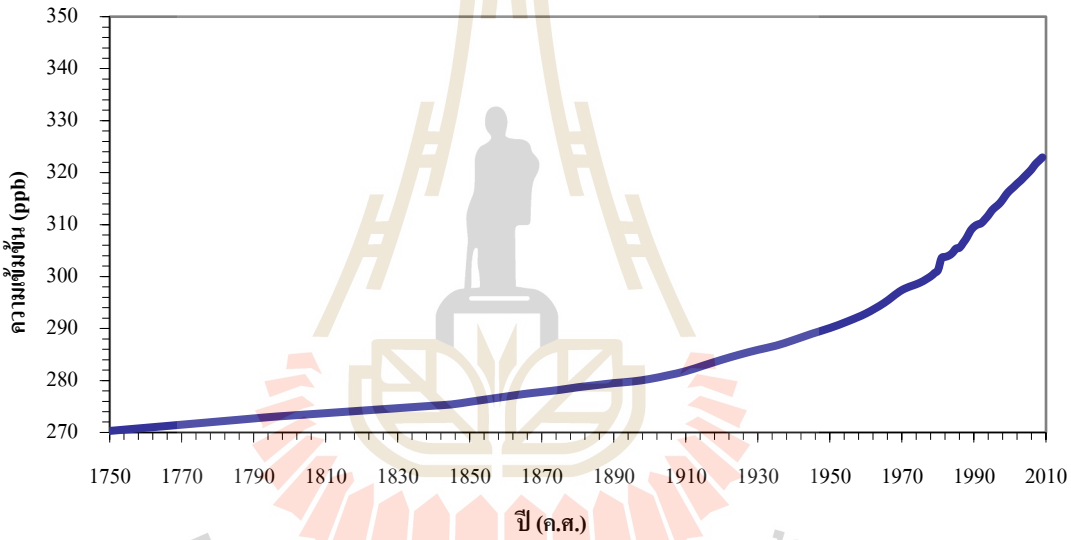
รูปที่ 2.4 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทน (ppb) ในบรรยากาศตามปีคริสตศักราช (EEA, 2015)

แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทนในบรรยากาศปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ.2010) พบว่าความเข้มข้นของแก๊สมีเทนในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 1,810 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) การเพิ่มขึ้นดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 159 เมื่อเทียบกับระดับก่อนมีการปฏิวัติอุตสาหกรรม (EEA, 2015) นอกจากนี้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) พบว่าค่าเฉลี่ยของแก๊สมีเทนมีระดับ 1,620 ppb และมีค่าเพิ่มขึ้น

เป็น 1,800 ppb ในปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) (NASA, 2016) และแก๊สมีเทนในบรรยากาศส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ มากกว่าจากธรรมชาติ (IPCC, 2001)

2.1.1.3 แก๊สไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

แก๊สไนตรัสออกไซด์ เป็นแก๊สที่ถูกปลดปล่อยจากการการใช้ปุ๋ยในการเกษตร และกิจกรรมในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต หรืออุตสาหกรรมการผลิตกรดไนตริก กรดกำมะถัน และการชุบโลหะ รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและมูลฝอย แก๊สไนตรัสออกไซด์เกิดได้เองในธรรมชาติ เช่น ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ และภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น (กระทรวงพลังงาน, 2557; U.S. EPA, 2016) แนวโน้มของการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ออกสู่บรรยากาศของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นดังแสดงได้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแก๊สไนตรัสออกไซด์ (ppb) ในบรรยากาศตาม ค.ศ. (EEA, 2015)

แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของแก๊สไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2293 (ค.ศ. 1750) ซึ่งยังไม่มีการพัฒนาอุตสาหกรรม จนถึงปี พ.ศ. 2541 (ค.ศ. 1998) พบว่ามีความเข้มข้นของแก๊สไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศเท่ากับ 270 - 314 ppb ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 (Belic, 2006) และในปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ.2010) พบว่าความเข้มข้นของแก๊สไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 323 ppb การเพิ่มขึ้นดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับระดับก่อนมีการปฏิวัติอุตสาหกรรม (EEA, 2015)

2.1.1.4 แก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบ (F-gases)

แก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบถูกปลดปล่อยมาจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ได้แก่ แก๊สไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) แก๊สเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) แก๊สซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และแก๊สไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) สารบางชนิดทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ เช่น คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HCFCs) ฮาลอน (Halons) แม้ว่าแก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบจะมีอัตราการปลดปล่อยออกมาในปริมาณต่ำ แต่มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง (Global Warming Potential: GWP) ซึ่งค่า GWP คือ ค่าอ้างอิงถึงผลกระทบของแก๊สเรือนกระจกที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยเปรียบเทียบกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลา 100 ปี

แก๊สแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโมเลกุลและอายุของแก๊สในบรรยากาศ แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แก๊สเรือนกระจก และศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ในช่วงเวลา 100 ปี [(1)]

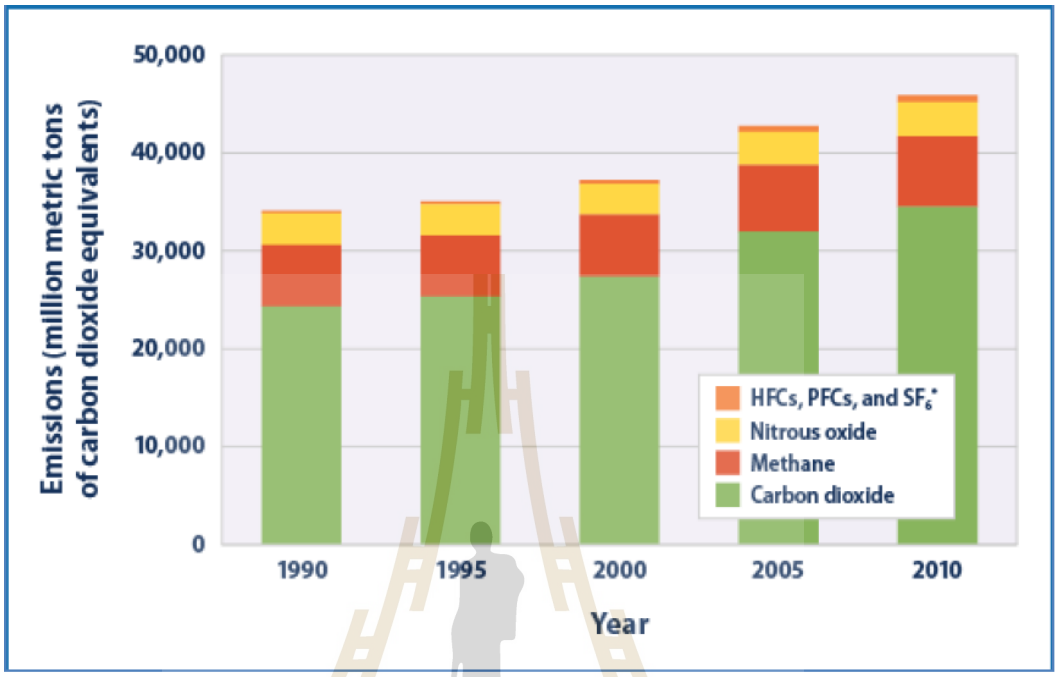
แก๊สเรือนกระจก	อายุแก๊สในชั้นบรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงเวลา 100 ปี
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	50 - 200	1
มีเทน (CH_4)	12	28
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	114	265
แก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบ (F-gases)		
- ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	1 - 270	4 - 12,400
- เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	2,600 - 50,000	6,630 - 11,100
- ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	3,200	23,500
- ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	740	16,100

[(1)] หมายเหตุ จาก U.S. EPA, 2016, Belic, 2006 และ IPCC, 2014

2.1.2 แนวโน้มการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของโลก

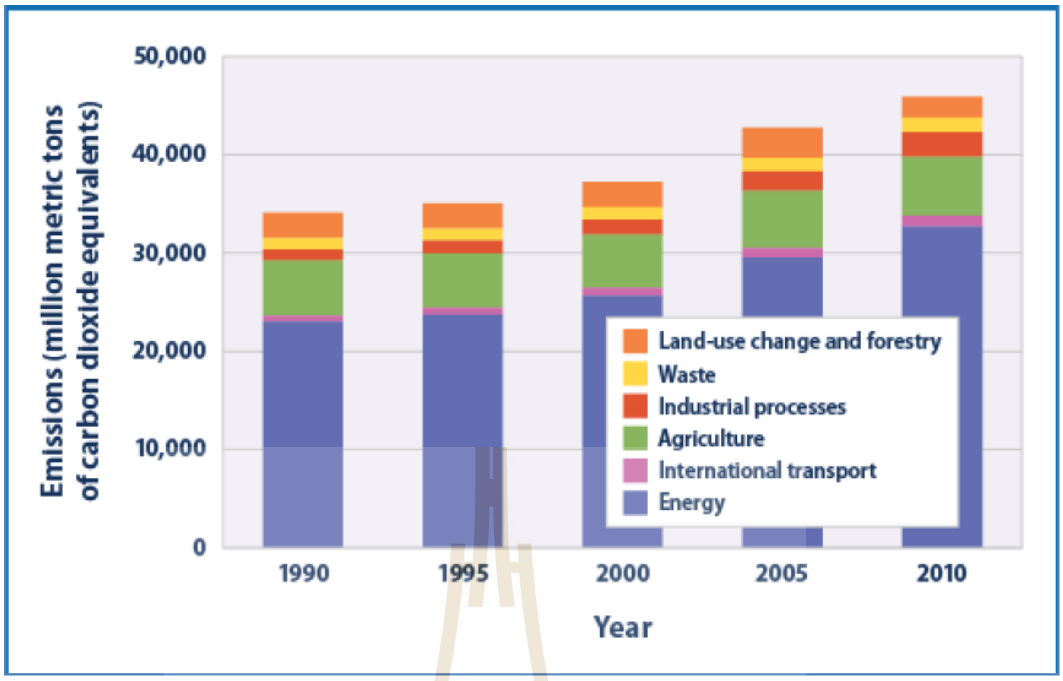
กิจกรรมของมนุษย์หลายชนิดมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เช่น การทำลายพื้นที่ป่าไม้เพื่อสร้างฟาร์มหรือพื้นที่เพาะปลูก การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล อุตสาหกรรม ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงความสมดุลของพลังงานบนโลกและสภาพภูมิอากาศ และจากสถานการณ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากทั่วโลกในปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) มีประมาณ 46 พันล้านตัน

ของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2533 (ค.ศ. 1990) (U.S. EPA, 2014) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากทั่วโลก (ล้านเมตริกตัน) ในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) (U.S. EPA, 2014)

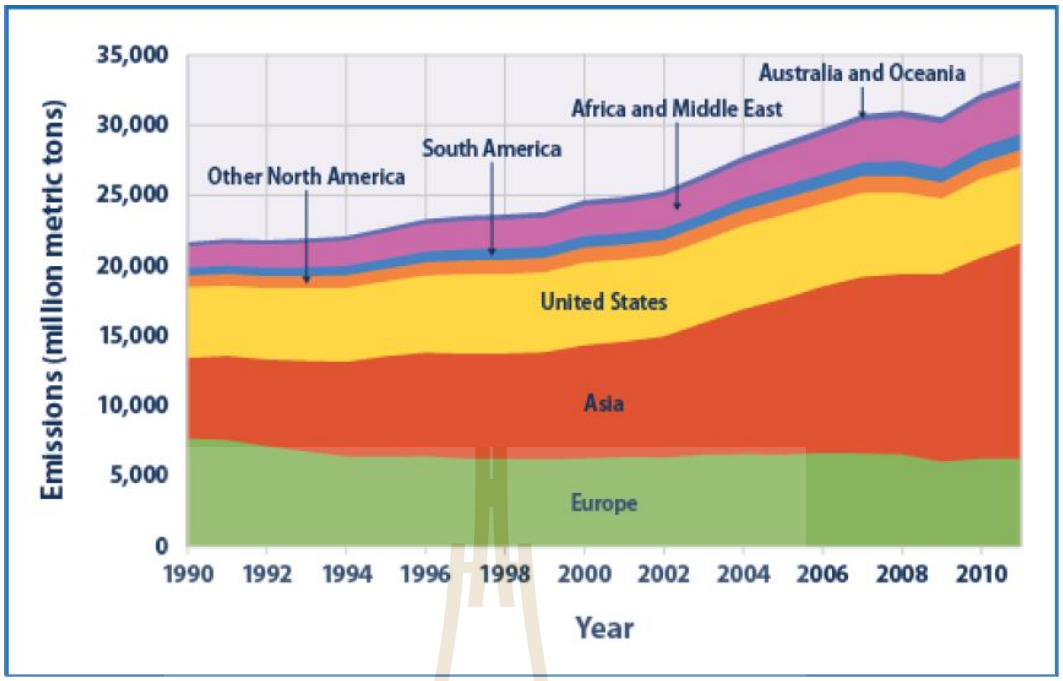
ในช่วง พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 42 คิดเป็น 3 ใน 4 ของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ส่วนแก๊สมีเทนมีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 และแก๊สไนตรัสออกไซด์ มีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 9 นอกจากนั้นอัตราการปลดปล่อยของแก๊สที่มีฟลูออรีนเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้นจากเดิมสองเท่า ข้อมูลข้างต้นได้ครอบคลุมถึงการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและ พื้นที่ป่าไม้ (U.S. EPA, 2014) นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกแหล่งที่มาของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่และปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจำแนกตามแหล่งกำเนิดจากทั่วโลก (ล้านเมตริกตัน) ในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) (U.S. EPA, 2014)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากทั่วโลกจำแนกตามแหล่งกำเนิดในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) ดังนี้ การผลิตหรือการใช้พลังงาน การขนส่งระหว่างประเทศ เกษตรกรรม กระบวนการในอุตสาหกรรม การจัดการของเสีย และการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่ป่าไม้ พบว่า การผลิตหรือการใช้พลังงานรวมถึงการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุด จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) คิดเป็นร้อยละ 71 ของแหล่งกำเนิดทั้งหมด และแหล่งที่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรองลงมา คือ เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 13 ตามลำดับ (U.S. EPA, 2014)

นอกจากนี้การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละภูมิภาคมีแนวโน้มแตกต่างออกไปตามจำนวนประชากร สภาพของเศรษฐกิจ และการใช้พลังงาน เป็นต้น แนวโน้มการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 2.8

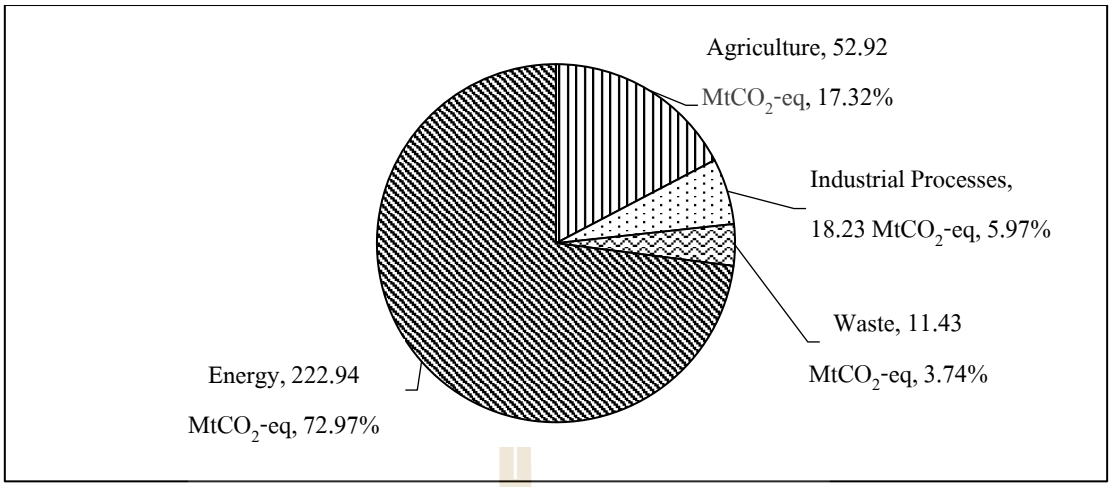


รูปที่ 2.8 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) (U.S. EPA, 2014)

ในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2553 (ค.ศ. 1990 - 2010) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศและเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในบางภูมิภาคของโลก พบว่าสามภูมิภาคหลักที่มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก คือ เอเชีย ยุโรป และสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของ สามภูมิภาคหลักคิดเป็นร้อยละ 82 ของการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของโลกในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) ทั้งนี้ ไม่คลอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ (Land Use, Land Use Change and Forestry: LULUCF) (U.S. EPA, 2014)

2.1.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย

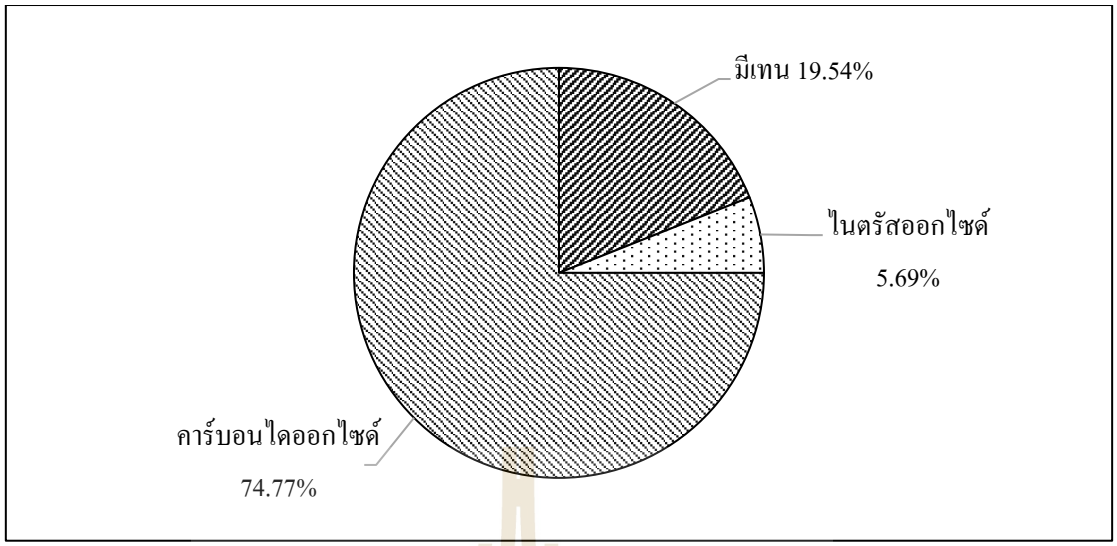
ในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) พบว่ามีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมของประเทศ 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2$- eq) หน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2- eq) เกิดจากการคำนวณระหว่างแก๊สเรือนกระจกคูณกับค่า GWP 100 ปี แหล่งกำเนิดหลักมาจากการใช้และการผลิตพลังงาน กระบวนการทางอุตสาหกรรม กิจกรรมทางการเกษตร การจัดการของเสีย และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิดของประเทศไทยรวมในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ.2011) (ONEP, 2015)

การใช้และการผลิตพลังงานมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 222.94 $MtCO_2$-eq คิดเป็นร้อยละ 72.97 รองลงมาคือ กิจกรรมทางการเกษตร 52.92 $MtCO_2$-eq คิดเป็นร้อยละ17.32 และกระบวนการทางอุตสาหกรรม 18.23 $MtCO_2$-eq คิดเป็นร้อยละ 5.97 การจัดการของเสีย 11.43 $MtCO_2$-eq คิดเป็นร้อยละ 3.74 การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ 43.19 $MtCO_2$-eq และมีค่าศักยภาพการดูดกลับแก๊สในบรรยากาศของป่าไม้เท่ากับ -114.13$MtCO_2$-eq จึงส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมของประเทศลดลงจากเดิม 305.52 $MtCO_2$-eq เป็น 234.58 $MtCO_2$-eq ตามลำดับ (ONEP, 2015) สัดส่วนของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญภายในประเทศแสดงในรูปที่ 2.10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

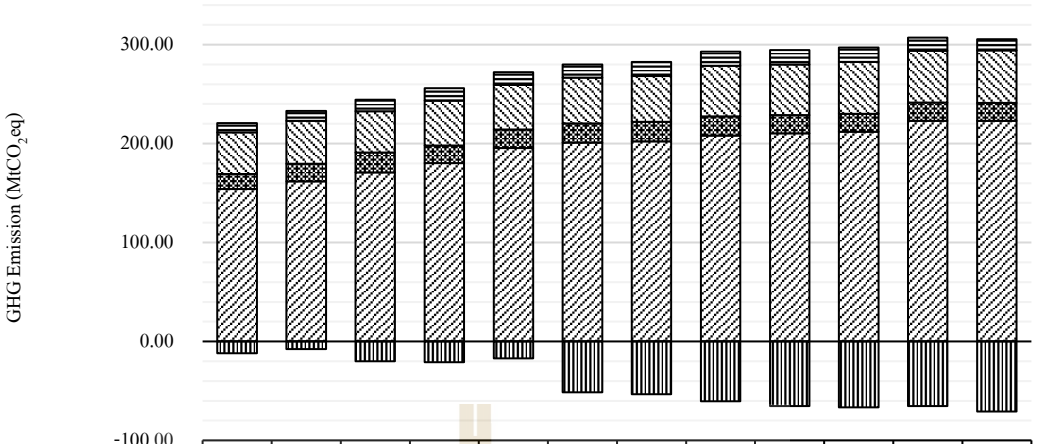


รูปที่ 2.10 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ.2011) (ONEP, 2015)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีการปลดปล่อยมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 74.77 มีแหล่งการปลดปล่อยมาจากการใช้และการผลิตพลังงาน รองลงมาคือ การปลดปล่อยแก๊สมีเทนและแก๊สไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมทางการเกษตรและการจัดการของเสีย คิดเป็นร้อยละ 19.54 และ 5.69 ตามลำดับ (ONEP, 2015)

สถานการณ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2554 (ค.ศ. 2000 - 2011) ในช่วงระยะเวลา 11 ปี ซึ่งมีแนวโน้มการปลดปล่อย และการดูดกลับของแก๊สเรือนกระจกดังแสดงในรูปที่ 2.11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Waste	9.46	10.13	11.44	12.62	12.98	13.20	13.99	14.29	14.85	14.78	13.35	11.43
LULUCF	-12.00	-7.72	-20.18	-20.99	-17.26	-51.55	-53.47	-60.52	-65.34	-66.69	-65.26	-70.94
Agiculture	41.91	43.21	41.85	45.35	44.93	46.29	46.40	50.98	51.00	52.24	52.32	52.92
Industrial Processes	15.40	17.70	20.00	17.84	19.06	19.56	19.81	19.56	18.55	18.40	18.45	18.23
Energy	153.96	161.95	170.90	180.18	195.34	200.92	202.24	208.09	210.25	211.83	223.02	222.94

รูปที่ 2.11 การปลดปล่อยและการดูดกลับของแก๊สเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิด (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) พ.ศ. 2543 - 2554 (ค.ศ. 2000 - 2011) (ONEP, 2015)

ในช่วง พ.ศ. 2543 - 2554 (ค.ศ. 2000 - 2011) รวม 11 ปี การใช้และการผลิตพลังงาน และอุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.32 และ 2.67 ต่อปี ตามลำดับ และจากแนวโน้มการปลดปล่อยแก๊สเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกปีอัตราการดูดกลับของแก๊สจากส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ (LULUCF) มีส่วนช่วยอย่างมากในการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์และการเพิ่มจำนวนป่าไม้ รวมไปถึงการบริหารจัดการทรัพยากรการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ (ONEP, 2015)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของกิจกรรมทางการเกษตรพบว่า อยู่ในลำดับที่สองของการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิด ในการทบทวนวรรณกรรมจึงเน้นการทำปศุสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางการเกษตร

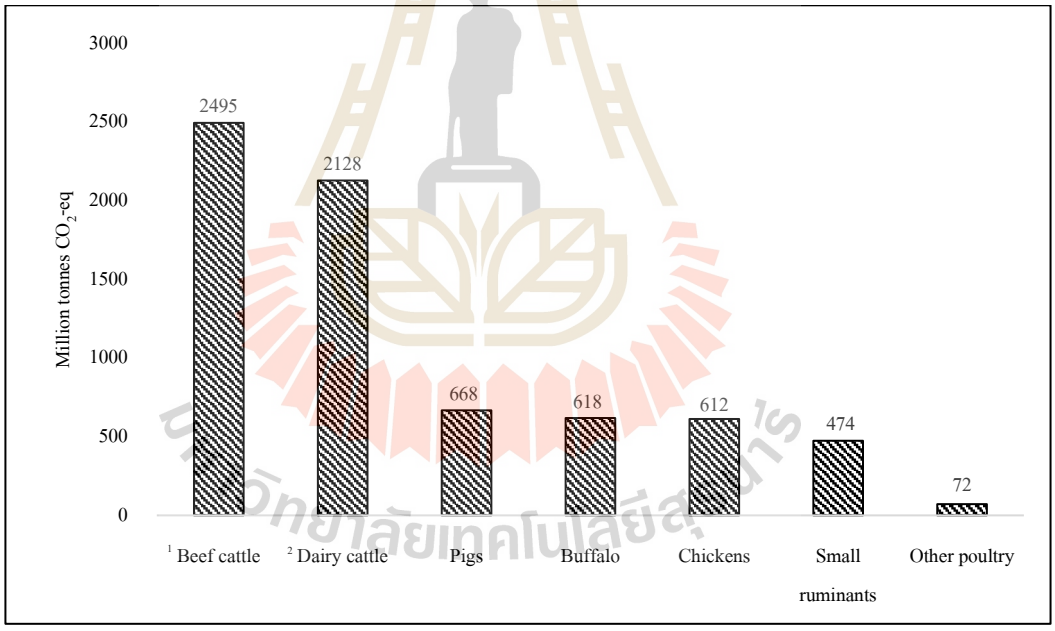
2.1.4 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการทำปศุสัตว์

การปศุสัตว์มีความสำคัญต่อการเป็นแหล่งอาหารของประชากรโลก ผลิตภัณฑ์จากการทำปศุสัตว์ให้พลังงานร้อยละ 17 และโปรตีนร้อยละ 33 แก่ผู้บริโภคทั่วโลก แต่การทำปศุสัตว์มีการใช้

พลังงาน และการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงสัตว์ ชนิดและปริมาณแก๊สเรือนกระจกในการทำปศุสัตว์มีรายละเอียด ดังนี้

2.1.4.1 แก๊สเรือนกระจกจากการทำปศุสัตว์

ห่วงโซ่อุปทานของการทำปศุสัตว์ทั่วโลกในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 2 กิกกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ($GtCO_2$-eq) หรือร้อยละ 5 ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ส่วนแก๊สมีเทนมีการปลดปล่อย 31 $GtCO_2$-eq หรือร้อยละ 44 ของแก๊สมีเทนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ และแก๊สไนตรัสออกไซด์มีการปลดปล่อย 2 $GtCO_2$-eq หรือร้อยละ 53 ของแก๊สไนตรัสออกไซด์เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (IPCC, 2007) ซึ่งการทำปศุสัตว์มีการเลี้ยงสัตว์หลายชนิด แต่ละชนิดมีแนวโน้มการปล่อยแก๊สเรือนกระจกแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.12



หมายเหตุ : เป็นการคาดการณ์การปลดปล่อยแก๊สจากผลิตภัณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ และการให้บริการที่เกี่ยวข้อง

[1] ครอบคลุมถึงการผลิตเนื้อ และผลพลอยได้ที่ไม่สามารถบริโภคได้

[2] ครอบคลุมถึงการผลิตเนื้อ และนม รวมทั้งผลพลอยได้ที่ไม่สามรถบริโภคได้

รูปที่ 2.12 การประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากสัตว์แต่ละชนิด (FAO, 2013)

การทำปศุสัตว์เกี่ยวกับเนื้อวัวมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดประมาณ 2,495 $MtCO_2$-eq รองลงมาคือ การทำปศุสัตว์ประเภทผลิตภัณฑ์นม มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2,128 $MtCO_2$-eq ส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาก สุกร กระบือ ไก่ และสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก รวมไปถึงสัตว์ปีกชนิดอื่น ๆ มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยประมาณดังนี้ 668, 618, 612, 474 และ 72 $MtCO_2$-eq ตามลำดับ การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของ สุกร เป็ด ไก่ และกระบือ รวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก มีระดับการปลดปล่อยแก๊สอยู่ในช่วงร้อยละ 7 - 10 ของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการทำปศุสัตว์ (Food and Agriculture Organization [FAO], 2013) นอกจากนี้ แหล่งกำเนิดของแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญในการปศุสัตว์มาจากกิจกรรมที่แตกต่างกัน เช่น การใช้พลังงาน การจัดการมูลสัตว์

2.1.4.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตัวหลักจากกิจกรรมปศุสัตว์

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากปศุสัตว์ มาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงาน การจัดการมูลสัตว์ และการผลิตอาหาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การใช้พลังงาน ห่วงโซ่อุปทานในการปศุสัตว์ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตอาหารสัตว์ โดยเริ่มตั้งแต่การใช้พลังงานในการผลิตปุ๋ย และการใช้เครื่องจักรในการจัดการพืชผลทางการเกษตร เช่น การเก็บเกี่ยว และการขนส่ง รวมทั้งการใช้พลังงานในส่วนของการผลิตสัตว์ ซึ่งใช้พลังงานโดยตรง คือ การใช้เครื่องจักรในการควบคุมการผลิต หรือการใช้โดยอ้อมสำหรับการสร้างอาคาร และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และการใช้พลังงานในการขนส่งสินค้าเกี่ยวกับสัตว์

กระบวนการผลิตอาหารและการขนส่ง มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สไนตรัสออกไซด์ โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยมาจากการขยายพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชพันธุ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ และทุ่งเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตปุ๋ย และการขนส่งอาหาร และการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการให้ปุ๋ยกับพืชที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ การทิ้งมูลสัตว์โดยตรงบนทุ่งเลี้ยงสัตว์ หรือการจัดการในการใช้ประโยชน์มูลสัตว์ในพื้นที่การเกษตร ซึ่งการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์แบบทางตรงและทางอ้อมนั้น มีความผันแปรอย่างมาก ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้นในช่วงเวลานั้น ๆ และปริมาณในการใช้ปุ๋ย หรือมูลสัตว์

การจัดการมูลสัตว์ มีการปลดปล่อยแก๊สมีเทน และไนตรัสออกไซด์ ระหว่างกระบวนการจัดการ และการกักเก็บ ซึ่งสารอินทรีย์ในมูลสัตว์สามารถเปลี่ยนรูปให้กลายเป็นแก๊สมีเทน และไนโตรเจน เหนี่ยวนำทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ นอกจากนี้ แก๊สมีเทนถูกปลดปล่อยจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ และในระหว่างการจัดการมูล

สัตว์ และการกักเก็บ ทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจนในรูปของแก๊สแอมโมเนียจำนวนมาก ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศได้

การหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ ทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สมีเทน ซึ่งมีสาเหตุจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แกะ และแพะ ในรูเมนมีแบคทีเรียช่วยย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นโมเลกุลเล็กลง เพื่อให้ร่างกายของสัตว์ดูดซึมสารอาหารดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้ และกระบวนการดังกล่าวจะได้แก๊สมีเทนออกมาเป็นผลพลอยได้ และสัตว์ที่ไม่ได้อยู่ในประเภทสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น หมู มีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนเช่นกันแต่ในปริมาณต่ำ เมื่อเทียบกับกลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้อง (FAO, 2013)

2.1.4.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญจากการเลี้ยงไก่

แก๊สเรือนกระจกตัวหลักที่ถูกปลดปล่อยมาจากการเลี้ยงไก่ที่สำคัญ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทนและไนตรัสออกไซด์

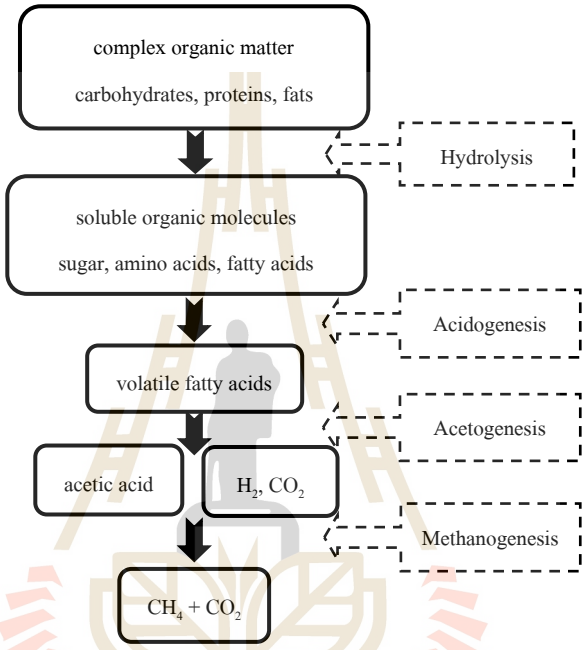
การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มาจากกิจกรรมภายในฟาร์ม เช่น การขนสิ่งของภายในฟาร์ม การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้ระบายอากาศ การให้ความร้อนในการฟักไข่ และการให้แสงสว่าง (Agriculture and Agri - Food Canada [AAFC], 1991) นอกจากนี้กระบวนการที่เกี่ยวข้องในการผลิตอาหารสัตว์มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คือ กระบวนการผลิตแร่ธาตุและการสังเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการเติมแต่งอาหารซึ่งรวมถึงปูนขาวซึ่งใช้โรยพื้นโรงเรือน กระบวนการให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบทางการเกษตรซึ่งครอบคลุมถึงการผลิตปุ๋ยและปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในการเพาะปลูก มีการใช้พลังงาน เช่น ในการปรับพื้นที่ให้เหมาะสม รวมทั้งการขัดสีผลผลิตที่ได้ (FAO, 2013)

การปลดปล่อยแก๊สมีเทน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการจัดการมูลของสัตว์ปีก และการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (FAO, 2013) มูลของสัตว์ปีกส่วนใหญ่เก็บรวบรวมในลักษณะเป็นของแข็ง ในสภาวะมีอากาศอย่างเพียงพอ ทำให้มีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนในปริมาณไม่มากนัก ในทางตรงกันข้าม มูลของไก่ไข่ร้อยละ 30 มีลักษณะเหลว จึงถูกรวบรวมไว้ในบ่อ หรือแท็งค์ ทำให้เกิดการหมักของสารอินทรีย์ในสภาวะแบบไร้อากาศ จึงปลดปล่อยแก๊สมีเทนในปริมาณสูงกว่า (IPCC, 1996)

การปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ มีแหล่งกำเนิดทั้งทางตรงและทางอ้อมของการจัดการมูลสัตว์รวมทั้งการกักเก็บ และการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และการปลดปล่อยโดยตรงจากการสังเคราะห์ไนโตรเจนเพื่อนำไปใช้กับอาหารสัตว์ (FAO, 2013) นอกจากนี้ไนโตรเจนซึ่งเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยที่ใช้ประโยชน์ในทางเกษตร โดยรวมถึงไนโตรเจนที่เป็นสารอินทรีย์โดยธรรมชาติจากการใช้ปุ๋ยคอก หรือไนโตรเจนที่มาจากการสังเคราะห์ในปุ๋ยเคมี (Yang et al., 2006)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการซากไก่

กระบวนการเลี้ยงไก่มีของเสียที่เกิดจากซากไก่ตายและคัดทิ้ง การจัดการของเสียด้วยวิธีการทิ้งลงบ่อทิ้งซากเพื่อให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการของเสียดังกล่าว และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศสามารถดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (National Agricultural Biosecurity Center, 2004)

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกลุ่มจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นตอนที่ 1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ด้วยเอนไซม์ที่มีการหลั่งจากเซลล์ของแบคทีเรียทำให้สารอินทรีย์เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 แอซิโดเจนิซิส (Acidogenesis) เป็นกระบวนการสร้างกรดอินทรีย์จากสารอินทรีย์ขนาดเล็กจากกระบวนการไฮโดรไลซิส ไปเป็นกรดไขมันระเหย (Volatile fatty acids) ด้วยแบคทีเรียสร้างกรด

ขั้นตอนที่ 3 แอซิโตเจนิซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการสร้างกรดแอซิติกจากกรดไขมันระเหย ของแบคทีเรียกลุ่มแอซีโตเจนิก (Acetogenic bacteria) ซึ่งจะมีกระบวนการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยไปเป็นกรดแอซิติก กรดฟอร์มิก แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน เป็นสารตั้งต้นสำคัญสำหรับการสร้างมีเทน

ขั้นตอนที่ 4 มีเทนโนเจนิซิส (Methanogenesis) เป็นกระบวนการที่แบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน (Methanogenic bacteria) ย่อยสลายและเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จากขั้นแอซิโตเจนิซิสไปเป็นแก๊สมีเทนซึ่งจำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน (Hydrogenotrophic bacteria) สามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน และแบคทีเรียสร้างมีเทนจากกรดแอซิติก (Acetotrophic bacteria) ใช้แอซิเตดเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน (สิริรัตน์ และ ปราโมช, 2548) การศึกษาของ Xu et al. (2007) เก็บตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกภาคสนามจากการจัดการของเสียโดยนำซากโคและมูลหมักเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน พบว่า แก๊สเรือนกระจกที่มีการปลดปล่อยอย่างมีนัยสำคัญ 2 ชนิด คือ แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 0.15 และ 0.01 m^3/kg ของน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับ Yuan et al. (2011) ที่จำลองการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของซากโคในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่ามีค่าการปลดปล่อยแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ 0.33 และ 0.09 m^3/kg ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการใช้พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งการอุปโภค และบริโภคผลิตภัณฑ์ มีการใช้พลังงาน และในกระบวนการผลิตอาจมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมา การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จึงเป็นวิธีการที่ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นๆ จะปลดปล่อยคาร์บอนออกมาเท่าใดตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิต จนกระทั่งสิ้นสุดการใช้ผลิตภัณฑ์

2.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ คือ การประเมินปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โดยตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมตั้งแต่การเริ่มต้นจนถึงขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ คือ การได้มาของวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดจำหน่ายรวมทั้งการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปสู่ร้านค้าปลีก การใช้งาน (บริโภค) และการกำจัดของเสีย (หลังการบริโภค) โดยคำนวณออกมาในรูปกิโลกรัมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2$-eq) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ, 2553) การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (CAC, 2012)

การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw Materials) ครอบคลุมวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการได้มาของวัตถุดิบ เช่น การทำเหมืองแร่หรือการสกัด การเพาะปลูก ป่าไม้ การตัดแต่ง การบรรจุ การเก็บรักษา และการขนส่ง รวมทั้งการจัดทำบัญชีผลกระทบของวัตถุดิบ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปุ๋ย ซึ่งครอบคลุมถึงการผลิต การขนส่ง และการใช้งาน

กระบวนการผลิต (Manufacture) ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยทุกกิจกรรมจากการรวบรวมวัตถุดิบจนไปถึงกระบวนการกระจายวัตถุดิบ เช่น กระบวนการในการผลิต การขนส่งหรือการเก็บรักษา การบรรจุ และ พื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการการผลิต มีการปลดปล่อยแก๊สจากการใช้พลังงาน เช่น การใช้แสงสว่าง การระบายอากาศ และอุณหภูมิ นอกจากนี้ วัตถุดิบทั้งหมดที่ผลิตขึ้นในกระบวนการผลิต คือ ผลิตภัณฑ์ ของเสียที่เกิดขึ้น และผลิตภัณฑ์ร่วม รวมทั้งการปลดปล่อยมลพิษโดยตรงจากกระบวนการผลิต ต้องมีนำข้อมูลเหล่านี้มาการจัดทำเป็นบัญชีในกระบวนการผลิต

การกระจายสินค้า/การค้าปลีก (Distribution/Retail) ส่วนนี้ครอบคลุมขั้นตอนการขนส่งทั้งหมดและเกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาสินค้าซึ่งต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม รวมไปถึงการเก็บรักษาสินค้าในการค้าปลีก และการจัดแสดงโชว์สินค้าด้วย

การใช้งานโดยผู้บริโภค (Consumer Use) ประกอบไปด้วยการใช้พลังงานระหว่างการใช้งาน เช่น การเก็บรักษา การเตรียมใช้งาน และการใช้งานรวมไปถึงการดูแลรักษา และการซ่อมแซม

การกำจัดของเสีย/การรีไซเคิล (Disposal/Recycling) เป็นตอนสุดท้ายในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมทุกขั้นตอนในการกำจัดของเสีย เช่น การขนส่ง การเก็บรักษา และกระบวนการที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการใช้พลังงานในการกำจัดของเสีย หรือ การรีไซเคิล และการปลดปล่อยมลพิษจากการจากกระบวนการดังกล่าว เช่น การสลายตัวของคาร์บอน การปลดปล่อยแก๊สมีเทน และการเผากำจัดขยะ (Clear About Carbon [CAC], 2012)

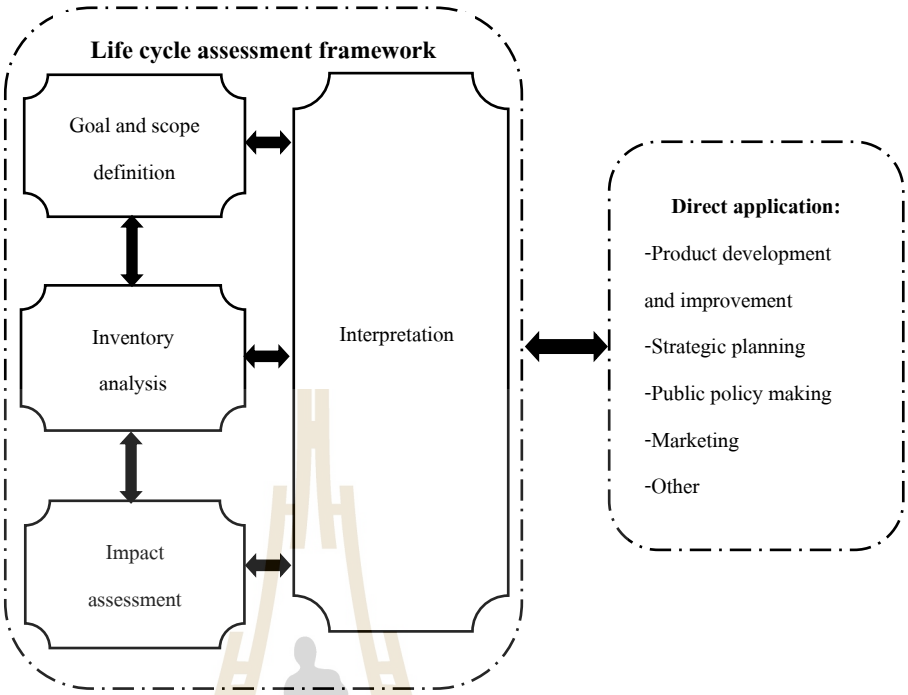
ในการประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีหลายหน่วยงานจัดทำแนวทางมาตรฐานในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.2.1 แนวทางมาตรฐานในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

จากวิธีการมาตรฐานของ Publicly Available Specification 2050: PAS 2050 (British Standard Institute [BSI], 2008) ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และการให้บริการ มีการนำกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) มาใช้ในการประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ และการบริการ ครอบคลุมการได้วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน (การบริโภค) และการจัดการของเสีย หรือการรีไซเคิล ซึ่งการประเมินครอบคลุมการปล่อยแก๊สเรือนกระจก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) และเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)

2.2.1.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากขั้นตอนที่สำคัญของช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ขั้นตอนการได้วัตถุดิบ ซึ่งครอบคลุมไปถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต และการขนส่งไปสู่กระบวนการผลิต ขั้นตอนต่อมา คือ การตัดแต่งวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต และการขนส่งไปสู่ขั้นตอนการผลิต ในขั้นตอนการผลิตประกอบไปด้วยการผลิตให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ การบรรจุ และการขนส่งเพื่อการกระจายสินค้า ส่วนขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์ครอบคลุมการใช้พลังงาน และการปลดปล่อยแก๊สในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ปกติ รวมไปถึงการดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ และการนำผลิตภัณฑ์มาใช้ซ้ำ และขั้นตอนสุดท้าย คือ การกำจัดของเสีย เช่น การฝังกลบ การรีไซเคิล รวมไปถึงการปลดปล่อยมลพิษจากการกำจัดของเสีย (Williams, 2009) นอกจากนี้ LCA ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม International Organization for Standardization (ISO) 14000 และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA ถูกจัดอยู่ใน ISO 14040 ซึ่งขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) (ISO, 2006)

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นกระบวนการที่ช่วยพัฒนา ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ รวมถึงเป็นการวางแผนเชิงกุลยุทธ์นำไปสู่การกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษาที่ดีต้องสามารถช่วยอธิบายวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่จะใช้ในการศึกษา ขอบเขตของระบบโดยทั่วไป คือ การระบุแผนภาพสารขาเข้าและสารขาออก และกระบวนการ หรือ กิจกรรมที่อยู่ในขอบเขตของระบบรวมทั้งการดำเนินงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Mattsson, Cederberg and Blix, 2000)

2. การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis)

การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากผู้บริโภค และผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) รวมถึงข้อมูลการขนส่ง การสกัดเพื่อให้มาของวัตถุดิบ กระบวนแปรรูปวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต และกระบวนการผลิตทั่วไปที่ใช้ในการผลิต เช่น การผลิตพลาสติก และกระดาษแข็ง รวมถึงกระบวนการกำจัดขยะแบบทั่วไป แต่ไม่มีข้อมูลที่มีความเฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์

เช่น ข้อมูลทั่วไปของการผลิตไฟฟ้า และบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผู้ทำการศึกษาต้องการข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ และข้อมูลเฉพาะของพื้นที่

การรวบรวมข้อมูลที่ดีประกอบไปด้วยปัจจัยนำเข้า และปัจจัยนำออกทั้งหมดจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยนำเข้าอาจประกอบไปด้วย พลังงาน น้ำ และวัตถุดิบ เป็นต้น ปัจจัยนำออก คือ ผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ร่วม รวมไปถึงการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ เช่น CO_2 N_2O CH_4 เป็นต้น และการปล่อยสารมลพิษลงสู่น้ำ เช่น ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) รวมทั้งการจัดการขยะ เช่น การฝังกลบ

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

ในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการทำบัญชีสิ่งแวดล้อมภายในกรอบแนวคิด อ้างอิงตามเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา ซึ่งจะมีการใช้ข้อมูลจากการทำบัญชีสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นตัวกำหนดประเภทของผลกระทบที่แตกต่างกันบนพื้นฐานการคาดการณ์ชนิดของผลกระทบตามข้อกำหนดทั่วไปของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งประกอบไปด้วย การจัดหมวดหมู่ (Classification) การจำแนกคุณลักษณะ (Characterization) การทำให้เป็นรูปแบบเดียวกัน (Normalization) และการประเมินค่า (Valuation)

การจัดหมวดหมู่ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากการจัดทำบัญชีสิ่งแวดล้อมและกำหนดผลกระทบที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

การจำแนกคุณลักษณะ เป็นการประเมินขนาดของผลกระทบที่มีนัยสำคัญจากแผนผังข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Inventory flow) ไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การทำให้เป็นรูปแบบเดียวกัน เป็นการแสดงผลกระทบที่มีนัยสำคัญในวิธีที่สามารถเปรียบเทียบได้

การประเมินค่า เป็นการประเมินความสัมพันธ์ของประเด็นสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญ ซึ่งจำแนกมาจากขั้นตอนการจัดหมวดหมู่การจำแนกคุณลักษณะและการทำให้เป็นรูปแบบเดียวกัน โดยใช้วิธีการให้น้ำหนักเพื่อสามารถเปรียบเทียบกันได้

4. การแปลความหมายของผลลัพธ์ (Interpretation)

เป็นการประเมินผลที่ได้จากการจัดทำบัญชีสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม จัดทำเป็นข้อสรุปของแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้อง และนำผลลัพธ์ที่ได้สร้างเป็นข้อเสนอแนะที่เหมาะสม เช่น การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งการรายงานผลการศึกษา (Roy et al., 2009)

2.2.1.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางของ PAS 2050

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ PAS 2050 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

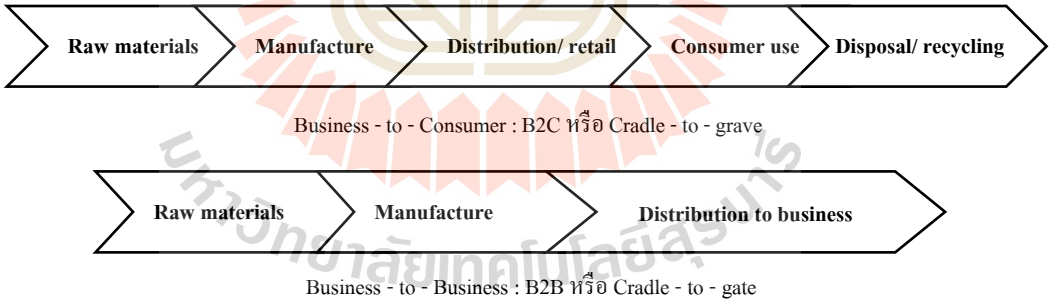
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์และการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

การกำหนดวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมจะทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการดำเนินงานจะปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ สิ่งที่ควรพิจารณาในการกำหนดวัตถุประสงค์ คือ วัตถุประสงค์ต้องสามารถคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลังจากสิ้นสุดการประเมิน และให้ทิศทางในการกำหนดขอบเขต และข้อมูลที่มีความจำเป็นในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์มาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ต้องมีทิศทางเดียวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของโครงการ และเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดขอบเขตในการประเมิน เช่น จะมีการประเมินผลิตภัณฑ์กี่ชนิด ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน การคัดเลือกผลิตภัณฑ์อาจต้องมีประเด็นสำคัญในการพิจารณา เช่น ผลิตภัณฑ์ใดที่มีความเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสให้ผลในการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุด รวมทั้งผลิตภัณฑ์ใดที่มีการผลิตสูงสุด มีโอกาสในการแข่งขันทางการตลาดสูง อีกทั้งการให้ความร่วมมือของผู้ค้าปัจจัยการผลิตในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และการใช้เวลา รวมทั้งการทรัพยากรในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแผนภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นการสร้างแผนภาพรวมทั้งหมดของวัฏจักรชีวิตของผลิตผลิตภัณฑ์ จำแนกได้ 2 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา และชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

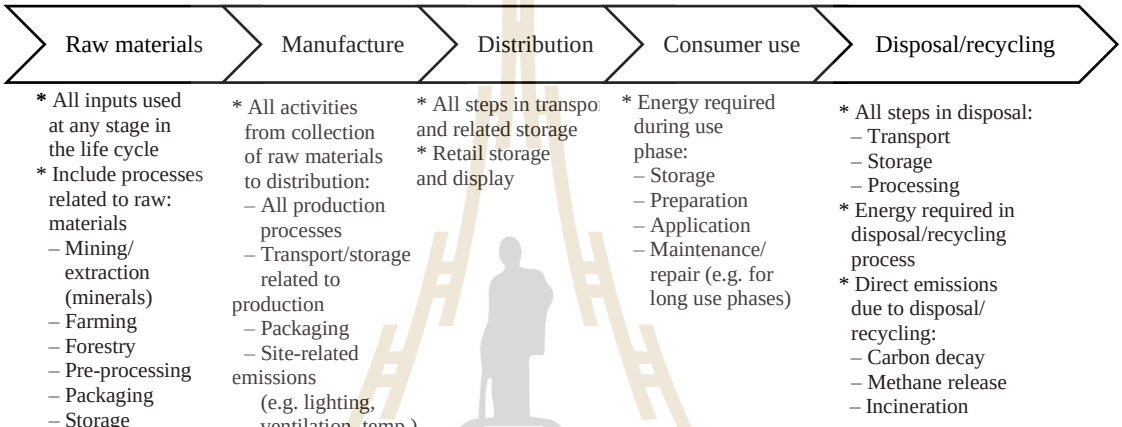


รูปที่ 2.16 แผนภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์
(BSI, 2008)

แผนภาพรวมในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ Business -to - Consumer และBusiness - to - Business ซึ่ง Business - to - Consumer : B2C คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิต และจำหน่ายแก่ผู้บริโภค หรือเรียกว่า Cradle - to - grave ส่วน Business - to - Business: B2B คือ ผลิตภัณฑ์ที่ถูกรับจ้างผลิต หรือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายให้ภาคองค์กรธุรกิจ หรือเรียกว่า Cradle - to - gate

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การกำหนดขอบเขตช่วยอธิบายขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมวลขาเข้า - มวลขาออกภายในกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะครอบคลุมทั้งหมดตลอดการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในขั้นตอนนี้จะมีการสร้างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ 2 แบบ คือ B2B และB2C โดยวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ต้องแสดงรายละเอียดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอย่างถูกต้องในทุกขั้นตอน ตัวอย่างแผนผังดังรูปที่ 2.17



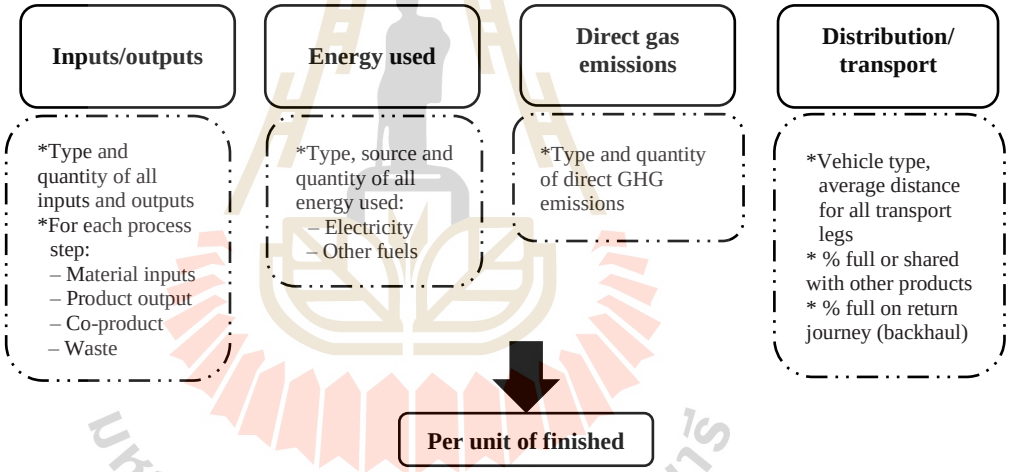
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แบบ Business - to - Consumer (BSI, 2008)

ตัวอย่างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แบบ Business - to - Consumer เริ่มพิจารณาทีละขั้นตอน เริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การบริโภค และการจัดการของเสีย ในแต่ละขั้นตอนจะมีการกระบวนการเฉพาะกับขั้นตอนนั้น ๆ จึงส่งผลให้เกิดการใช้พลังงาน และการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ อาจมีกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เช่น การทำเหมืองแร่ การเพาะปลูก การขนส่ง รวมทั้งการเก็บรักษาวัตถุดิบ ส่วนกระบวนการผลิต จะเกี่ยวข้องกับพลังงานที่ใช้ในการผลิต เช่น จากการใช้แสงสว่าง การระบายอากาศ รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิ และในขั้นตอนอื่น ๆ จะมีความแตกต่างกันออกไปตามคำอธิบายในรูปที่ 2.13

การกำหนดขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะไม่ครอบคลุมถึงกิจกรรมบางกิจกรรม คือ การไม่นับรวมการปลดปล่อยแก๊สจากแหล่งกำเนิดที่ไม่สำคัญซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 ของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด การเดินทางของผู้บริโภคเพื่อซื้อสินค้าจากร้านขายปลีก แรงงานมนุษย์ในกระบวนการผลิต และการใช้แรงงานในการขนส่งจากสัตว์ (BSI, 2008)

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission factor) และข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย จะนำมาคำนวณร่วมกับข้อมูลกิจกรรมกลายเป็นจำนวนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยของข้อมูลกิจกรรม เช่น kg GHG ต่อ kg input หรือต่อ kWh พลังงานที่ถูกใช้และข้อมูลกิจกรรมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ทั่วไปของผลิตภัณฑ์ (BSI, 2008)

ตัวอย่างข้อมูลกิจกรรมทั่วไปของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออก (Input/output) การใช้พลังงาน (Energy used) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนที่เกี่ยวข้อง (Direct gas emissions) และการกระจายสินค้า และการขนส่ง (Distribution/ transport) โดยข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกนี้ครอบคลุมชนิด และปริมาณทั้งหมดที่เข้า และออกจากกระบวนการผลิต เช่น การนำเข้าของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้น ส่วนข้อมูลการใช้พลังงานจะครอบคลุมถึงชนิด และปริมาณของการใช้พลังงานทั้งหมด เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิง ข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลของชนิด

และปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกภายในกระบวนการ และข้อมูลการกระจายสินค้า และการขนส่ง ข้อมูลส่วนนี้ระบุถึงชนิดของยานพาหนะ และระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง เป็นต้น

แหล่งที่มาของข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission factor) และข้อมูลกิจกรรม (Activity data) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary sources) และแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary sources)

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยตรง เช่น ผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) มีการตรวจวัดข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงอายุขัยซึ่งการใช้ข้อมูลปฐมภูมิประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงของผลิตภัณฑ์ และสามารถช่วยระบุโอกาสที่จะใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือข้อมูลกิจกรรมการผลิตของผลิตภัณฑ์โดยอ้อม ซึ่งใช้กระบวนการตรวจวัด หรือ การใช้วัตถุดิบที่มีความคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ข้อมูลทุติยภูมิจะถูกใช้เมื่อข้อมูลปฐมภูมิไม่พร้อมใช้งาน เนื่องจากข้อมูลทุติยภูมิไม่ได้ตรวจวัดโดยตรงจากแหล่งกำเนิดที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ดังนั้นในการใช้ข้อมูลดังกล่าวต้องพิจารณา เช่น การได้มาของข้อมูลมีวิธีการตรวจวัดที่มีความเหมาะสมหรือไม่ และสามารถใช้ได้กับการศึกษาที่สนใจหรือไม่ บางกรณีข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ เช่น ข้อมูลศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของแก๊สเรือนกระจก ข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า การใช้ปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืชจากภาคการเกษตร การใช้เชื้อเพลิง การขนส่งตามประเภทของยานพาหนะ การกำจัดของเสีย และการทำปศุสัตว์ และจากดินของภาคการเกษตร

แหล่งที่มาของข้อมูลข้อมูลปฐมภูมิ จะได้มาจากการเก็บข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือการตรวจวัดโดยตรงจากกระบวนการการผลิต รวมทั้งการสอบถาม หรือสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ค้าปัจจัยการผลิต ผู้บริโภค ส่วนแหล่งที่มาของข้อมูลทุติยภูมิ มีอยู่หลายแหล่งดังนี้ ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป เช่น จากฐานข้อมูล LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ และฐานข้อมูลต่างประเทศที่ได้รับความเชื่อถือ เช่น การตีพิมพ์ของ IPCC รวมถึงข้อมูลจากการทำวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการตรวจสอบแล้ว

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ทำโดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และของเสียที่เกิดขึ้นรวมทั้งกิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้อง และ

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมาใช้ในการคำนวณ แล้วแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2-eq) ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงได้ดังนี้

ปริมาณการปล่อยแก๊ส = ข้อมูลกิจกรรม (mass/volume/kWh/km) ×
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (CO_2e per unit)

การคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ของแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ได้ด้วยการใช้ข้อมูลค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มาใช้ในการคำนวณได้ ซึ่งในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องมีการทำสมดุลมวลสาร ใช้คำนวณสารขาเข้า และสารขาออก รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้นในระบบ

สมดุลมวลสาร (Mass balance) เป็นการแสดงปริมาณทั้งหมดของวัตถุดิบขาเข้า - ขาออกจากระบบอย่างครบถ้วน การทำสมดุลมวลสารมีหลักการสำคัญ คือ มวลที่เข้าสู่ระบบทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับมวลที่ออกจากระบบ ในการทำสมดุลมวลสารเป็นวิธีการที่ใช้ระบุของเสียที่ซ่อนอยู่ภายในระบบ ถ้ามวลที่ออกจากระบบมีค่าน้อยกว่ามวลขาเข้า อาจเป็นเพราะมวลบางส่วนอาจเปลี่ยนไปในทิศทางอื่น โดยส่วนใหญ่จะเป็นของเสีย และในการทำสมดุลมวลสารอาจไม่เหมาะสมกับระบบของธรรมชาติที่มีความซับซ้อน เช่น กิจกรรมทางการเกษตร เป็นต้น

การปันส่วน (Allocation) จะถูกนำมาพิจารณาเมื่อในกระบวนการผลิต เกิดผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิดเป็นต้นไป โดยมีทั้งผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์ร่วม หากมีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นสองชนิดดังกล่าว ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต้องมีการปันส่วน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สของผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งการปันส่วนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การปันส่วนในเชิงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ พิจารณาจากความสัมพันธ์ทางกายภาพและวัดออกมาในเชิงปริมาณน้ำหนัก หรือ การใช้ค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลัก และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ร่วม เป็นตัวกำหนดสัดส่วนในการคำนวณ ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การคำนวณการปันส่วนในเชิงน้ำหนักผลิตภัณฑ์ [(1)]

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	ร้อยละการปันส่วน
X	A	[A/(A+B)]×100
Y	B	[B/(A+B)]×100

[(1)] หมายเหตุ อภิวรรณ สุวรรณนที, 2556

2. การปันส่วนในเชิงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการปันส่วนด้วยราคาของผลิตภัณฑ์หลัก และราคาของผลิตภัณฑ์ร่วม เป็นตัวกำหนดสัดส่วนในการคำนวณ โดยควรให้สัดส่วนน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงในการคำนวณสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีราคาต่ำกว่า เนื่องจากราคาของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดความต้องการในการผลิตสินค้า ซึ่งวิธีที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การคำนวณการปันส่วนในมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ [(1)]

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	ราคา	ร้อยละการปันส่วน
X	a	A	[aA/(aA+bB)]×100
Y	b	B	[bB/(aA+bB)]×100

[(1)]หมายเหตุ อภิวรรณ สุวรรณนที, 2556

ขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นการตรวจวัดความแม่นยำจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัด และลดความไม่แน่นอนของผลที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และให้เกิดความเชื่อมั่นถึงผลที่ได้จากการประเมิน รวมทั้งช่วยในเรื่องของการตัดสินใจบนพื้นฐานของการนำผลการประเมินไปใช้

การลดความไม่แน่นอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ทดแทนการใช้ข้อมูลทุติยภูมิ การใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริงจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก มิเตอร์ย่อยประจำหน่วยการผลิต แทนการใช้ข้อมูลจากการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า หากหลีกเลี่ยงการใช้ข้อมูลทุติยภูมิไม่ได้ ควรใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ดี เช่น ใช้ข้อมูลที่มีความเฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลต้องเป็นข้อมูลที่มีการปรับปรุงล่าสุด และแหล่งที่มาของข้อมูลต้องสามารถเชื่อถือได้ และการปรับวิธีการใช้แบบจำลองในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยการต้องเลือกตัวแทนที่ดีของข้อมูลมาใช้ในการคำนวณ เช่น การคำนวณการขนส่งโดยแยกออกเป็นเส้นทางเดี่ยวมากกว่าการคำนวณ การประมาณทั้งหมดสำหรับการขนส่ง

การศึกษาครั้งนี้มีความสนใจที่จะศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราช ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับไก่เนื้อโคราชมีดังนี้

2.3 ไก่เนื้อโคราช

“ไก่เนื้อโคราช” เป็นไก่ปรับปรุงสายพันธุ์ให้เกษตรกรใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพซึ่งไก่เนื้อโคราชช่วยให้เกษตรกรรายย่อยเข้าถึงได้ง่าย ทำให้เกิดการประกอบอาชีพวิสาหกิจชุมชน ชุมชนมีรายได้จากการประกอบอาชีพเพิ่มมากขึ้น โดยไก่เนื้อโคราชเริ่มจากความร่วมมือของ 4 หน่วยงาน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรมปศุสัตว์และ กลุ่มทำนา ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ในการวิจัย “การสร้างสายพันธุ์ ไก่เนื้อโคราช เพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน” ทำให้ได้ไก่เนื้อโคราชซึ่งเป็นไก่เนื้อลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ คือ ไก่เหลืองหางขาวและแม่พันธุ์ คือ ไก่แม่ มทส. ดังแสดงในรูปที่ 2.19

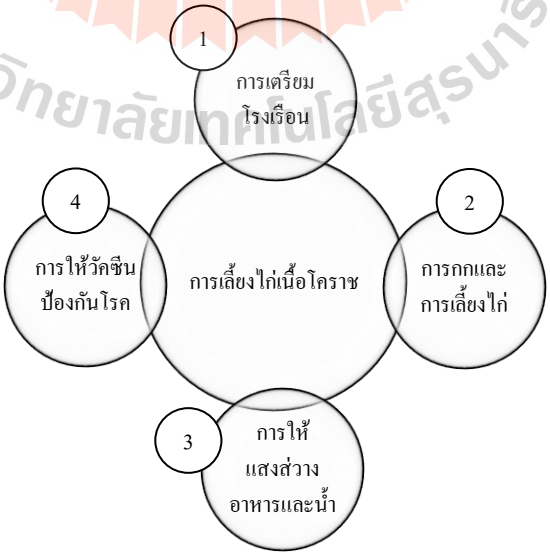
รูปที่ 2.19 (ก) พ่อพันธุ์เหลืองหางขาว (ข) แม่พันธุ์ไก่แม่ มทส. และ (ค) ไก่เนื้อโคราช (องอาจ ตัณฑวณิช, 2554)

พ่อพันธุ์ไก่เหลืองหางขาวได้รับความอนุเคราะห์จากกรมปศุสัตว์ และแม่พันธุ์ไก่ มทส. ให้ไข่ในปริมาณที่มากเพียงพอทำให้ต้นทุนในการผลิตลูกไก่ต่อตัวต่ำในระดับที่แข่งขันกับตลาดภายนอกได้และให้ลูกที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ใช้เวลาเลี้ยง 65 - 70 วันจะได้ไก่เนื้อน้ำหนัก 1.2 - 1.3 กิโลกรัมพร้อมจำหน่าย มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ประมาณ 2.3 หมายถึงการให้อาหารไก่ 2.3 กิโลกรัม จะสามารถให้น้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม ไก่พันธุ์พื้นเมืองมีอัตราการเปลี่ยน

อาหารเป็นน้ำหนักประมาณ 2.9 มีต้นทุนในการผลิตประมาณ 65 บาทต่อกิโลกรัม สามารถจำหน่ายได้ในราคาไก่พันธุ์พื้นเมือง คือ 70 - 80 บาทต่อกิโลกรัม ไก่เนื้อโคราชมีเนื้ออร่อยตรงกับความต้องการของผู้บริโภค (วิทธวัช โมพี, 2557) การศึกษาของ สิริญญา ป้องจันลา, ธันย์ชนก สุทธินนท์, อมรรัตน์ โมพี, และ จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล (2557) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสะโพกและหนังของไก่เนื้อโคราชมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ปริมาณไขมันและปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้าไก่เนื้อโคราชมีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเนื้ออกของไก่เนื้อโคราชที่ผ่านการต้มและการทอดมีความฉ่ำน้ำ มีการเกาะตัวของเนื้อ และมีความแน่นเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่โดดเด่น

ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชมีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสามารถจำแนกได้เป็น 4 ขั้นตอนสำคัญ คือ การเตรียมโรงเรือน การกกลูกไก่และการเลี้ยงไก่ การให้แสงสว่าง อาหารและน้ำ และการให้วัคซีนป้องกันโรค (รูป 2.20) โดยในแต่ละขั้นตอนมีการใช้พลังงาน และทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อขนวัตถุดิบมาฟาร์มของเกษตรกร ได้แก่ น้ำยาฆ่าเชื้อโรค ปูนขาว แกลบ สำหรับเตรียมความพร้อมโรงเรือน การขนส่งลูกไก่ รวมทั้งการขนส่งอาหาร และวัคซีนที่ใช้ในขั้นตอนการกกและการเลี้ยงไก่ ตามลำดับ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความอบอุ่นในการกกลูกไก่ และให้แสงสว่างภายในโรงเรือน เพื่อให้ไก่สามารถกินอาหารได้เต็มที่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโต โดยรายละเอียดและวิธีการปฏิบัติในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแสดงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 2.20 ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (วิทธวัช โมพี, 2557)

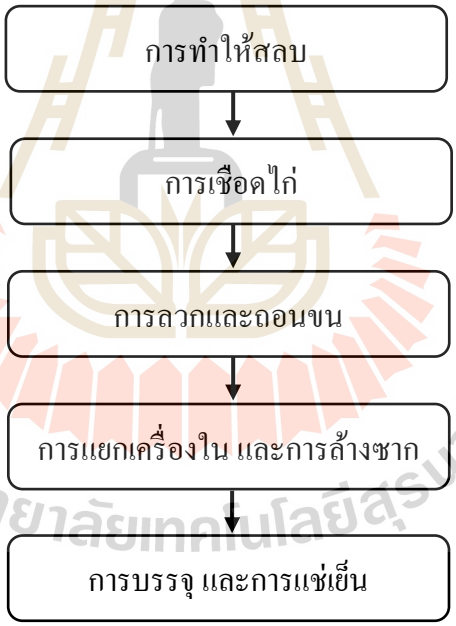
นอกจากขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช ที่มีการใช้พลังงาน จากการขนส่งและการจัดการโรงเรือนให้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงไก่ ยังมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการเชือดไก่ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.4 การเชือดไก่

ในการศึกษานี้ไก่เนื้อโคราชเมื่อโตเต็มวัยจะถูกส่งเข้าโรงเชือด เพื่อทำการเชือดโดยมีการกำหนดลักษณะการเชือดเป็นแบบไก่กลม โดยการชำแหละเอาเครื่องในออก และไม่มีการตัดแต่งแยกชิ้นส่วน ซึ่งโรงเชือดจะเป็นโรงเชือดขนาดเล็ก

2.4.1 การเชือดไก่ของโรงเชือดขนาดเล็ก

โรงเชือดขนาดเล็ก สามารถจำแนกออกจากโรงเชือดขนาดใหญ่ โดยสามารถพิจารณาได้จากกำลังการผลิตต่ำกว่า 10,000 ตัวต่อวัน ซึ่งมีกระบวนการเชือดดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ขั้นตอนการเชือดไก่ในโรงเชือดขนาดเล็ก

ขั้นตอนการเชือดไก่เริ่มจาก การรับไก่ พักไก่ การช็อตด้วยไฟฟ้า การเชือดไก่ การลวก และการถอนขน ตามลำดับ แต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงาน และเกิดของเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การรับไก่ เมื่อไก่มาถึงโรงเชือดต้องให้ไก่พักประมาณ 30 - 60 นาทีเพื่อลดความเครียด และมีการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อต้องมีความเหมาะสมในการบริโภค

2. การทำให้สลบ ในขั้นตอนนี้ใช้การช็อตด้วยไฟฟ้า ทำได้โดยนำไก่มีชีวิตจุ่มลงไปในอ่างน้ำที่มีกระแสไฟฟ้า กำหนดให้ไก่จุ่มน้ำไม่น้อยกว่า 4 วินาที ซึ่งอาจมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 0.2 kWh ในกรณีไก่มีชีวิตจำนวน 1 ตัน และในขั้นตอนนี้จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น

3. การเชือดไก่ใช้วิธีการเชือดด้วยมือ ขั้นตอนนี้จะได้เลือดไก่

4. การลวก และการถอนขนการลวกใช้ถังน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เชื้อเพลิง เช่น แก๊ส LPG ถ่านหุงต้ม เป็นต้น และการถอนขนโดยใช้เครื่อง Bowl Plucker มีมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 4 KW โดยในขั้นตอนนี้จะเกิดของเสีย คือ ขนไก่

5. การแยกเครื่องในและการล้างซากการแยกเครื่องในโดยวิธีการใช้มือ ส่วนการล้างซากใช้วิธีการล้างโดยการแช่ลงไปในถังน้ำและมีวิธีการลดอุณหภูมิซากด้วยการใช้ถังใส่น้ำแข็ง ในขั้นตอนนี้จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น

6. การบรรจุและการแช่เย็น การบรรจุ บรรจุลงในถุงพลาสติกที่มีน้ำแข็งวางอยู่ด้านบนและนำไปแช่ในตู้แช่แข็ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.4.2 ผลผลิตที่ได้และของเสีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2541 และ อนุรักษ์ มะโนมัย, 2548)

2.4.2.1 ผลผลิตที่ได้จากการเชือดไก่ 1 ตัน

- เลือดต้มเป็นก้อน 20 กิโลกรัม และเศษเลือดต้มสุก 5 กิโลกรัม
- เครื่องในไก่ 64 กิโลกรัม
- ไส้ไก่ 65 กิโลกรัม
- ไขมัน 5 กิโลกรัม
- ซากไก่ทั้งตัว (ไก่กลม) 809 กิโลกรัม

2.4.2.2 ของเสียจากการเชือดไก่ 1 ตัน

- มูลไก่ 2 กิโลกรัม
- ขนไก่ 30 กิโลกรัม
- น้ำเสีย 4.8 ลบ.ม./ตันไก่มีชีวิต

อนุรักษ์ มะโนมัย (2548) ศึกษาการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฆ่าและชำแหละไก่ขนาดเล็ก: กรณีศึกษาในเขตจังหวัดนครราชสีมาพบว่าค่าความสกปรกของน้ำ ได้แก่ ค่าบีโอดีเท่ากับ 459 มก./ล. ค่าซีโอดีเท่ากับ 652 มก./ล. น้ำมันและไขมัน 100 มก./ล. ตามลำดับ และสามารถคิดเฉลี่ยการใช้น้ำต่อตัวเท่ากับ 10.5 ลิตร/ตัว น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกระบวนการลวกและถอนขน

2.4.3 การใช้สารเคมีและพลังงาน

2.4.3.1 การใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในโรงเชือดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ สารเคมีทำความสะอาด และสารเคมีฆ่าเชื้อโรคแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สารเคมีที่ใช้ในโรงเชือด[1]

ชื่อทางเคมี	ชื่อทางการค้า	แหล่งที่มา
1.สารเคมีทำความสะอาด (Detergent)		
- Alkylbenzene Sulfonate - Linear Alkyl Benzene Sulfonate (Sodium salt) - Phosphonates	Soiless - 12 Quick Topax 32	ในและต่างประเทศ
2.สารเคมีฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant)		
- Alkyl Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride 10 % W/W - Providone Iodine as available iodine 3% W/V - Quaternary Ammonium Compound - Sodium DichloroisocyanurateDihydrate as available Chlorine 55% W/W	Biokill Phorvet Topax 91 Klorsept G	ในและต่างประเทศ

[1] หมายเหตุ จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

2.4.3.2 การใช้พลังงาน

การใช้พลังงานในในโรงเชือด โดยส่วนใหญ่ต้องการพลังงานอยู่ 2 ชนิด คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถจำแนกแหล่งที่มาของพลังงานได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 พลังงานที่ใช้ในโรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อไก่[1]

ชนิดของพลังงาน	แหล่งพลังงาน	ศักยภาพการใช้พลังงาน
พลังงานไฟฟ้า	- ซื้อจากการไฟฟ้า	ร้อยละ 80.90
พลังงานความร้อน	- ผลิตโดยใช้น้ำมันดีเซล - ผลิตโดยใช้น้ำมันเตา (A, C) - แก๊สธรรมชาติ -ชีวมวล ได้แก่ ฟืน	ร้อยละ 19.10

[1] หมายเหตุ จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

พลังงานไฟฟ้า มีความจำเป็นสำหรับระบบให้แสงสว่าง และมอเตอร์ของเครื่องจักร เช่น เครื่องปั่นขนไก่ และอ่างช็อตไฟฟ้า ส่วนพลังงานความร้อน ใช้ในกระบวนการลวกไก่ก่อนถึงขั้นตอนการถอนขน รวมถึงการใช้ต้มน้ำเพื่อใช้ทำความสะอาด

2.4.4 การจัดการของเสีย

ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอาทิ ตะกอนจากการล้างและทำความสะอาดเศษเนื้อเยื่อสัตว์วัสดุที่ไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภค หรือแปรรูปต่อไปเช่น หัว ขา ขน และกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย สามารถจัดการได้ด้วยวิธีการเผาในเตาเผากำจัดขยะทั่วไป หรือกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล ตามลำดับ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงที่ผ่านมาได้มีผู้ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ อาทิ ผลิตภัณฑ์ น้ำดื่มบรรจุขวด หม่ำหมูและไส้กรอกหมูรมควัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่เนื้อของประเทศโปรตุเกส และการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตไก่พันธุ์พื้นเมืองลูกผสมในจังหวัดนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ 2.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การศึกษา	ประเทศ	เครื่องมือที่ใช้	ขอบเขตการศึกษา	จัดทำค่า EF ใช้ภายในงาน	ใช้ค่า EF จากแหล่งอื่น	ปริมาณ CF (kg CO_2-eq)	หน่วยผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ
ม.เทคโนโลยีพระจอมเจ้าธนบุรี, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงาน (2555)	ไทย	LCA	Cradle - to - gate	-	✓	0.03 - 0.04 2.00×10^{-3}	1 ฟอง (ไข่) 1 ฟอง (ไข่)	-การเลี้ยงระบบปิด -การเลี้ยงระบบเปิด เป็นการเก็บข้อมูลระดับชาติยังขาดข้อมูลบางส่วนในการคำนวณ
Keeratiurai, Thanee and Vichairattanatragul (2013)	ไทย	LCA	Gate - to - gate	-	✓	5.61	1 kg (ไข่ไก่)	ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเลี้ยงไก่ไข่ มีการพิจารณา Carbon massflow
Vichairattanatragul, Keeratiurai and Thanee (2015)	ไทย	LCA	Cradle - to - gate (Cradle - to - slaughterhouse gate)	-	✓	10.29 - 32.33	1 kg (ซากไก่)	ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเลี้ยงไก่พันธุ์พื้นเมืองลูกผสม มีการพิจารณา Carbon massflow
เนตรนภา ดวงพิมพ์ และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2558)	ไทย	LCA	Gate - to - gate	-	✓	1.18	1 kg (ไก่มีชีวิต)	ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดขนาดเล็ก
Pelletier (2008)	สหรัฐ อเมริกา	LCA	Cradle - to - gate (Cradle - to - farm gate)	✓	✓	~ 2.00	1 kg (ไก่มีชีวิต)	การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไก่เนื้อของประเทศ
Roy et al. (2012)	ญี่ปุ่น	LCA	Cradle - to - grave	-	-	6.00 6.90 35.60	1 kg (เนื้อไก่) 1 kg (เนื้อหมู) 1 kg (เนื้อวัว)	ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องในการประมาณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์
Bengtsson and Seddon (2013)	ออสเตรเลีย	LCA	Cradle - to - gate (Cradle - to - retail gate)	✓	✓	5.59	1 kg (ผลิตภัณฑ์ไก่)	การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไก่เนื้อของประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (ต่อ)

การศึกษา	ประเทศ	เครื่องมือที่ใช้	ขอบเขตการศึกษา	จัดทำค่า EF ใช้ภายในงาน	ใช้ค่า EF จากแหล่งอื่น	ปริมาณ CF ($kg\ CO_2$-eq)	หน่วยผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ
Ripoll-Bosch et al. (2013)	สเปน	LCA	Cradle - to - gate (Cradle - to - farm gate)	✓	✓	19.50 - 25.90 39.00 - 51.70	1 kg (แกะมีชีวิต) 1 kg (เนื้อแกะ)	ดำเนินการเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสเปน จำนวน 42 ฟาร์ม
González-García et al. (2014)	โปรตุเกส	LCA	Cradle - to - gate (Cradle - to - slaughterhouse gate)	✓	✓	2.46	1 kg (ซากไก่)	การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไก่เนื้อของประเทศ
จิตสุรัตน์ ตั้งใจและศิริมา ปัญญาเมธีกุล (2554)	ไทย	LCA	Cradle - to - grave	-	✓	6.97	1 โหล (น้ำดื่มบรรจุขวด 600 ml)	ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม
อภิวรรณ สุวรรณนที (2556)	ไทย	LCA	Cradle - to - gate	✓	✓	1.68 1.22	1 kg (ไส้กรอกหมูรมควันเสียบไม้)	-ไส้กรอกที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่ไม่มีระบบแก๊สชีวภาพ -ไส้กรอกที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่มีระบบแก๊สชีวภาพ (ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู)
สุรวุฒิ สุดหา (2557)	ไทย	LCA	Cradle - to - grave	✓	✓	8.20 36.80	1 kg (หม่ำข้อ และหม่ำพก) 1 kg (หม่ำหม้อ)	ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม่ำหมู

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

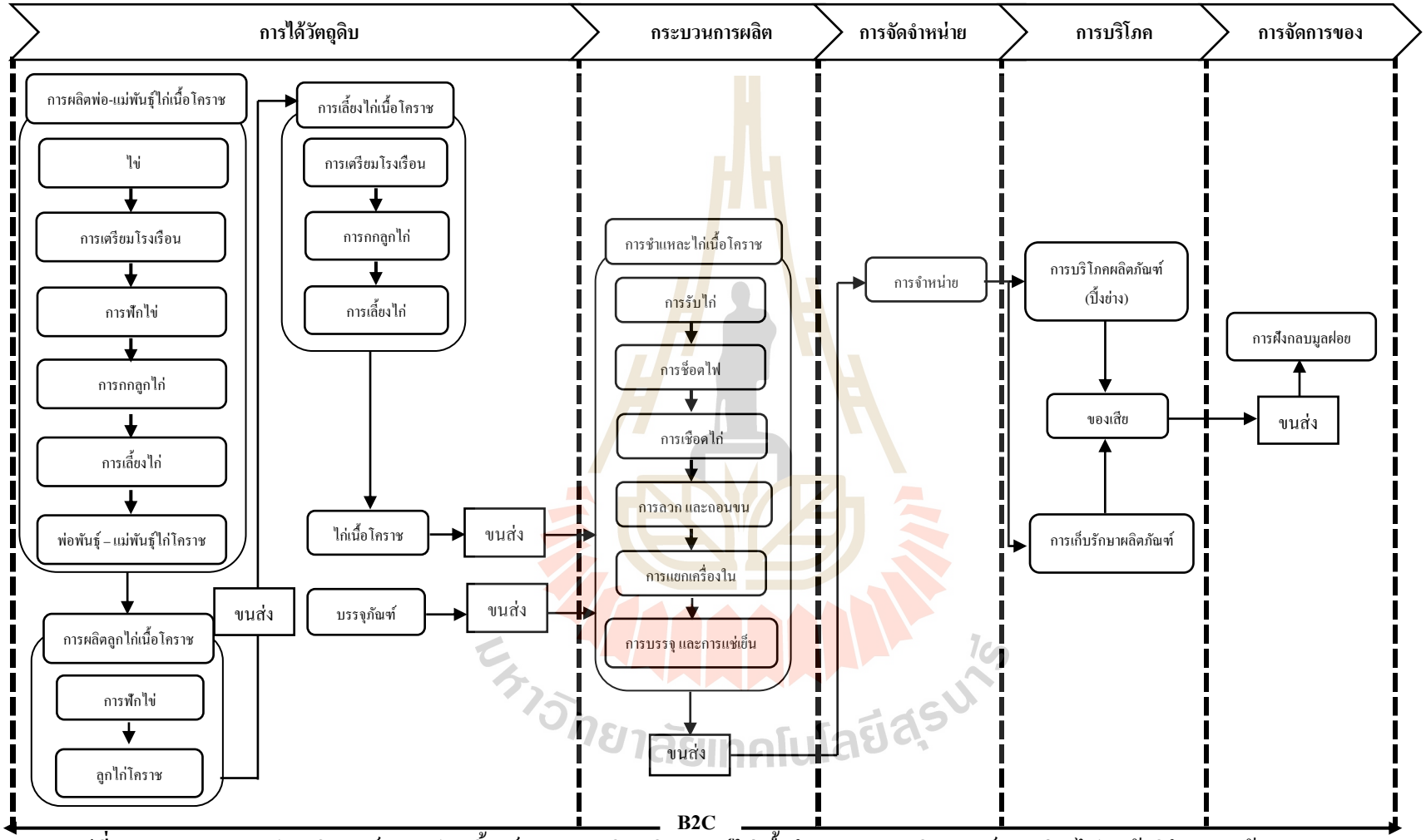
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากไก่เนื้อโคราชดำเนินการตามมาตรฐานของ PAS 2050 และตามข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์กลุ่มปศุสัตว์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กำหนดกรอบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราชใช้แบบ Business - to - Consumer: B2C (Cradle - to - grave) ครอบคลุมการประเมินตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงการจำหน่ายแก่ผู้บริโภค และการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น มีการเก็บข้อมูลการผลิตพ่อพันธุ์แม่พันธุ์และลูกพันธุ์ไก่เนื้อโคราช ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) และเก็บข้อมูลในส่วนของการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจนโตเต็มวัย มีการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราชขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราชแสดงดังรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชแบบผลิตภัณฑ์จำหน่ายไปยังผู้บริโภคสุดท้าย (B2C)

3.2 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

การเก็บข้อมูลกระบวนผลิตใช้ข้อมูล 2 ชนิด คือ ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ตรวจวัดได้โดยตรง หรือการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง และข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือฐานข้อมูลอื่น

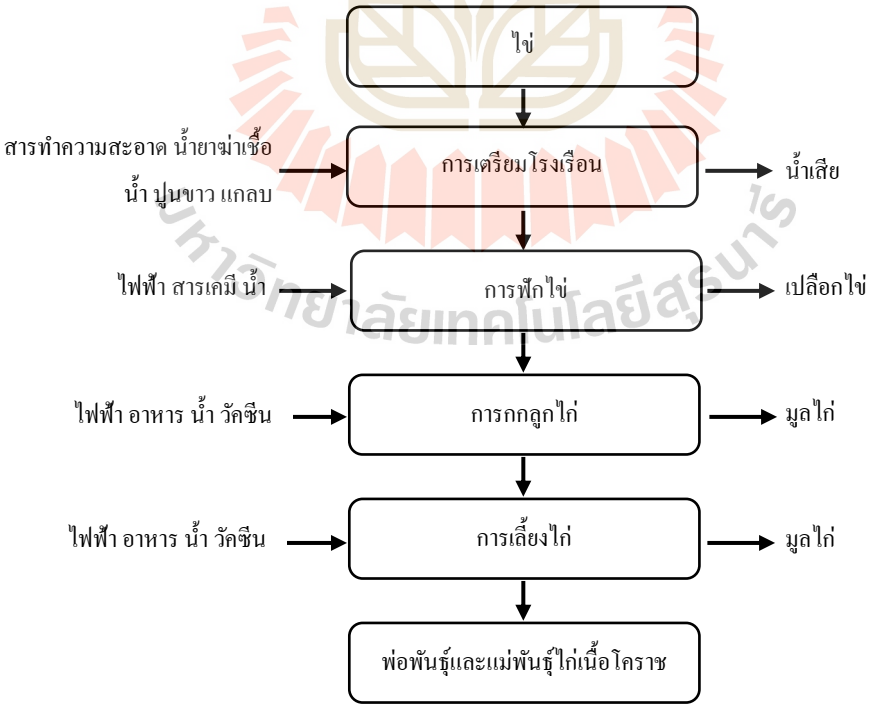
3.2.1 การได้วัตถุดิบ

การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตไก่เนื้อโคราชครอบคลุมขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ การผลิตลูกพันธุ์ การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช รวมถึงการขนส่งบรรจุภัณฑ์ กระบวนการรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

3.2.1.1 การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

1) การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในกระบวนการการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องคือ การฟักไข่ของปู่-ย่าพันธุ์ไก่เหลืองหางขาวและการฟักไข่ของตา - ยายพันธุ์ไก่มทส. เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช การเตรียมโรงเรือนสำหรับกระบวนการกกและการเลี้ยงไก่จนโตเต็มวัยเป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช ในแต่ละกระบวนการมีการใช้ทรัพยากรที่สำคัญ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าในการฟักและการกกลูกไก่ การให้อาหาร น้ำ ยาและวัคซีน รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดโรงเรือนเป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลำดับการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช การใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอนและของเหลือ

การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช เริ่มตั้งแต่การได้มาของไข่ การเตรียมโรงเรือนการฟักไข่ การกกลูกไก่ และการเลี้ยงเป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่โตเต็มวัยพร้อมสำหรับการผลิตลูกไก่โคราช ทุกขั้นตอนมีการใช้พลังงานหรือวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกันออกไป ข้อมูลของการใช้พลังงาน หรือวัตถุดิบเพื่อประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนมีดังนี้

1.1) ขั้นตอนการเตรียมโรงเรือน

ขั้นตอนในการเตรียมโรงเรือนจะเป็นขั้นตอนการทำความสะอาดโรงเรือนเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเลี้ยงไก่ มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง และการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

ขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์	สารขาเข้า	สารขาออก	การเก็บข้อมูล
การล้างโรงเรือน	-น้ำประปา -สารทำความสะอาด	-น้ำเสีย	-ระยะทางขนส่งสารทำความสะอาด -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง -ปริมาณการใช้น้ำพิจารณาจากข้อมูลทุติยภูมิ
การพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ	-น้ำประปา -น้ำยาฆ่าเชื้อโรค		-อัตราส่วนการระหว่างน้ำและน้ำยาฆ่าเชื้อโรค -ระยะทางขนส่งน้ำยาฆ่าเชื้อ -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง
การโรยปูนขาว	-ปูนขาว		-เก็บข้อมูลระยะทางขนส่ง -ปริมาณการใช้ต่อโรงเรือน -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง
การใช้วัสดุรองพื้น	-แกลบ	-แกลบและมูลสัตว์	-เก็บข้อมูลระยะทางขนส่ง -ปริมาณการใช้ต่อโรงเรือน -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง
การเตรียมอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อโรคหน้าโรงเรือน	-น้ำประปา -น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	-น้ำเสีย	-เก็บข้อมูลอัตราส่วนการระหว่างน้ำและน้ำยาฆ่าเชื้อโรค -เก็บข้อมูลระยะทางขนส่ง -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง

การเก็บข้อมูลของระยะทางในการขนส่งจำแนกเป็น 3 ประเภท ตามข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์สำรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร พ.ศ. 2556 ดังนี้

1. การขนส่งภายในอำเภอเดียวกันใช้ข้อมูลระยะทางจากเว็บไซต์ www.googlemap.com

2. การขนส่งข้ามจังหวัดใช้ข้อมูลระยะทางจากกรมทางหลวง จากเว็บไซต์ www.doh.go.th ซึ่งในการขนส่งต้องเก็บข้อมูลชนิดของยานพาหนะ และเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยพิจารณาทั้งไปและกลับ

3. การนำเข้าจากต่างประเทศโดยการขนส่งทางเรือสามารถใช้ข้อมูลระหว่างท่าเรือในประเทศและต่างประเทศจากเว็บไซต์ www.searate.com

1.2) การฟักไข่

ขั้นตอนนี้ใช้ตู้ฟักไข่ในการฟักแทนการฟักจากแม่ไก่ การเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการฟักไข่

ขั้นตอนการฟักไข่	สารขาเข้า	สารขาออก	การเก็บข้อมูล
ตู้ฟักไข่	-ไฟฟ้า	-ไข่ไก่ที่ผ่านการฟัก	-ความจุของตู้ฟักไข่
	-ไข่ไก่		-ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
	-สารเคมี		-ปริมาณการใช้สารเคมี
			-เก็บข้อมูลระยะทางขนส่ง
			-ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง
ตู้เกิด	-ไฟฟ้า	- เปลือกไข่	-ความจุของตู้เกิด
	-ไข่ไก่ที่ผ่านการฟัก	-ลูกไก่	-ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
	-สารเคมี		-ปริมาณการใช้สารเคมี
			-เก็บข้อมูลระยะทางขนส่ง
			-ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง

ขั้นตอนการฟักไข่ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิดคือ ตู้เกิด ตู้ฟัก เครื่องส่องไข่ ปั๊มลมสำหรับกลับไก่ในตู้เกิด และชุดทำน้ำเย็นลดอุณหภูมิตู้เกิดและตู้ฟักไข่ จึงมีการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบจานหมุนชนิด 3 เฟส เพื่อใช้ตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตลูกไก่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.3 การติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส บริเวณหน้าโรงฟักไข่

1.3) การกกลูกไก่

การกกลูกไก่เป็นการเปิดไฟให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่ แทนการกกโดยธรรมชาติของแม่ไก่ การเก็บข้อมูลใช้การวัดพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดไฟในการกกลูกไก่ ซึ่งได้จากมาตรวัดไฟที่โรงเรือน หรือการคำนวณการรวบรวมข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการกกลูกไก่

ขั้นตอนการกกลูกไก่	สารขาเข้า	สารขาออก	การเก็บข้อมูล
การกกลูกไก่	-ไฟฟ้า -ลูกไก่ -อาหาร -น้ำ -วัคซีน	-ลูกไก่ -มูลไก่	-จำนวนหลอดไฟ และปริมาณการใช้ไฟฟ้า -ปริมาณอาหาร และน้ำ -ประเภท และปริมาณวัคซีน -ระยะเวลาในการกกลูกไก่-ระยะทางการขนส่งอาหารและวัคซีน -ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง

1.4) การเลี้ยงไก่

ขั้นตอนนี้เป็นการเลี้ยงไก่ต่อจากช่วงระยะเวลาการกกลูกไก่ เพื่อให้ได้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่โตเต็มวัย มีการเก็บข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3.4 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการเลี้ยงไก่

ขั้นตอนการเลี้ยงไก่	สารขาเข้า	สารขาออก	การเก็บข้อมูล
การให้อาหาร น้ำ	-ไฟฟ้า	-พ่อพันธุ์-แม่พันธุ์	-ปริมาณอาหาร และน้ำ
และวัคซีน	-ลูกไก่	-มูลไก่	-ประเภทของอาหาร
	-อาหาร		-ประเภท และปริมาณวัคซีน
	-น้ำ		-ระยะทางการขนส่งอาหารและวัคซีน
	-วัคซีน		-ประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิง

นอกจากนี้การจัดการภายในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการให้แสงสว่างภายในโรงเรือน การระบายอากาศภายในโรงเรือนโดยการใช้พัดลมระบายอากาศ และการเปิดระบบทำความเย็นโดยใช้การระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) รวมทั้งการเปิดระบบให้อาหารอัตโนมัติ

ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ที่รวบรวม ครอบคลุมการขนส่ง การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้น้ำ นำมาคำนวณการการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้จากสมการที่ (1)

$$CF = AD \times EF \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ CF คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CO_2eq per unit product)

AD คือ ข้อมูลกิจกรรม (mass/volume/kWh/km)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (CO_2eq per unit)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการขนส่งปูนขาว แกลบ อาหาร วัคซีน สารทำความสะอาด และน้ำยาฆ่าเชื้อ รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้นคือ มูลไก่ใช้การคำนวณจากระยะทางและภาระการขนส่งทั้งไปและกลับ ดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) ×
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า น้ำ ปูนขาว แกลบ อาหาร วัคซีน สารทำความสะอาด และน้ำยาฆ่าเชื้อ คำนวณได้ดังไปนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณที่ใช้ × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

หมายเหตุ: หน่วยที่ใช้ในการคำนวณ : ไฟฟ้า (kWh), น้ำ (L), อาหาร แกลบ ปูนขาว (kg), สารทำความสะอาด (kg), น้ำยาฆ่าเชื้อ (kg)

2) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกคำนวณตามวิธีการของ IPCC (2006) จำแนกการปลดปล่อยดังนี้

2.1) การหมักในระบบย่อยอาหารของไก่ คำนวณได้ตามสมการที่ (2)

การปลดปล่อยมีเทน = จำนวนไก่ที่เลี้ยง × ระยะเวลาในการเลี้ยง × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย.....(2)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย คือ 0.000000257 $kgCH_4$/ตัว/วัน (Wang and Hung, 2005)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการหมักในระบบย่อยอาหารของไก่สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = (2) × ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน…....(3)

หมายเหตุ: ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ 28

2.2) การจัดการมูลสัตว์

- การปลดปล่อยมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

การปลดปล่อยมีเทน = จำนวนไก่ที่เลี้ยง × ระยะเวลาในการเลี้ยง × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ..... (4)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย คือ 0.02 $kgCH_4$/ตัว/ปี

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการจัดการมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = (4) × ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน .....(5)

หมายเหตุ: ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ 28

- การปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์ มีวิธีการคำนวณดังนี้

1. ปริมาณการขับถ่าย N (Nex) = อัตราการขับถ่ายของไก่ × น้ำหนักตัว × ระยะเวลาในการเลี้ยง..... (6)

หมายเหตุ : อัตราการขับถ่ายของไก่ 1.10 kgN/1,000 kg animal mass/วัน

2. ปริมาณ N ทั้งหมด = (6) × จำนวนไก่ที่เลี้ยง..... (7)

3. การปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ = (7) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย..... (8)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจากการจัดการมูลสัตว์ คือ 0.02 kgN_2O-N/kgN ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการจัดการมูลสัตว์สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = (8) × ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ….(9)

หมายเหตุ: ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ 265

- การปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ มี 2 กระบวนการที่เกี่ยวข้อง คือ การสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ $NH_3 + NO_x$ และการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างของมูลสัตว์ มีการคำนวณ 2 วิธี ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การคำนวณการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ $NH_3 + NO_x$ มีสมการที่เกี่ยวข้อง 2 สมการคือ

1.1 ปริมาณการสูญเสีย N ในรูปของ $NH_3 + NO_x$ = (6) × ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย N ในรูปของ $NH_3 + NO_x$ × จำนวนไก่ทั้งหมด …….....(10)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียฯ คือ 0.40

1.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O = (10) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย × 44/28..... (11)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย คือ 0.01 kgN_2O-N/kgN

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการจัดการมูลสัตว์โดยอ้อม สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (12)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = (11) × ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน…(12)

หมายเหตุ: ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ 265

2. การคำนวณการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างของมูลสัตว์ มีสมการที่เกี่ยวข้อง 2 สมการ คือ

2.1 ปริมาณการสูญเสีย N = (6) × ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียฯ × จำนวนไก่ทั้งหมด…….. (13)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียฯ คือ 0.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O = (13) × ค่าสัมประสิทธิ์
การปลดปล่อย × 44/28 ……..... (14)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย คือ 0.0075 kgN_2O-N/kgN

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการชะล้างของมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (15)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = (14) × ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน … (15)

หมายเหตุ: ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ 265

จากสมการที่ใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สมีเทน และไนตรัสออกไซด์ ใช้ข้อมูลปฐมภูมิในการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 3.5 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลปฐมภูมิ	การเก็บข้อมูล
จำนวนไก่	สัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย
ระยะเวลาในการเลี้ยง	สัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย
น้ำหนักไก่	สัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย

หมายเหตุ: จากการสัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลี้ยงไก่จำนวน 2,800 - 3,000 ตัวต่อโรงเรือน และระยะเวลาการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์รุ่นละ 16 เดือน

3) การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่

การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช ตรวจวัดโดยใช้เครื่อง CO_2 analyzer (LI-COR, Inc., USA) ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเชื่อมต่อกับกล่องอะคริลิค (Chamber) ที่มีไก่เนื้อโคราชอยู่ภายใน การตรวจวัดนี้ทำให้ได้ข้อมูลของการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงแบบต่อเนื่อง (real time)

3.1) เครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่อง CO_2 analyzer (LI-COR, Inc., USA)
2. คอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่อง CO_2 analyzer

3. กล่องแบบปิด (Closed chamber)

4. หลอดไฟสำหรับกกลูกไก่

5. สุ่มขังไก่ และอุปกรณ์ในการเลี้ยงไก่

6. อาหารไก่ 0 - 3 สัปดาห์ และอาหารไก่ไข่อายุ 20 สัปดาห์ถึงปลดระวาง

7. ลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ และพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์อายุ 20 สัปดาห์

รูปที่ 3.4 เครื่อง CO_2 analyzer (LI - COR, Inc., USA)

3.2) การออกแบบการทดลอง

3.2.1) การศึกษาครั้งนี้ทำการเลือกตัวอย่างไก่ 3 ช่วงอายุมาใช้ในการศึกษา คือ ลูกไก่เพิ่งฟักจำนวน 11 ตัวอย่าง ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์จำนวน 3 ตัวอย่าง และพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชอายุ 20 สัปดาห์ จำนวน 2 ตัวอย่าง ไก่ที่ได้มาจากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ถูกพักเลี้ยงก่อน 2 วันเพื่อให้ไก่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ ก่อนเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ตามช่วงอายุ โดยลูกไก่เพิ่งฟักมีกกเพื่อให้ความอบอุ่นด้วยหลอดอินฟราเรดดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การกกลูกไก่เพิ่งฟักด้วยหลอดอินฟราเรด

3.2.2) เก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องปิด ลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม 2 ขนาด คือ ขนาด 80×80×80 ลูกบาศก์เซนติเมตรใช้สำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช และขนาด 19.60×18.90×29.70 ลูกบาศก์เซนติเมตรใช้สำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากลูกไก่เพิ่งฟัก และอายุ 3 สัปดาห์ โดยกล่องปิดสร้างจากอะคริลิคใส บริเวณรอยต่อของกล่องระหว่างแผ่นอะคริลิคใช้ซิลิโคนปิดทับเพื่อป้องกันการรั่วของแก๊ส ภายในกล่องปิดมีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิขณะทำการเก็บตัวอย่าง ดำเนินการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 09.00 น.

3.3) การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊ส

3.3.1) การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง

เตรียมความพร้อมของกล่องปิดโดยนำท่อนำตัวอย่างแก๊สจากกล่องปิด ต่อเข้าปั๊มขนาดเล็กซึ่งมีหน้าที่นำตัวอย่างแก๊สส่งเข้าเครื่อง CO_2 analyzer ให้ผลแบบ real time ส่งข้อมูลผ่าน เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.6

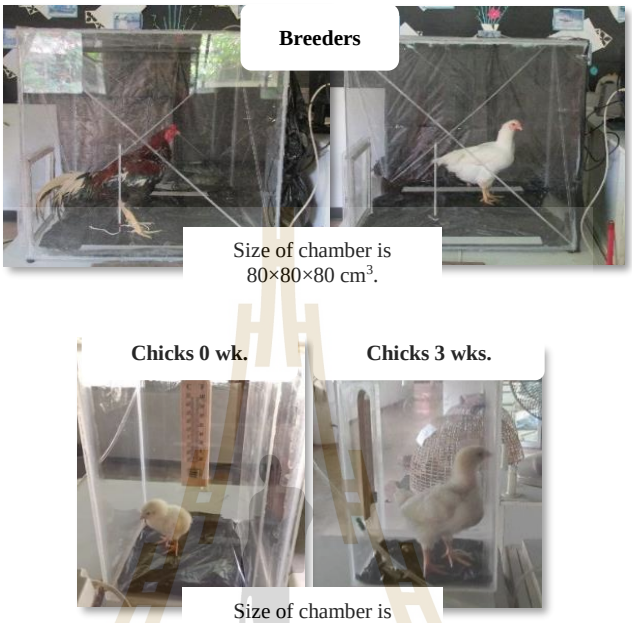
3.3.2) การเก็บตัวอย่างแก๊ส

1. ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์พื้นฐานในกล่องปิดเป็นเวลา 5 นาที เพื่อพิจารณาปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกล่องปิดที่มีอยู่เดิม

2. นำลูกไก่หรือไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เข้าไปในกล่องปิด ปิดฝากล่องให้สนิทดำเนินการตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของลูกไก่หรือไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ดังรูปที่ 3.7 และจดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในกล่องปิด และความดันบรรยากาศของวันที่ทำการศึกษา

รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่

การเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ทั้ง 3 ช่วงอายุ มีวิธีการเก็บตัวอย่างที่คล้ายกันแตกต่างที่ขนาดของกล่องปิด และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตัวอย่างลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์และพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

- การเก็บตัวอย่างแก๊สจากลูกไก่เนื้อโคราชเพิ่งฟัก จำนวน 11 ตัวอย่าง ใช้เวลาเก็บตัวอย่างละ 5 นาที ทำการตรวจวัด 4 ครั้งใน 1 ตัวอย่าง

- การเก็บตัวอย่างแก๊สจากลูกไก่เนื้อโคราชอายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 3 ตัวอย่าง ใช้เวลาเก็บตัวอย่างละ 5 นาที ทำการตรวจวัด 10 ซ้ำใน 1 ตัวอย่าง

- การเก็บตัวอย่างแก๊สจากพ่อพันธุ์ 1 ตัวอย่างใช้เวลา 5 นาที และแม่พันธุ์ 1 ตัวอย่างใช้เวลา 10 นาที ทำการตรวจวัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง

3.3.3) การคำนวณความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจก

การประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สนใจ สามารถคำนวณได้จากความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกที่เปลี่ยนแปลงไปภายในกล่องต่อระยะเวลาที่ใช้เก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการเส้นตรง (Linear regression) ผลการคำนวณได้

เป็นอัตราการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่สนใจ ต่อหน่วยของพื้นที่ และเวลา (mg/m^2hr) (นเรศ และคณะ, 2553) ดังสมการที่ 16

$$E = \frac{XhM}{RT} \quad \text{..... (16)}$$

เมื่อ E คือ อัตราการปลดปล่อยแก๊ส (mg/m^2hr)

X คือ การเปลี่ยนแปลงของแก๊สภายใน chamber (ppm/hr)

h คือ ความสูงของ chamber (m)

M คือ มวลโมเลกุลของแก๊ส (MW_{CO2} = 44.01 g/mol, MW_{CH4} = 16.04 g/mol)

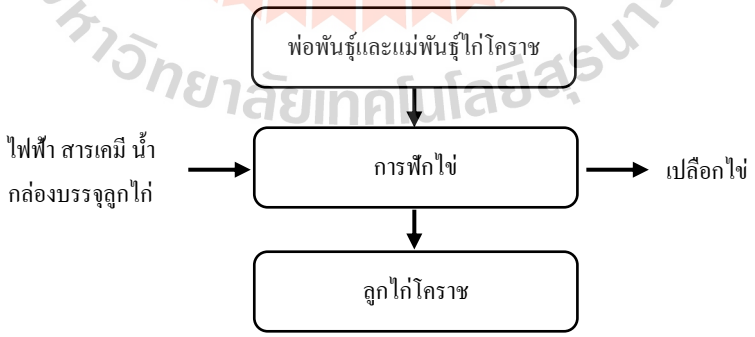
R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 0.0821 (L atm/K mol)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K) ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

3.2.1.2 การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

1) การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในการผลิตลูกไก่

การผลิตลูกไก่เนื้อโคราชเป็นขั้นตอนการผลิตที่เกิดขึ้นภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย ดังนั้นข้อมูลปฐมภูมิจึงได้มาจากการสัมภาษณ์นักวิชาการเช่นเดียวกับขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตลูกไก่โคราชสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กระบวนการสำคัญในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

การผลิตลูกไก่โคราชมีกระบวนการฟักไข่ รอบละ 21 วัน โดยเริ่มจากการฟักในตู้ฟักใช้เวลาประมาณ 18 วัน หลังจากนั้นจะย้ายเข้าตู้เกิดในวันที่ 19 เมื่อครบระยะเวลา 21 วัน

จะได้ลูกไก่โคราชสำหรับการเลี้ยงในฟาร์มของเกษตรกรต่อไป ซึ่งกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชมีขั้นตอนเหมือนกับการฟักไข่ของ กระบวนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ จึงรวบรวมข้อมูล และใช้การสัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คำนวณจากการขนส่ง ด่างทับทิม ฟอร์มาลีน คลอโรฟอร์ม และกล่องกระดาษบรรจุลูกไก่ โดยการคำนวณครอบคลุมทั้งขาไปและขากลับ ดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า น้ำ ด่างทับทิม ฟอร์มาลีน คลอโรฟอร์ม คำนวณดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณที่ใช้ × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

หมายเหตุ: หน่วยที่ใช้ในการคำนวณ: ไฟฟ้า (kWh), น้ำ (L), ด่างทับทิม ฟอร์มาลีน คลอโรฟอร์ม (kg)

2) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย

บ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชเป็นบ่อคอนกรีตทรงกลมขนาดความจุประมาณ 2.3 ลูกบาศก์เมตร มีการขุดหลุมฝังวงซีเมนต์ทรงกลมลงในดินมีความลึกประมาณ 3 เมตร ตั้งอยู่ภายในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้านบนของบ่อเป็นฝามีช่องเปิดสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 0.37 ม.×0.37 ม. เพื่อใช้สำหรับทิ้งซากไก่พ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ และลูกไก่ที่ตายระหว่างการเลี้ยง รวมทั้งลูกไก่คัดทิ้งจากกระบวนการฟักเพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกร

- เครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่อง Testo® 350 (Testo GmbH, Germany)
2. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID) (Agilent 7890A, USA)
3. ถุงเก็บตัวอย่างแก๊ส (Tedlar® bag)
4. กล่องแบบปิด (Closed chamber)

5. กระบอกฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตร

6. เทอร์โมมิเตอร์

7. ดินน้ำมัน

8. แก๊สมีเทนความเข้มข้นมาตรฐาน 19.5 ppm (Air Liquide, Thailand)

- การออกแบบการทดลอง

การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชใช้กล่องแบบปิด (Closed chamber) ทำด้วยอะคริลิคใส ทรงสี่เหลี่ยมมีปลายเปิดเพียงด้านเดียว ขนาด 35×35×65 ลูกบาศก์เซนติเมตร ภายนอกกล่องใช้ซิลิโคนปิดทับตามแนวของรอยต่อทั้งหมดระหว่างแผ่นอะคริลิคเพื่อป้องกันการรั่วของแก๊ส ด้านบนมีท่อขนาดเล็กสำหรับการเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทน ดังรูป 3.9 และด้านข้างของกล่องมีช่องเจาะต่อเข้ากับเครื่องวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังรูป 3.11ภายในกล่องมีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างแก๊สดำเนินการทุก 2 สัปดาห์ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง มกราคม พ.ศ. 2561 ซึ่งการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของฟาร์มมหาวิทยาลัยมีกิจกรรมที่ค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการเลี้ยงในระยะเวลาประมาณ 16 เดือน การเก็บตัวอย่างจึงดำเนินการในเวลา 3 เดือน หรือประมาณร้อยละ 20 ของช่วงเวลาการเลี้ยงพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ มีการเก็บตัวอย่างแก๊สรวม 5 ครั้ง และดำเนินการในช่วง 08.00 - 09.00 น.

- การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊ส

(1) การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างแก๊สทำโดยนำกล่องวางคว่ำลงบนฐานไม้อัดซึ่งมีช่องว่างตรงกลาง ใช้ดินน้ำมันปิดทับรอยต่อระหว่างกล่องและฐานไม้ให้สนิท วางชุดเก็บตัวอย่างแก๊สบนฝาซีเมนต์ซึ่งมีช่องว่างสำหรับทิ้งซากไก่ที่มีดินเหนียวปั้นเป็นคันดินโดยรอบ กดฐานกล่องให้แน่นสนิทกับคันดิน เพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊ส การเก็บตัวอย่างเริ่มจากนาทีที่ 0 - 30 นาที

(2) การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทน

การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนใช้กระบอกฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างจากท่อเก็บตัวอย่าง จากนั้นถ่ายตัวอย่างแก๊สสู่ถุงเก็บตัวอย่างแก๊ส (Tedlar® bag) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เก็บตัวอย่างแก๊สทุก 3 นาที จนครบ 30 นาที รวมทั้งสิ้น 11 ตัวอย่างต่อการดำเนินการทดลอง 1 ครั้ง และนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊สมีเทนในตัวอย่างด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID) (รูปที่ 3.10) โดยใช้แก๊สมีเทนความเข้มข้นมาตรฐาน 19.5 ppm (Air Liquide, Thailand) ในการหาความเข้มข้นเชิงปริมาณ

รูปที่ 3.9 การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนจากกล่องแบบปิดและถ่ายตัวอย่างสู่ถุงเก็บแก๊ส

สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมีเทนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID) (Agilent 7890A, USA) และแยกด้วยคอลัมน์แบบ Packed column (Molecular Sieve 13X) ความยาว 3.50 เมตร (Agilent Inc., USA) โดยเป็นเงื่อนไขที่ได้จากการการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แสดงได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น

ปัจจัยที่ส่งผลในการวิเคราะห์	สภาวะที่เหมาะสม
อุณหภูมิของ Injection port (องศาเซลเซียส)	250
โหมด Split	20:1
อุณหภูมิของ FID detector (องศาเซลเซียส)	250
อุณหภูมิคอลัมน์	
- อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	50
- เวลาที่คงไว้ที่อุณหภูมิเริ่มต้น (นาที)	3
- อัตราเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส/นาที)	15
- อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	150
- เวลาที่คงไว้ที่อุณหภูมิสุดท้าย	3
อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน (มิลลิลิตร/นาที)	30
อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน (มิลลิลิตร/นาที)	400
อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน (มิลลิลิตร/นาที)	10
อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม (มิลลิลิตร/นาที)	5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.10 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID) (Agilent 7890, USA)

(3) การเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบให้ค่าโดยตรง (Real - time) Testo® 350 (Testo GmbH, Germany) เชื่อมต่อกับกล่องเก็บแก๊ส โดยสอดหัวเก็บตัวอย่างแก๊สเข้าไปในจุดเก็บตัวอย่าง ใช้ดินน้ำมันปิดทับช่องว่างระหว่างหัวเก็บตัวอย่างและกล่อง ดังรูป 3.11 มีระยะเวลาการเก็บตัวอย่างแก๊สรวม 30 นาที บันทึกค่าทุก 1 วินาที

รูปที่ 3.11 การตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Testo® 350

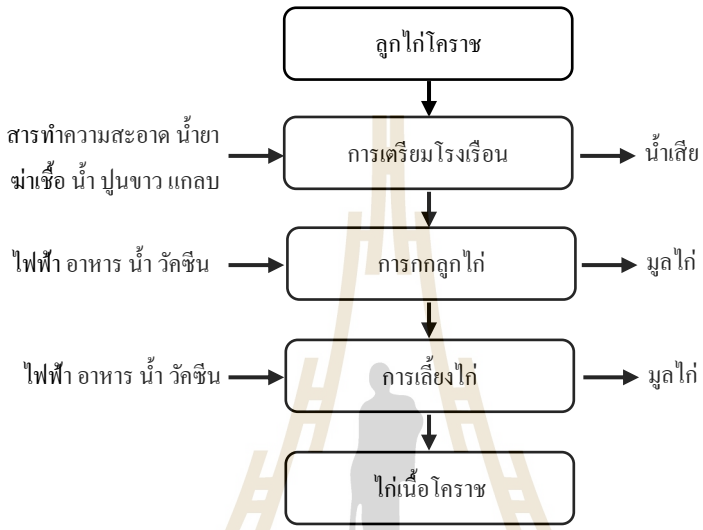
การคำนวณเพื่อประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก

เมื่อทราบปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภาคสนามของบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช จะถูกนำมาคำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊ส ต่อหน่วยพื้นที่และเวลา ดังสมการที่ 16 ที่กล่าวไว้ข้างต้น

3.2.1.3 การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

1) การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

ในขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชเป็นขั้นตอนที่เกษตรกรเป็นผู้มารับลูกไก่จากฟาร์มมหาวิทยาลัยไปเลี้ยงที่ฟาร์มของเกษตรกรดังนั้นข้อมูลส่วนนี้ได้จากการสัมภาษณ์นักวิชาการฟาร์ม และการสัมภาษณ์การเลี้ยงไก่จากเกษตรกร ซึ่งขั้นตอนการเลี้ยงไก่โคราชแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 กระบวนการสำคัญในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

2) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชตามแนวทางของ IPCC (2006)

การคำนวณในส่วนนี้ทำตาม การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ การรวบรวมข้อมูลแสดงดังตาราง 3.7

ตารางที่ 3.7 การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณ

ข้อมูลปฐมภูมิ	การเก็บข้อมูล
จำนวนไก่	สัมภาษณ์เกษตรกร
ระยะเวลาในการเลี้ยง	สัมภาษณ์เกษตรกร
น้ำหนักไก่	สัมภาษณ์เกษตรกร

การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชในฟาร์มของเกษตรกรทำการเก็บข้อมูลการเลี้ยงของเกษตรกรทั้งหมด 21 ราย เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมลักษณะการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรมากที่สุด ทำการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการขนส่ง

ปูนขาว แกลบ อาหาร วัคซีน สารทำความสะอาด กล่องกระดาษบรรจุลูกไก่ และน้ำยาฆ่าเชื้อ รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้น คือ เศษบรรจุภัณฑ์ และมูลไก่ โดยการคำนวณครอบคลุมทั้งขาไปและขากลับ ดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) ×
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า น้ำ ปูนขาว แกลบ อาหาร วัคซีน สารทำความสะอาด และน้ำยาฆ่าเชื้อ คำนวณดังนี้

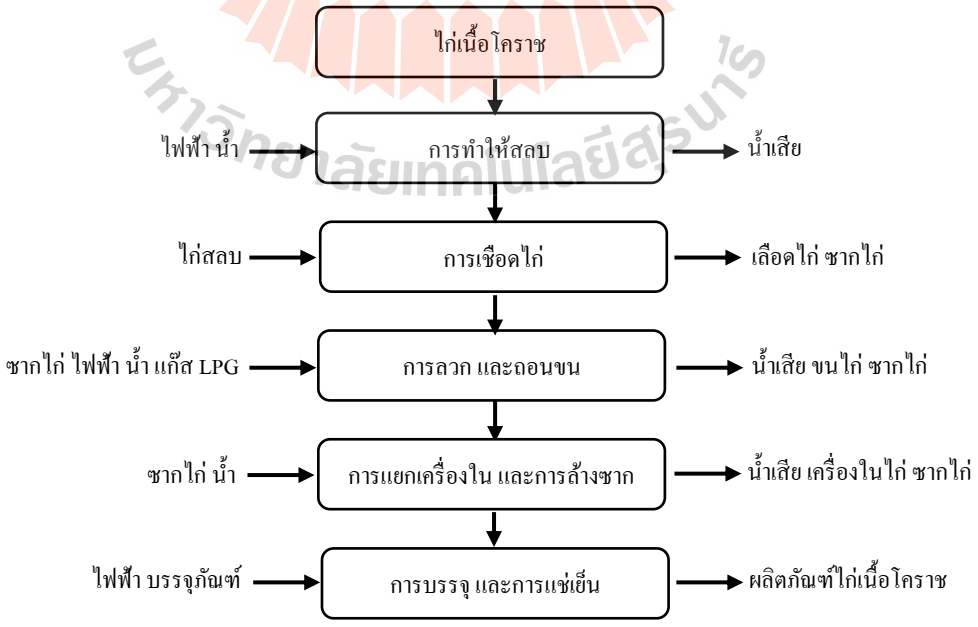
ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณที่ใช้ × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

หมายเหตุ: หน่วยที่ใช้ในการคำนวณ: ไฟฟ้า (kWh), น้ำ (L), อาหาร แกลบ ปูนขาว (kg), สารทำความสะอาด (kg), น้ำยาฆ่าเชื้อ (kg)

3.2.2 กระบวนการผลิต

การชำแหละไก่เนื้อโคราช

ไก่เนื้อโคราชเมื่อโตเต็มที่ถูกส่งเข้าโรงเชือดขนาดเล็กที่อยู่ไม่ไกลจากฟาร์มเลี้ยงไก่ โดยมีรูปแบบการสั่งเชือดเป็นแบบไก่กลม คือ ไม่มีการแยกชิ้นส่วน ควักเอาเครื่องในออกอย่างเดียว ขั้นตอนในการเชือดไก่แสดงรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช

จากรูปที่ 3.13 แสดงขั้นตอนในการเชือดไก่ในโรงงานขนาดเล็ก เริ่มตั้งแต่การรับไก่ การช็อตไฟฟ้าเพื่อให้ไก่สลบ การเชือดคอไก่ การลวก และการถอนขน เป็นต้น ซึ่งใช้ข้อมูลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังนี้

ตารางที่ 3.8 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการชำแหละไก่เนื้อโคราช

ขั้นตอนการชำแหละไก่เนื้อโคราช	สารขาเข้า	สารขาออก	การเก็บข้อมูล
การรับไก่	-ไก่เนื้อโคราชมีชีวิต		-ระยะทางจากฟาร์มถึงโรงเชือด -ประเภทของยานพาหนะและเชื้อเพลิงที่ใช้ -จำนวนของไก่
การทำให้สลบ	-ไฟฟ้า -ไก่เนื้อโคราชมีชีวิต -น้ำสะอาด	-ไก่สลบ -น้ำเสีย	-ขนาดของอ่างช็อตไฟ และปริมาณไฟฟ้า -ปริมาณของน้ำใช้ และปริมาณของน้ำเสียที่เกิดขึ้น -วิธีการบำบัดน้ำเสีย
การเชือดไก่	-ไก่สลบ	-ไก่ที่ผ่านการเชือด -เลือดไก่	-ในขั้นตอนนี้ใช้แรงงานจากมนุษย์
การลวก และการถอนขน	-ไก่ที่ผ่านการเชือด -น้ำสะอาด -แก๊สหุงต้ม LPG ไฟฟ้า	-ไก่ -น้ำเสีย -ขนไก่	-ปริมาณน้ำที่ใช้ในการลวก และการล้างตัวไก่หลังจากถอนขนเสร็จ -ปริมาณแก๊สหุงต้ม LPG -ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องถอนขน -ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น
การแยกเครื่องในและการล้างตัวไก่	-น้ำสะอาด -ไก่	-น้ำเสีย -ไก่ตัว (ไก่กลม) -เครื่องในไก่	-ปริมาณน้ำที่ใช้ และน้ำเสียที่เกิดขึ้น
การบรรจุ และการแช่เย็น	-ไก่กลม -เครื่องในไก่ -ภาชนะบรรจุ (ถุงพลาสติก) -ไฟฟ้า	-ผลิตภัณฑ์ไก่ทั้งตัว (ไก่กลม) และเครื่องในไก่	-ชนิดและ ปริมาณของการใช้บรรจุภัณฑ์ -ชนิดของอุปกรณ์แช่เย็น (ตู้แช่หรือห้องเย็น) อัตราการใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาการเปิดใช้งานของอุปกรณ์
การให้แสงสว่างและการทำความสะอาด	-ไฟฟ้า -น้ำ -น้ำยาทำความสะอาด	-น้ำเสีย	-ปริมาณการใช้น้ำ และน้ำเสียที่เกิดขึ้น -จำนวนหลอดไฟ และอัตราการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟ -ชนิด และปริมาณของน้ำยาทำความสะอาด

ขั้นตอนการชำแหละไก่เนื้อโคราชมีการขนส่งและการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้อง สามารถคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่งไก่มาจากฟาร์มของเกษตรกรมาสู่โรงเชือด การขนส่ง น้ำยาทำความสะอาด และแก๊สหุงต้ม LPG รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้น คำนวณได้ดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิง LPG ไฟฟ้า น้ำยาทำความสะอาด และน้ำ สามารถคำนวณดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณที่ใช้ × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

หมายเหตุ: หน่วยที่ใช้ในการคำนวณ: ไฟฟ้า (kWh), น้ำ (L), แก๊สหุงต้ม LPG (kg), สารทำความสะอาด (kg)

3.2.3 การจัดจำหน่าย

ขั้นตอนการจัดจำหน่ายเป็นการนำไก่เนื้อโคราชที่ผ่านการเชือดไปจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ขั้นตอนนี้ใช้ข้อมูลการขนส่ง อาทิระยะทางในการขนส่งจากโรงเชือด ถึงบริเวณจุดกระจายสินค้า ชนิดของยานพาหนะ ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 3.9 รวมทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็น หรือแช่แข็งในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนจำหน่ายและระหว่างการจำหน่าย (ข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร, 2556)

ตารางที่ 3.9 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการจัดจำหน่าย

ขั้นตอนการจัดจำหน่าย	การเก็บข้อมูล
การขนส่งผลิตภัณฑ์จากโรงเชือด	-ระยะทางการขนส่งผลิตภัณฑ์ -ชนิดของยานพาหนะ -ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

การปลดแก๊สเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากขั้นตอนการขนส่ง สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคำนวณดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้า = ปริมาณการใช้ (kWh) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/kWh)

3.2.4 การบริโภค

ในขั้นตอนการบริโภคไก่เนื้อโคราชมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาก 2 กระบวนการที่สำคัญ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้แช่เย็นหรือแช่แข็ง และการบริโภค

1) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชอาจมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพื่อรอการบริโภคด้วยวิธีการแช่เย็นหรือแช่แข็ง ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทำความเย็น (ข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร, 2556) ซึ่งคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากสมการต่อไปนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้า = ปริมาณการใช้ (kWh) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/kWh)

2) การปิ้งย่าง

ไก่เนื้อโคราชนิยมใช้ในการประกอบอาหารประเภทปิ้งย่าง การศึกษานี้ให้ความสำคัญกับการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราช ซึ่งการย่างไก่ทั้งตัวยังขาดข้อมูลดังกล่าวจึงทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

ในการศึกษานี้เลือกใช้ไก่เนื้อโคราชทั้งตัว (ไก่กลม) และสูตรการหมักไก่ 2 สูตรจากคู่มือการแปรรูปไก่เนื้อโคราช ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(1) สูตรมาตรฐาน

ส่วนประกอบ

- ไก่สด 1 ตัวน้ำหนักประมาณ	1.5	กิโลกรัม
- ข่าสด	10	กรัม
- กระเทียมไทยทั้งเปลือก	10	กรัม
- เกลือป่น	1	ช้อนชา
- ซีอิ๊วขาว	3	ช้อนโต๊ะ
- รากผักชีซอย	1	ช้อนโต๊ะ
- พริกไทย	2.5	กรัม

(2) สูตรสมุนไพรไก่สด

ส่วนประกอบ

-ไก่สด 1 ตัวน้ำหนักประมาณ	1.5	กิโลกรัม
- ตะไคร้	10	กรัม
- กระเทียม	2	กรัม
- เม็ดผักชี	2	กรัม
- พริกไทยดำ	5	กรัม
- ซีอิ๊วขาว	3	ช้อนโต๊ะ
- ซีอิ๊วดำ	0.5	ช้อนโต๊ะ

(2.1) การ**วิเคราะห์หาความชื้นจากตัวอย่าง**

ทำการวิเคราะห์หาความชื้นด้วยการอบแห้ง ตามวิธีการมาตรฐาน ASTM หมายเลข D1762-84 (นเรศ เชื้อสุวรรณ, 2555) โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนการทำดังนี้

(2.1.1) เครื่องมือและอุปกรณ์

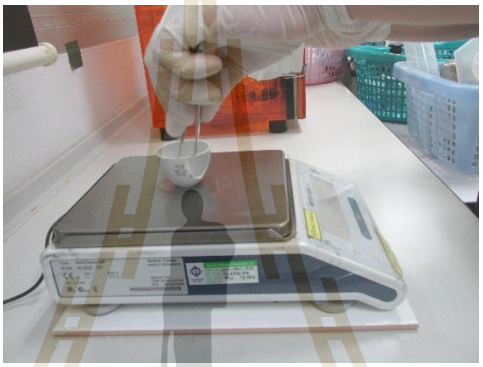
1. ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา
2. ถาดอลูมิเนียม
3. ปากคีบ
4. กระบอกฉีดน้ำกลั่น
5. ตู้ดูดความชื้น (Type OD-10, shin-ei, Thailand)
6. ตู้อบลมร้อน (UE 500, Memmert, Germany)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Switzerland)

(2.1.2) วิธีการศึกษา

1. นำถาดอะลูมิเนียม และถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาที่ผ่านการล้างทำความสะอาดเข้าตู้อบลมร้อน อบที่อุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบลมร้อนปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาจดบันทึกค่ากำหนดให้เป็น W1 และก่อนชั่งทุกครั้งต้องมีการทดสอบเครื่องชั่งด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

3. สุ่มชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ประมาณ 2 กรัม (รูปที่ 3.14) พร้อมถ้วยกระเบื้องและฝา จดบันทึกค่ากำหนดให้เป็น W_2



รูปที่ 3.14 การชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ประมาณ 2 กรัม

4. นำถ้วยกระเบื้องและฝาวางลงบนถาดอะลูมิเนียม เขย่าถาดเล็กน้อยเพื่อให้ตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอในก้นถ้วย

5. นำถาดอะลูมิเนียมพร้อมกับถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างบรรจุอยู่ภายในเข้าตู้อบลมร้อน อบที่อุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะอบให้เปิดฝาวางไว้ในถาดอะลูมิเนียม (รูปที่ 3.15)

รูปที่ 3.15 เปิดฝาถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างก่อนนำเข้าอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อน

6. เมื่อครบเวลานำถาดอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างออกจากตู้อบลมร้อน และปิดฝาถ้วยกระเบื้องให้สนิท ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 3 ชั่วโมง

7. ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างอยู่ภายในพร้อมฝาที่ผ่านการอบจดบันทึกค่ากำหนดให้เป็น W_3

8. คำนวณน้ำหนักแห้ง และบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่คำนวณได้ ซึ่งสามารถคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

$$\%\ \text{น้ำหนักแห้ง (DM)} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ } (W)_3 - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า } (W)_1 \times 100}{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างก่อนอบ } (W)_2 - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า } (W)_1}$$

การคำนวณหา % ความชื้นสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%\ \text{ความชื้น} = 100 - \%\ \text{DM}$$

กำหนดให้ : W_1 คือ น้ำหนักถ้วยเปล่าพร้อมฝา (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 คือ น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

(2.2) การประมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการปิ้งย่าง

ทำการศึกษาแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยขณะทำการปิ้งย่าง 2 ชนิดคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo 350 ส่วนแก๊สมีเทนวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยมีเครื่องมือ และวิธีการศึกษาดังนี้

(2.2.1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดสอบการเผาประกอบด้วย ถาดรองรับตัวอย่าง กรวยรวบรวมแก๊สและท่อระบายแก๊ส

2. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (New Classic ML, Mettler Toledo, Switzerland)

3. เครื่องชั่งละเอียด 1 ตำแหน่ง (MS 32001L, Mettler Toledo, Switzerland) และชุดตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน Mettler Toledo

4. เครื่อง Testo® 350 (Testo GmbH, Germany)

5. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิดเฟรมไอออไนเซชั่น (GC-FID) (Agilent Inc, USA)

6. แก๊สมีเทนความเข้มข้นมาตรฐาน 19.5 ppm (Air Liquide, Thailand)

8. ถุงเก็บตัวอย่างแก๊ส Tedlar® bag

9. กระบอกฉีดยา

10. ลวด

11. อลูมิเนียมฟอยล์

12. ตะแกรง

13. ถ่านไม้ยูคาลิปตัส

14. ไม้ปิ้งไก่

15. เครื่องปรุงในการหมักไก่

16. ไก่เนื้อโคราชทั้งตัว (ไก่กลม)

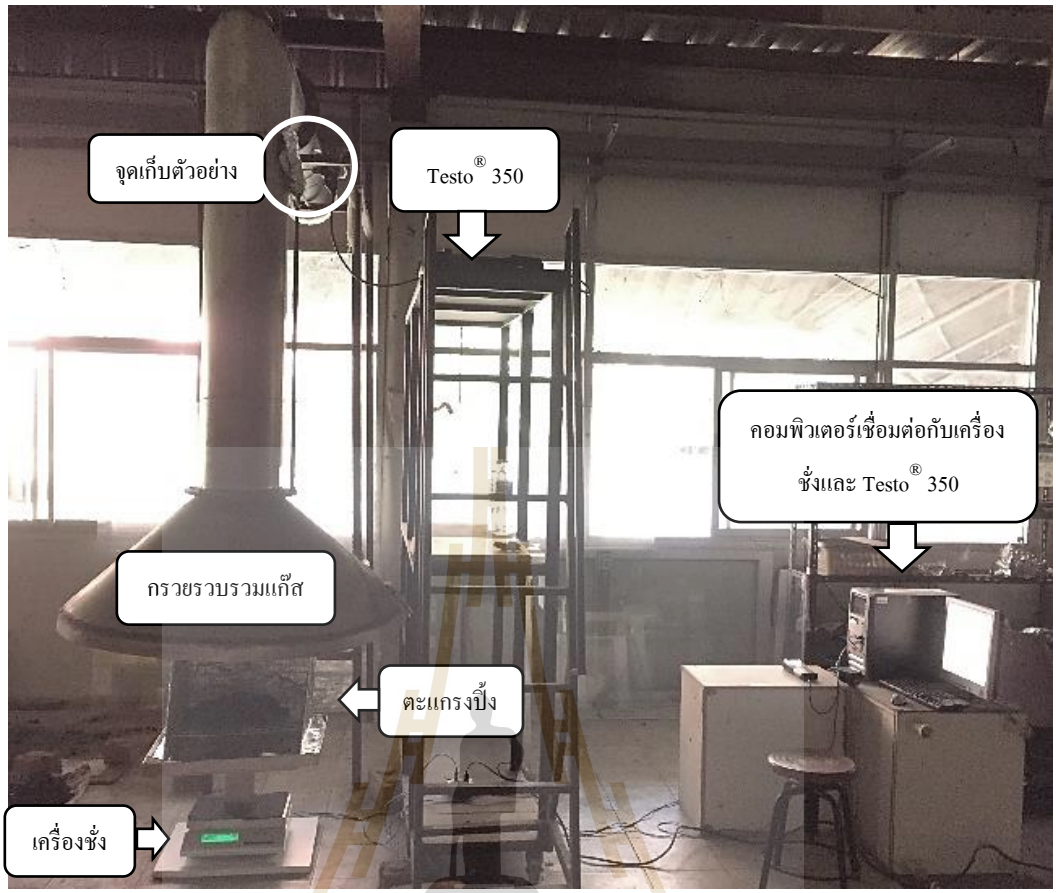
(2.2.2) การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการปิ้งย่าง

1. สอบเทียบเครื่องชั่ง Mettler Toledo (MS 32001L) โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 2 กิโลกรัม

2. ตัดอลูมิเนียมฟอยล์ตามขนาดถาดรองตัวอย่าง นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า

3. ติดตั้งอุปกรณ์การปิ้งย่าง นำเครื่องชั่ง Mettler Toledo โดยเชื่อมต่อกับชุดคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์ Lab X ™ นำถาดรองตัวอย่างที่หุ้มอลูมิเนียมฟอยล์เรียบร้อยแล้ววางลงบนเครื่องชั่ง และนำตะแกรงที่หุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ทั้งสามด้านติดตั้งลงบนถาดรองตัวอย่าง ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งภายใต้กรวยรวบรวมแก๊สสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.16 การติดตั้งอุปกรณ์ภายใต้กรวยรวบรวมแก๊สและเครื่อง Testo® 350

4. ติดตั้งเครื่อง Testo® 350 โดยสอดหัวเก็บตัวอย่างของเครื่องเข้าไปในจุดกับตัวอย่างของปล่องระบายแก๊ส และเครื่อง Testo® 350 ต้องเชื่อมต่อกับชุดคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟแวร์ Testo easyEmission® เป็นทึกข้อมูลทุก 5 วินาที จนครบเวลาการปิ้งย่างดังรูปที่ 3.16

(2.2.3) การเตรียมตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่างแก๊สจากการปิ้งย่าง

1. ชั่งน้ำหนักไก่โคราช (ไก่กลม) บนเครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง พร้อมบันทึกค่า และหมักไก่ตามสูตรทั้ง 2 สูตรดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น

2. ชั่งน้ำหนักถ่านไม้ยูคาลิปตัสบนเครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง ในการศึกษานี้ใช้ถ่านในการปิ้ง 900 กรัม

3. ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานจากบรรยากาศเป็นเวลา 5 นาทีก่อนการตรวจวัดจากการปิ้งย่าง

4. จุดไฟถ่านที่ผ่านการชั่งน้ำหนักด้วยหัวพ่นไฟ (Torch) (รูปที่ 3.17) เมื่อถ่านติดไฟดี จึงนำตัวอย่างไก่เนื้อโคราชที่ผ่านการชั่งน้ำหนักมาย่างบนตะแกรงที่เตรียมไว้

รูปที่ 3.17 การจุดไฟถ่านที่ผ่านการชั่งน้ำหนักด้วยหัวพ่นไฟ (Torch)

5. เมื่อนำไก่ย่างบนตะแกรง (รูปที่ 3.18) บันทึกค่าการปลดปล่อยแก๊สจากการปิ้งไก่จนกระทั่งไก่สุกใช้ระยะเวลา 30 นาที และในขณะการปิ้งย่างมีการทาน้ำมันพืชเป็นระยะตามวิธีการปิ้งย่างของทั้ง 2 สูตร

รูปที่ 3.18 การปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชบนตะแกรงภายใต้กรวยรวบรวมแก๊ส

- การตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการปิ้งย่าง ความเร็วลม และอุณหภูมิภายในปล่องระบายแก๊ส ด้วยเครื่อง Testo®350 (รูปที่ 3.19)

รูปที่ 3.19 การตรวจวัด CO_2 ความเร็วลม และอุณหภูมิภายในปล่องด้วยเครื่อง Testo® 350

- การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนจากการปิ้งย่าง (รูปที่ 3.20) ด้วยการนำกระบอกฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างแก๊สจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างของปล่องระบายแก๊ส จากนั้นถ่ายตัวอย่างที่ได้ไปสู่ถุงเก็บตัวอย่างแก๊ส Tedlar® bag โดยเริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่นาทีที่ 0 และเว้นระยะห่างทุก 3 นาที จนครบเวลาปิ้งย่าง และนำตัวอย่างแก๊สมีเทนไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง GC-FID ด้วยสภาวะการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3.6 ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น

รูปที่ 3.20 การเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

6. เมื่อครบเวลาจากการปิ้งย่าง ปล่อยให้ตัวอย่างไก่เย็นลงจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก และจดบันทึกค่า

7. ข้อมูลความเข้มของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทนที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง นำไปสู่การคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จากการปลดปล่อยจากสมการต่อไปนี้

$$E_i = \frac{10^{-3}}{m_{fd}} \int_{t_0}^{t_f} A_s u C_i \frac{W_i}{22.4} dt$$

เมื่อ E_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

m_{fd} คือ น้ำหนักของวัตถุดิบที่ถูกเผาไหม้

t_0 คือ เวลาเริ่มต้นในการเผาไหม้

t_f คือ เวลาสิ้นสุดการเผาไหม้

A_s คือ พื้นที่ผิวของปล่องควัน

u คือ ความเร็วลมในปล่องควัน

C_i คือ ความเข้มข้นของแก๊สที่ตรวจวัด

W_i คือ มวลโมเลกุลของแก๊สที่ตรวจวัด

3.2.5 การจัดการของเสีย

ขั้นตอนการจัดการของเสียจะพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นภายหลังการบริโภคผลิตภัณฑ์ คือ บรรจุภัณฑ์ กระดูกไก่ การเก็บข้อมูลในการจัดการของเสียสามารถแสดงดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 การเก็บข้อมูลขั้นตอนการจัดการของเสีย

ขั้นตอนการจัดจำหน่าย	การเก็บข้อมูล
การขนส่งของเสีย	-ปริมาณของเสีย -ระยะทางการขนส่งของเสีย -ประเภทของยานพาหนะ -ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

ขั้นตอนการจัดการของเสียมีกระบวนการขนส่งจากแหล่งกำเนิดของขยะมาสู่หลุมฝังกลบ สามารถคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากสมการต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ระยะทาง (km) × ภาระการขนส่ง (kg) ×
ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/km)

จากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและมีวิธีการบำบัดโดยการฝังกลบด้วยหลุมฝังกลบ สามารถคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนดังนี้

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณของเสีย (km) × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ($kgCO_2$-eq/kg)

3.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้วัตถุดิบ และพลังงานรวมถึงการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต และการขนส่ง รวมถึงกระบวนการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถทำได้โดยนำค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่คำนวณได้จากกระบวนการที่เกี่ยวข้องมารวมกันซึ่งอ้างจากสมการที่ 1 ดังนี้

$$CF = AD \times EF \quad \text{..... (1)}$$

$$CF_{Total} = CF_A + CF_B + CF_C + CF_D + CF_E + CF_F + CF_G$$

โดยกำหนดให้

CF_A: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการผลิตพ่อ - แม่พันธุ์

CF_B: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการผลิตลูกไก่

CF_C: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการเลี้ยงไก่

CF_D: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการชำแหละ

CF_E: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการจัดจำหน่าย

CF_F: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการบริโภค

CF_G: ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของขั้นตอนการจัดการของเสีย

การแสดงผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ควรแสดงผลด้วยตัวเลขที่มีนัยสำคัญ 3 ตัว ซึ่งการปัดเศษตัวเลขจากการคำนวณอ้างตามมาตรฐาน มอก. 929 - 2533 คือ เมื่อค่าจากการคำนวณมีทศนิยมน้อยกว่า 0.5 ให้ปัดลง หรือเท่ากับ 0.5 ให้ปัดขึ้น และในกรณีที่ผลการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 1 กิโลกรัมให้แสดงผลเป็นกรัม รวมทั้งการเขียนรายงานผลให้มีระยะห่างระหว่างตัวเลขและหน่วย 1 ตัวอักษร (แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2561)

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิของวัฏจักรชีวิตการผลิตไก่เนื้อโคราช ตั้งแต่กระบวนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช การเลี้ยงไก่ การเชือดชำแหละกระบวนการบริโภค ตลอดจนถึงการจัดการของเสียจากการบริโภค มีผลประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราชดังนี้

4.1 บัญชีรายการของกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช

ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิครอบคลุมการใช้พลังงาน สารเคมี และการขนส่งใช้ทำบัญชีรายการขาเข้า - ขาออกของแต่ละกระบวนการมีดังนี้

4.1.1 การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตไข่ฟัก

การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย โดยกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตลูกไก่ของพ่อพันธุ์ (ไก่เหลืองหางขาว) ใช้ไข่ไก่ 1,300 ฟอง และการผลิตลูกไก่แม่พันธุ์ (ไก่มทส.) ใช้ไข่ฟัก 7,000 ฟอง ไข่ไก่มีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กรัม/ฟอง การใช้น้ำประมาณการจากข้อมูลการสัมภาษณ์นักวิชาการฟาร์มมหาวิทยาลัย พบว่าถ้าฟักไข่ 10,000 ฟอง ใช้น้ำประมาณ 200 ลิตร ทำความสะอาดอุปกรณ์ของขั้นตอนการฟักไข่ ดังนั้นในการผลิตลูกไก่ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ใช้ไข่ฟัก 8,300 ฟอง จึงมีปริมาณการใช้น้ำประมาณ 166 ลิตร ส่วนปริมาณน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) และน้ำหนักเปลือกไข่ได้จากการชั่งน้ำหนักภายหลังการฟักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฟองประมาณ 4.66 กรัม (รายละเอียดดังภาคผนวก ข. 1 - ข. 2) รวมทั้งการฟักไข่ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อครั้งประมาณ 1,034.63 kWh (รายละเอียดดังภาคผนวก ค) การฟักไข่ใช้สารเคมีหลัก คือ (1) ด่างทับทิมใช้รมควันฆ่าเชื้อโรคภายในตู้ฟักและตู้เกิด (2) คลอโรฟอร์มใช้ทำลายลูกไก่ที่ไม่สมบูรณ์หรือลูกไก่คัดทิ้ง

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์หลักของกระบวนหลัก คือ (1) ลูกไก่ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์สุขภาพดีที่นำไปเลี้ยงเป็นพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ต่อไป (2) ผลิตภัณฑ์ร่วมเป็นไข่ฟักที่ไม่มีเชื้อไว้จำหน่าย และ (3) ของเสียคือ ลูกไก่คัดทิ้ง เปลือกไข่ และน้ำเสีย ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 บัญชีรายการทรัพยากรในการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

รายการขาเข้า		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณ**
ไข่ไก่	กิโลกรัม	498.00
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	0.31
น้ำประปา	ลิตร	166.00
ฟอร์มาลีน	กิโลกรัม	6.00×10^{-2}
คลอโรฟอร์ม	กิโลกรัม	3.40×10^{-3}
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1,034.63
รายการขาออก		
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	กิโลกรัม	55.86
ไข่ตายโคม	กิโลกรัม	33.96
ไข่เสียหาย	กิโลกรัม	0.84
ลูกไก่คัดทิ้ง	กิโลกรัม	2.72
ลูกไก่สุขภาพดี	กิโลกรัม	268.84
เปลือกไข่	กิโลกรัม	32.00
น้ำเสีย	ลิตร	119.00

4.1.2 การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อผลิตไข่ฟัก

พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเลี้ยงในโรงเรือนปิด มีการเลี้ยงประมาณ 3,024 ตัวต่อโรงเรือนเพื่อผลิตไข่สำหรับการฟักเป็นลูกไก่เนื้อโคราช มีสัดส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ คือ 1 ต่อ 5 ตัว กระบวนการเลี้ยงลูกไก่เพื่อผลิตเป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชต้องผลิตลูกไก่มากกว่าจำนวนไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ต้องการประมาณ 1 เท่า เนื่องจากโอกาสได้ลูกไก่เพศผู้ - เมียคิดเป็นร้อยละ 50 เมื่อเลี้ยงลูกไก่ผ่านไปประมาณ 2 สัปดาห์ จะมีการคัดทิ้งลูกไก่ที่ไม่ต้องการ คือ การผลิตพ่อพันธุ์จะคัดไก่เพศเมียทิ้ง และการผลิตแม่พันธุ์จะคัดไก่เพศผู้ทิ้ง ลูกไก่ที่คัดทิ้งจากขั้นนี้มีประมาณ 3,024 ตัวจะถูกกำจัดด้วยการรมไอคลอโรฟอร์ม และซากไก่ถูกกำจัดด้วยการนำไปทิ้งลงในบ่อทิ้งซากภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย ระยะเวลาการเลี้ยงไก่ 16 เดือนจะมีอัตราการตายของไก่ประมาณร้อยละ 10 หรือประมาณ 673 ตัว รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 บัญชีรายการในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก

รายการขาเข้า		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณทั้งหมด**
ลูกไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์	ตัว	6,721.00
อาหารเบอร์ 531 N	กิโลกรัม	4,107.00
อาหารเบอร์ 532 N	กิโลกรัม	21,023.00
อาหารเบอร์ 534 NF	กิโลกรัม	111,093.00
วัคซีน	ลิตร	7.26
วิตามิน	ลิตร	77.00
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	กิโลกรัม	109.00
แกลบ	กิโลกรัม	6,000.00
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	9.00
ปูนขาว	กิโลกรัม	30.00
คลอโรฟอร์ม	กิโลกรัม	0.15
น้ำประปา	ลิตร	1,913,860.00
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	38,057.15
รายการขาออก		
พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ปลดระวาง	ตัว	3,024.00
ไข่ไก่ฟัก	กิโลกรัม	27,551.00
ซากไก่ตาย	ตัว	673.00
ลูกไก่คัดทิ้ง	ตัว	3,024.00
น้ำเสีย	ลิตร	6,642.51
ถุงอาหาร	กิโลกรัม	68.00
แกลบและมูลไก่	กิโลกรัม	16,064.11

ตารางที่ 4.2 เป็นค่าประมาณตลอดช่วงการเลี้ยง 16 เดือน รายการขาเข้าหลักประกอบด้วย อาหาร น้ำประปา วัสดุที่ใช้ในโรงเรือน และการใช้พลังงานไฟฟ้า รายละเอียดมีดังนี้

- การใช้ไฟฟ้าได้จากข้อมูลในฟาร์มมหาวิทยาลัย 16 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (รายละเอียดดังภาคผนวก ข. 3)
- การใช้น้ำเก็บข้อมูลจากโรงเรือนเลี้ยงไก่ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2560 (3 เดือน) (รายละเอียดในภาคผนวก ข. 4) มีการใช้ข้อมูลทุติยภูมิคำนวณปริมาณน้ำใช้ทำความสะอาดโรงเรือน กำหนดให้ใช้น้ำ 1 ลิตรต่อ 1 ตารางเมตรของโรงเรือน (พวงเพชร ปฏิญาณานุวัต, 2554) และใช้น้ำทำความสะอาดไลน์ให้น้ำ 378.50 ลิตรต่อไลน์น้ำยาว 4,000 ฟุต (1,219.20 เมตร)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(Watkins, 2017) ส่วนปริมาณการให้น้ำไก่พ่อพันธุ์ที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดประมาณการจากไก่กินอาหาร 1 กิโลกรัมจะกินน้ำ 3 กิโลกรัม (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2545) และปริมาณน้ำเสียกำหนดให้มีน้ำเสียร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่ใช้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ในการทำความสะอาดโรงเรือน และน้ำที่ใช้เตรียมอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อโรคหน้าโรงเรือนเลี้ยงไก่ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนน้ำทุกวันโดยยกเว้นปริมาณน้ำให้ไก่กิน (รายละเอียดในภาคผนวก ข. 5)

บัญชีรายการขาออกหลักประกอบด้วย ไข่ไก่สำหรับฟักเพื่อผลิตเป็นลูกไก่เนื้อโคราช ประมาณ 459,180 ฟอง หรือ 27,551 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 75 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยประมาณจากไก่แม่พันธุ์ 1 ตัวผลิตไข่ได้ประมาณ 180 ฟอง/ตัว/ปี การเลี้ยงไก่ครั้งนี้มีแม่พันธุ์ประมาณ 2,551 ตัว และไข่ไก่มีน้ำหนักประมาณ 60 กรัม/ฟอง และพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ปลดระวาง 3,024 ตัว หรือ 9,072 กิโลกรัมคิดเป็นร้อยละ 25 ประมาณการจากไก่พ่อพันธุ์แม่พันธุ์น้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม และของเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบ อาทิ มูลไก่และแกลบ น้ำเสีย ถุงอาหาร

4.1.3 การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

การฟักไข่เพื่อผลิตลูกไก่เนื้อโคราชของฟาร์มมหาวิทยาลัยมีการผลิตประมาณสัปดาห์ละ 10,000 ตัว โดยไข่ฟักที่ได้จากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มีน้ำหนักเฉลี่ยฟองละประมาณ 60 กรัม จะถูกเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ขั้นตอนการฟักเริ่มจากการนำไข่เข้าตู้ฟักเป็นระยะเวลา 18 วัน ต่อด้วยการส่องไข่เพื่อคัดไข่ไม่มีเชื้อออก ส่วนไข่ที่มีเชื้อจะถูกนำเข้าตู้เกิดเป็นระยะเวลา 3 วัน ลูกไก่จึงฟักออก ซึ่งลูกไก่แรกเกิดมีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละประมาณ 40 กรัม กระบวนการฟักไข่มีการใช้สารเคมีคือ ฟอร์มาลีนและด่างทับทิมเพื่อฆ่าเชื้อไข่ในตู้ฟักและตู้เกิด รวมทั้งใช้คลอโรฟอร์มเพื่อรมควันลูกไก่ที่คัดทิ้ง ผลการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช แสดงดังตารางที่ 4.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 บัญชีรายการในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

รายการ	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์				มีนาคม			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9
รายการขาเข้า										
ไข่ไก่	กิโลกรัม	828.00	828.00	846.00	702.60	696.00	639.00	618.90	585.00	331.20
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	0.52	0.52	0.53	0.44	0.44	0.40	0.39	0.36	0.20
น้ำประปา	ลิตร	276.00	276.00	282.00	234.20	232.00	213.00	206.30	195.00	110.40
คลอโรฟอร์ม	กิโลกรัม	7.45×10^{-3}	4.80×10^{-3}	4.40×10^{-3}	8.45×10^{-3}	8.15×10^{-3}	7.40×10^{-3}	4.00×10^{-3}	5.20×10^{-3}	3.55×10^{-3}
ฟอร์มาลีน	กิโลกรัม	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.04
กล่อง	กิโลกรัม	69.87	69.22	71.83	58.77	58.77	54.20	53.55	49.63	28.08
รายการขาออก										
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	กิโลกรัม	102.42	92.46	105.30	82.86	77.34	64.38	72.54	78.42	46.98
ไข่ตายโคม	กิโลกรัม	72.66	97.56	73.92	68.16	68.16	66.84	49.56	45.48	22.44
ไข่เสียหาย	กิโลกรัม	2.34	1.86	2.40	2.88	2.16	3.18	2.40	1.98	0.60
ลูกไก่คัดทิ้ง	กิโลกรัม	5.96	3.84	3.52	6.76	6.52	5.92	3.20	4.16	2.84
ลูกไก่สุขภาพดี	กิโลกรัม	427.76	420.24	439.40	359.04	359.04	330.48	326.40	301.92	171.28
เปลือกไข่	กิโลกรัม	50.53	49.41	51.60	42.62	42.59	39.19	38.40	35.66	20.28
น้ำเสีย	ลิตร	220.80	220.80	225.60	187.36	185.60	170.40	165.04	156.00	88.32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 บัญชีรายการในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	หน่วย	เมษายน			พฤษภาคม			มิถุนายน		
		ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	ครั้งที่ 16	ครั้งที่ 17	ครั้งที่ 18
รายการขาเข้า										
ไข่ไก่	กิโลกรัม	379.80	684.00	315.00	461.70	621.60	852.00	1,152.00	1,395.00	1,404.00
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	0.24	0.42	0.19	0.28	0.38	0.53	0.72	0.88	0.88
น้ำประปา	ลิตร	126.60	228.00	105.00	153.90	207.20	284.00	384.00	465.00	468.00
คลอโรฟอร์ม	กิโลกรัม	2.30×10^{-3}	3.65×10^{-3}	3.35×10^{-3}	2.65×10^{-3}	1.75×10^{-3}	6.25×10^{-3}	5.20×10^{-3}	6.30×10^{-3}	1.21×10^{-2}
ฟอร์มาลีน	กิโลกรัม	0.05	0.09	0.04	0.06	0.08	0.11	0.15	0.18	0.19
กล่อง	กิโลกรัม	32.65	54.85	25.47	35.92	50.28	71.83	102.52	124.72	126.68
รายการขาออก										
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	กิโลกรัม	52.20	120.60	53.28	88.20	100.98	123.06	130.74	158.76	153.30
ไข่ตายโคม	กิโลกรัม	24.36	56.58	28.14	44.46	58.86	61.20	75.00	86.16	75.00
ไข่เสียหาย	กิโลกรัม	0.60	0.60	0.72	1.50	0.78	1.20	0.66	1.20	1.50
ลูกไก่คัดทิ้ง	กิโลกรัม	1.84	2.92	2.68	2.12	1.40	5.00	4.16	5.04	9.68
ลูกไก่สุขภาพดี	กิโลกรัม	199.92	334.56	152.56	216.24	305.92	439.36	626.24	760.88	773.12
เปลือกไข่	กิโลกรัม	23.51	39.32	18.09	25.44	35.80	51.77	73.44	89.23	91.20
น้ำเสีย	ลิตร	101.28	182.40	84.00	123.12	165.76	227.20	307.20	372.00	374.40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 บัญชีรายการในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	หน่วย	มิถุนายน		กรกฎาคม			สิงหาคม		สรุปข้อมูลการฟักไข่เฉลี่ย 1-25 ครั้ง
		ครั้งที่ 19	ครั้งที่ 20	ครั้งที่ 21	ครั้งที่ 22	ครั้งที่ 23	ครั้งที่ 24	ครั้งที่ 25	
รายการขาเข้า									
ไข่ไก่	กิโลกรัม	1,350.00	1,422.00	1,197.00	1,008.00	864.00	1,206.00	1,062.00	857.94
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	0.85	0.90	0.76	0.65	0.56	0.77	0.68	0.54
น้ำประปา	ลิตร	450.00	474.00	399.00	336.00	288.00	402.00	354.00	285.98
คลอโรฟอร์ม	กิโลกรัม	1.07×10^{-2}	6.55×10^{-3}	8.75×10^{-3}	5.90×10^{-3}	6.55×10^{-3}	7.35×10^{-3}	4.75×10^{-3}	0.01
ฟอร์มาลีน	กิโลกรัม	0.18	0.19	0.16	0.14	0.12	0.16	0.14	0.11
กล่อง	กิโลกรัม	122.11	126.68	111.01	97.95	84.24	114.93	101.87	93.38
รายการขาออก									
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	กิโลกรัม	144.00	143.04	110.70	71.40	54.60	100.02	78.42	96.24
ไข่ตายโคม	กิโลกรัม	74.58	105.54	58.38	32.40	29.82	40.92	47.04	58.50
ไข่เสียหาย	กิโลกรัม	1.80	2.76	0.30	0.60	0.60	0.60	0.60	1.44
ลูกไก่คัดทิ้ง	กิโลกรัม	8.52	5.24	7.00	4.72	5.24	5.88	3.80	4.72
ลูกไก่สุขภาพดี	กิโลกรัม	744.56	775.20	678.08	597.68	514.08	703.76	620.16	463.12
เปลือกไข่	กิโลกรัม	87.73	90.92	79.81	70.18	60.50	82.67	72.69	54.50
น้ำเสีย	ลิตร	360.00	379.20	319.20	268.80	230.40	321.60	283.20	228.78

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลการฟักไข่เพื่อผลิตลูกไก่เนื้อโคราชในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2560 รวมทั้งสิ้น 25 ครั้ง เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ย พบว่ามีการใช้สารเคมีเฉลี่ยต่อการผลิตลูกไก่ 1 ครั้ง ดังนี้ ด่างทับทิม 0.54 kg คลอโรฟอร์ม 0.01 kg และฟอร์มาลีน 0.11 kg ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นลูกไก่ที่มีสุขภาพดีประมาณ 11,578 ตัว หรือ 463.12 kg (ประมาณการจากน้ำหนักเฉลี่ยของลูกไก่แรกเกิด 40 กรัม) คิดเป็นอัตราการฟักออกร้อยละ 81 และมีผลิตภัณฑ์ร่วมคือ ไข่ฟักไม่มีเชื้อ จำนวน 1,604 ฟอง หรือ 96.24 kg (ประมาณการจากน้ำหนักไข่เฉลี่ย 60 กรัม/ฟอง) คิดเป็นร้อยละ 11 ต่อการฟักไข่ 14,299 ฟอง หรือ 857.94 kg ตามลำดับ

4.1.4 การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายย่อย

ลูกไก่เนื้อโคราชผลิตและจำหน่ายให้แก่เกษตรกรทุกสัปดาห์ เกษตรกรจากจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ สระบุรี ราชบุรี และลพบุรี มารับซื้อลูกไก่จากฟาร์มมหาวิทยาลัยฯ ส่วนจังหวัดศรีสะเกษมีกลุ่มเกษตรกรผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจำหน่ายให้แก่เกษตรกรในท้องถิ่นด้วย (รายละเอียดการขนส่งแสดงดังภาคผนวก ง)

การศึกษานี้กำหนดสมมติฐานเพื่อคำนวณปริมาณน้ำใช้เลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร คือ น้ำทำความสะอาดโรงเรือนใช้น้ำ 1 ลิตรต่อ 1 ตารางเมตร (พวงเพชร ปฏิญาณานุวัต, 2554) ไก่กินน้ำ 3 กิโลกรัมจากการกินอาหาร 1 กิโลกรัม (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2545) และปริมาณน้ำเสียคิดร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) แต่ไม่รวมปริมาณน้ำที่ให้ไก่กิน หากโรงเรือนของเกษตรกรไม่มีการใช้น้ำล้างพื้น หรือมีพื้นเป็นดิน หรือไม่มีอ่างน้ำฆ่าเชื้อโรคหน้าโรงเรือนตามสมมติฐานนี้จะไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้น ข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เกษตรกร 21 ฟาร์ม แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร

		รายการขาเข้า						
รายการ	**หน่วย**	**ฟาร์ม 1**	**ฟาร์ม 2**	**ฟาร์ม 3**	**ฟาร์ม 4**	**ฟาร์ม 5**	**ฟาร์ม 6**	**ฟาร์ม 7**
ลูกไก่เนื้อโคราช	ตัว	100.00	500.00	2,500.00	40.00	4,000.00	200.00	100.00
น้ำประปา	ลิตร	1,007.50	435.00	20,806.00	494.00	55,230.00	2,176.00	2,356.00
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	60.75	13.44	62.96	-	756.48	21.60	36.10
แก๊ส LPG	กิโลกรัม	-	-	30.00	-	-	-	-
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	0.12	-
โซดาไฟ	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	-	-
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	กิโลกรัม	2.00×10^{-2}	1.00×10^{-2}	5.00	2.00×10^{-2}	16.80	0.74	1.00×10^{-2}
แกลบ	กิโลกรัม	100.00	20.00	300.00	21.00	920.00	50.00	-
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	4.00×10^{-4}	-	-	-	-	-	-
ปูนขาว	กิโลกรัม	15.00	-	75	2	-	15.00	-
อาหารไก่	กิโลกรัม	333.00	90.00	6,630.00	150.00	17,850.00	600.00	780.00
ข้าวโพด	กิโลกรัม	-	50.00	-	-	-	-	-
วัคซีน	มิลลิลิตร	-	14.70	220.50	-	342.00	19.80	5.88

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร (ต่อ)

รายการขาออก								
รายการ	**หน่วย**	**ฟาร์ม 1**	**ฟาร์ม 2**	**ฟาร์ม 3**	**ฟาร์ม 4**	**ฟาร์ม 5**	**ฟาร์ม 6**	**ฟาร์ม 7**
ไก่เนื้อโคราช	กิโลกรัม	162.00	833.00	4,165.00	68.00	6,460.00	337.00	167.00
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว	กิโลกรัม	1.70	1.25	1.25	1.50	1.55	1.30	1.20
แกลบ และมูลไก่	กิโลกรัม	290.00	726.00	4,000.00	65.20	3,200.00	80.00	100.00
ถุงอาหาร	กิโลกรัม	0.89	0.24	17.94	0.41	48.30	1.62	2.11
น้ำเสีย	ลิตร	-	10.00	493.00	34.00	704.00	224.00	12.00
กล่องบรรจุลูกไก่	กิโลกรัม	0.65	3.27	16.33	0.65	26.12	1.31	0.65
ซากไก่ตาย	ตัว	5.00	10.00	50.00	-	200.00	2.00	2.00
อัตราการตาย	ร้อยละ	5.00	2.00	2.00	0.00	5.00	1.00	2.00
อัตราการรอด	ร้อยละ	95.00	98.00	98.00	100.00	95.00	99.00	98.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร (ต่อ)

รายการขาเข้า								
รายการ	**หน่วย**	**ฟาร์ม 8**	**ฟาร์ม 9**	**ฟาร์ม 10**	**ฟาร์ม 11**	**ฟาร์ม 12**	**ฟาร์ม 13**	**ฟาร์ม 14**
ลูกไก่เนื้อโคราช	ตัว	480.00	100.00	600.00	50.00	200.00	400.00	600.00
น้ำประปา	ลิตร	8,016.00	990.00	2,148.00	805.00	2,314.00	3,600.00	6,605.00
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	2.70	11.52	45.40	18.14	52.47	21.84	120.96
แก๊ส LPG	กิโลกรัม	21.43	-	-	-	-	-	-
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	-	-
โซดาไฟ	กิโลกรัม	2.00	-	-	-	-	-	3.00
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	กิโลกรัม	2.34	-	13.48	0.72	0.19	-	0.81
แกลบ	กิโลกรัม	167.00	42.00	70.00	56.00	180.00	-	175.00
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	-	-
ปูนขาว	กิโลกรัม	-	20.00	1.00	3.00	-	3.00	16.00
อาหารไก่	กิโลกรัม	2,592.00	330.00	600.00	195.00	600.00	1,200.00	2,100.00
ข้าวโพด	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	30.00	-
วัคซีน	มิลลิลิตร	-	-	17.82	1.44	16.92	50.70	52.20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร (ต่อ)

		รายการขาออก						
รายการ	**หน่วย**	**ฟาร์ม 8**	**ฟาร์ม 9**	**ฟาร์ม 10**	**ฟาร์ม 11**	**ฟาร์ม 12**	**ฟาร์ม 13**	**ฟาร์ม 14**
ไก่เนื้อโคราช	กิโลกรัม	758.20	161.50	1,009.80	81.60	319.60	663.00	986.00
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว	กิโลกรัม	1.35	1.25	1.50	1.45	1.25	1.35	1.25
แกลบ และมูลไก่	กิโลกรัม	1,000.00	156.00	200.00	375.00	756.00	1170.00	1400.00
ถุงอาหาร	กิโลกรัม	6.98	0.89	1.62	0.57	1.62	3.25	5.68
น้ำเสีย	ลิตร	144.00	-	276.00	152.00	251.00	-	244.00
กล่องบรรจุลูกไก่	กิโลกรัม	3.27	0.65	3.92	0.65	1.31	2.61	3.92
ซากไก่ตาย	ตัว	34.00	5.00	6.00	2.00	12.00	10.00	20.00
อัตราการตาย	ร้อยละ	7.08	5.00	1.00	4.00	6.00	2.50	3.33
อัตราการรอด	ร้อยละ	92.92	95.00	99.00	96.00	94.00	97.50	96.67

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร (ต่อ)

รายการขาเข้า								
รายการ	**หน่วย**	**ฟาร์ม 15**	**ฟาร์ม 16**	**ฟาร์ม 17**	**ฟาร์ม 18**	**ฟาร์ม 19**	**ฟาร์ม 20**	**ฟาร์ม 21**
ลูกไก่เนื้อโคราช	ตัว	2,000.00	1,000.00	1,000.00	500.00	1,000.00	300.00	1,000.00
น้ำประปา	ลิตร	18,470.00	7,083.00	9,265.00	3,653.00	11,020.00	4,169.00	6,700.00
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	60.48	123.42	167.30	156.00	320.40	127.44	442.80
แก๊ส LPG	กิโลกรัม	45.00	-	-	-	-	-	-
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	-	-	0.12	-	0.12	0.12	-
โซดาไฟ	กิโลกรัม	0.48	-	3.00	-	-	-	-
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	กิโลกรัม	0.15	4.65	2.50	0.05	0.13	0.02	0.65
แกลบ	กิโลกรัม	457.00	460.00	1,150.00	168.00	112.00	35.00	2,000.00
ด่างทับทิม	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	-	-
ปูนขาว	กิโลกรัม	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	1.00	2.00
อาหารไก่	กิโลกรัม	6,000.00	2,256.00	3,000.00	1,200.00	3,600.00	1,380.00	2,058.00
ข้าวโพด	กิโลกรัม	-	-	-	-	-	-	-
วัคซีน	มิลลิลิตร	117.60	56.40	85.50	27.60	28.50	17.40	29.40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากการสัมภาษณ์เกษตรกร (ต่อ)

		รายการขาออก						
รายการ	หน่วย	ฟาร์ม 15	ฟาร์ม 16	ฟาร์ม 17	ฟาร์ม 18	ฟาร์ม 19	ฟาร์ม 20	ฟาร์ม 21
ไก่เนื้อโคราช	กิโลกรัม	3,332.00	1,598.00	1,615.00	782.00	1,615.00	493.00	1,666.00
น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว	กิโลกรัม	1.30	1.40	1.20	1.70	1.25	1.25	1.45
แกลบ และมูลไก่	กิโลกรัม	4,000.00	2,400.00	1,800.00	900.00	600.00	300.00	3,000.00
ถุงอาหาร	กิโลกรัม	16.24	6.09	8.12	3.25	9.74	3.73	5.60
น้ำเสีย	ลิตร	352.00	236.00	172.00	38.40	160.00	19.20	396.80
กล่องบรรจุลูกไก่	กิโลกรัม	13.06	6.53	6.53	3.27	6.53	1.96	6.53
ซากไก่ตาย	ตัว	40.00	60.00	50.00	40.00	50.00	10.00	20.00
อัตราการตาย	ร้อยละ	2.00	6.00	5.00	8.00	5.00	3.33	2.00
อัตราการรอด	ร้อยละ	98.00	94.00	95.00	92.00	95.00	96.67	98.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราชทั้ง 21 ราย ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช 21 ราย

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/จำนวน		
		ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
จำนวนไก่ในฟาร์มเกษตรกร	ตัว	3,800.00	40.00	764.00
ระยะเวลาการเลี้ยงไก่	วัน	150.00	45.00	77.00
ปริมาณอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ต่อตัว	กิโลกรัม	7.96	0.29	3.43
น้ำหนักไก่โตเต็มวัยมีชีวิต	กิโลกรัม	1.70	1.20	1.40
อัตราการรอด	ร้อยละ	100.00	92.00	96.32
อัตราการตาย	ร้อยละ	8.00	0.00	3.68

ข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราชโดยสรุป (ตารางที่ 4.5) พบว่าจำนวนไก่ที่เกษตรเลี้ยงทั้ง 21 ฟาร์มมีจำนวน 40 - 3,800 ตัวใช้ระยะเวลาการเลี้ยงไก่ 45 - 150 วัน มีอัตราการรอดและอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 96.32 และ 3.68 ตามลำดับ และมีการใช้อาหารเลี้ยงไก่ต่อตัวเฉลี่ยประมาณ 3.43 กิโลกรัม ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นไก่เนื้อโคราชมีชีวิตพร้อมจำหน่ายมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.40 กิโลกรัม

4.1.5 การเชือดไก่เนื้อโคราช

ไก่เนื้อโคราชเมื่อเลี้ยงจนได้ขนาดและน้ำหนักตามที่ต้องการของตลาด เกษตรกรจะนำส่งโรงเชือดใกล้บ้าน หรือมีพ่อค้ามารับซื้อที่หน้าฟาร์มเพื่อนำไปส่งโรงเชือด มีการเชือดแบบไก่กลม คือ การเชือดแบบล้วงเครื่องในออกไม่มีการชำแหละแยกชิ้นส่วน การศึกษานี้เก็บข้อมูลปฐมภูมิจากโรงเชือดที่ตั้งอยู่ภายในอำเภอปักธงชัย ผลสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงเชือดและข้อมูลทุติยภูมิจากคู่มือควบคุมและปฏิบัติงานระบบบำบัดมลพิษของโรงงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2541) แสดงในตารางที่ 4.6 เป็นการประมาณจากการเชือดไก่เนื้อโคราชจำนวน 10,000 ตัว (14,000 กิโลกรัม) ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้คือ ซากไก่ทั้งตัวมีน้ำหนักประมาณ 1.13 กิโลกรัม และมีเครื่องในไก่ ไส้ไก่ ไขมัน เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ส่วนเลือดปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 4.6 บัญชีรายการในการเชือดไก่เนื้อโคราชของโรงเชือด

รายการขาเข้า		
รายการ	**หน่วย**	**ปริมาณทั้งหมด**
ไก่มีชีวิต	กิโลกรัม	14,000.00
น้ำมันดีเซล	ลิตร	34.61
ผงซักฟอก	กิโลกรัม	0.12
น้ำประปา	ลิตร	117,250.00
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	905.01
ถุงพลาสติก PE	กิโลกรัม	180.00
รายการขาออก		
ซากไก่	กิโลกรัม	11,326.00
เลือด	กิโลกรัม	350.00
ไส้ไก่	กิโลกรัม	910.00
ไขมัน	กิโลกรัม	70.00
เครื่องในไก่	กิโลกรัม	896.00
ขนไก่	กิโลกรัม	420.00
มูลไก่	กิโลกรัม	28.00
น้ำเสีย	ลิตร	94,150.00

4.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราช

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อโคราชใช้ข้อมูล 2 ส่วน คือ ข้อมูลบัญชีรายการขาเข้า - ขาออกที่เกี่ยวข้องในการผลิตไก่เนื้อโคราช และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลที่รวบรวมโดยองค์การบริหารแก๊สเรือนกระจก (อบก.) และงานวิจัยจากต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission factor)

รายการ	**หน่วย**	**ค่า EF** ($kg\ CO_2$-eq/หน่วย)	**แหล่งที่มา**
อาหารไก่เบอร์ 531N	ton	530	อบก. (2560)
อาหารไก่เบอร์ 532N	ton	473	อบก. (2560)
อาหารไก่เบอร์ 534NF	ton	494	อบก. (2560)
ไฟฟ้า	kWh	0.6933	อบก. (2562)
น้ำประปา	m^3	0.8006	อบก. (2562)

ตารางที่ 4.7 การรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission factor) (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ค่า EF ($kg\ CO_2$-eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
ผงซักฟอก	kg	2.1192	อบก. (2554)
ปูนขาว	kg	1.0761	อบก. (2554)
น้ำยาฆ่าเชื้อ (สารกลุ่มอัลดีไฮด์)	kg	4.9355	อบก. (2562)
ด่างทับทิม	kg	5.09	Winnipeg (2012)
คลอโรฟอร์ม	kg	4.13	Winnipeg (2012)
น้ำเสีย	L	1.3322×10^{-4}	อบก. (2562)
กล่องกระดาษ	kg	0.8260	อบก. (2554)
อาหารไก่เนื้อที่มีโปรตีนจากเนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบ	kg	0.5691	อบก. (2562)
แก๊ส LPG การได้มา	kg	0.8339	อบก. (2562)
แก๊ส LPG การใช้งาน	kg	3.1133	อบก. (2562)
โซดาไฟ	kg	1.1148	อบก. (2562)
ข้าวโพด	kg	0.2653	อบก. (2562)
น้ำมันดีเซลการได้มา	kg	0.3504	อบก. (2562)
น้ำมันดีเซลการใช้งาน	L	2.708	อบก. (2562)
การฝังกลบกระดาษ	kg	2.93	อบก. (2562)
การฝังกลบของเสียที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ	kg	2.32	อบก. (2558)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็กวิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.1411	อบก. (2562)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็กวิ่งปกติ 0% Loading	km	0.3133	อบก. (2562)
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็กวิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0678	อบก. (2562)
รถกระบะบรรทุก 6ล้อ ขนาดเล็กวิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4276	อบก. (2562)
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0454	อบก. (2562)
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.5751	อบก. (2562)
รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0475	อบก. (2562)
รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4926	อบก. (2562)

ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิของการใช้ทรัพยากร พลังงาน และสารเคมี นำมาคำนวณปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราชดังนี้

4.2.1 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

กระบวนการผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักได้ทั้งผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม จึงทำการปันส่วนเพื่อพิจารณาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉพาะผลิตภัณฑ์หลัก ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของแต่ละขั้นตอน

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ปริมาณผลิตภัณฑ์รวม (กิโลกรัม)	การปันส่วน	หมายเหตุ
การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์				
ลูกไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์	268.84	324.70	$\frac{268.84}{324.70}\times100=82.80\%$	ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 4.1
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	55.86		$\frac{55.86}{324.70}\times100=17.20\%$	
การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ เพื่อการผลิตไข่ฟัก				
ไข่ฟัก	27,551.00	36,623.00	$\frac{27,551.00}{36,623.00}\times100=75.23\%$	ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 4.2 เปลี่ยนข้อมูลจากจำนวนตัวไก่เป็นน้ำหนักด้วยการคูณด้วยน้ำหนักไก่เฉลี่ย 3.00 กก.
พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ปลดระวาง	9,072.00		$\frac{9,072.00}{36,623.00}\times100=24.77\%$	

เนื่องจาก 2 ขั้นตอนในตารางที่ 4.8 เป็นกระบวนการต่อเนื่องกัน จึงต้องปันส่วนรวมเชิงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าการปันส่วนในตาราง 4.8 ของผลิตภัณฑ์หลักในขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ (ลูกไก่พ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ ร้อยละ 82.80) คูณกับผลิตภัณฑ์หลักของขั้นตอนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก (ไข่ฟัก ร้อยละ 75.23) ได้เป็นค่าการปันส่วนรวมของขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ร้อยละ 62.29 ส่วนการปันสวนรวมของขั้นตอนการเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก มีค่าร้อยละ 75.23 ตามลำดับ

ข้อมูลค่าการปันส่วนรวมในการผลิตและเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์นำไปคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากร การใช้วัตถุดิบและพลังงาน ร่วมกับข้อมูลจากบัญชีรายการขาเข้า-ขาออก โดยนำปริมาณทรัพยากรแต่ละประเภทที่ใช้หรือของเสียที่เกิดขึ้นมาหารด้วยน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้น ได้เป็นปริมาณทรัพยากรที่ใช้ไปหรือของเสียที่เกิดขึ้นต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (ปริมาณ/FU) จากนั้นนำมาคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย และสัดส่วนร้อยละการปันส่วน ได้เป็นค่าประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและสารเคมีในการผลิตพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชจำนวน 3,024 ตัว ใช้ระยะเวลาในฟักไข่ 21 วันลูกไก่จึงฟักออกเป็นตัว มีค่าประมาณ 1.67 kg CO_2-eq (ตารางที่ 4.9) เกือบทั้งหมดมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.66 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 99.71 จากการใช้เครื่องฟักไข่ การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกยังไม่รวมการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นคือ ไข่ตายโคม ไข่เสียหาย เปลือกไข่ และลูกไก่คัดทิ้ง (หัวข้อ 4.2.2) ส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งสารเคมี มีค่าประมาณ 3.76×10^{-5} kg CO_2-eq (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.9 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	6.00×10^{-4}	0.8006	62.29	2.99×10^{-4}
พลังงานไฟฟ้า	kWh	3.85	0.6933	62.29	1.66
ฟอร์มาลีน	kg	2.00×10^{-4}	4.9355	62.29	6.15×10^{-4}
คลอโรฟอร์ม	kg	1.26×10^{-5}	4.1300	100.00	5.22×10^{-5}
ด่างทับทิม	kg	1.20×10^{-3}	5.0900	62.29	3.80×10^{-3}
น้ำเสีย	L	0.44	1.33×10^{-4}	62.29	3.67×10^{-5}
รวม					**1.67**

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักจำนวน 3,024 ตัว ตลอดการเลี้ยง 16 เดือน (ตารางที่ 4.10) มีค่าประมาณ 2.52 kg CO_2-eq โดยการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่ให้ค่าสูงสุดประมาณ 1.76 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 69.91 เนื่องจากใช้อาหารปริมาณมากในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช ซึ่งยังไม่รวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการหมักในกระเพาะอาหารและการจัดการมูลไก่ที่คำนวณตามแนวทางของ IPCC (2006) ส่วนการใช้วัคซีนและวิตามินไม่รวมในการคำนวณเนื่องจากขาดข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง มีค่าประมาณ 5.02×10^{-3} kg CO_2-eq (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.10 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
ผงซักฟอก	kg	3.00×10^{-4}	2.1192	73.25	4.66×10^{-4}
ปูนขาว	kg	1.10×10^{-3}	1.0761	73.25	8.67×10^{-4}
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	4.00×10^{-3}	4.9355	73.25	1.45×10^{-2}
อาหารไก่เบอร์ 531N	kg	0.15	0.5300	73.25	5.79×10^{-2}
อาหารไก่เบอร์ 532N	kg	0.76	0.4370	73.25	0.24
อาหารไก่ เบอร์ 534N	kg	4.03	0.4940	73.25	1.46
น้ำประปา	m^3	6.99×10^{-2}	0.8006	73.25	4.10×10^{-2}
คลอโรฟอร์ม	kg	5.44×10^{-6}	4.1300	73.25	1.65×10^{-5}
พลังงานไฟฟ้า	kWh	1.38	0.6933	73.25	0.70
น้ำเสีย	L	0.24	1.33×10^{-4}	73.25	2.35×10^{-5}
รวม					**2.52**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการฟักไข่เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
ด่างทับทิม (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.20×10^{-3}	228.4	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	62.29	2.41×10^{-5}
ด่างทับทิม (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	62.29	7.64×10^{-6}
ฟอร์มาลีน (ขาไป) 100 % Loading	kg	2.00×10^{-4}	228.4		0.1411	62.29	4.01×10^{-6}
ฟอร์มาลีน (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	62.29	1.27×10^{-6}
คลอโรฟอร์ม (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.26×10^{-5}	228.4		0.1411	100	4.08×10^{-7}
คลอโรฟอร์ม (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	100	1.29×10^{-7}
รวม							**3.76×10^{-5}**

ตารางที่ 4.12 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
ผงซักฟอก (ขาไป) 100 % Loading	kg	3.00×10^{-4}	24	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	73.25	7.44×10^{-7}
ผงซักฟอก (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	24		0.3133	73.25	2.36×10^{-7}
ปูนขาว (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.10×10^{-3}	228.4		0.1411	73.25	2.60×10^{-5}
ปูนขาว (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	73.25	8.24×10^{-6}
แกลบ (ขาไป) 100 % Loading	kg	0.22	6.5		0.1411	73.25	1.46×10^{-4}
แกลบ (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	6.5		0.3133	73.25	4.64×10^{-5}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 แก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟัก (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (ขาไป) 100 % Loading	kg	4.00×10^{-3}	248.5	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	73.25	1.03×10^{-4}
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	248.5		0.3133	73.25	3.26×10^{-5}
วิตามิน (ขาไป)100 % Loading	L	2.80×10^{-3}	248.5		0.1411	73.25	7.19×10^{-5}
วิตามิน (ขากลับ) 0 % Loading	L	-	248.5		0.3133	73.25	2.28×10^{-5}
วัคซีน (ขาไป) 100 % Loading	L	3.00×10^{-4}	251.8		0.1411	73.25	7.81×10^{-6}
วัคซีน (ขากลับ) 0 % Loading	L	-	251.8		0.3133	73.25	2.48×10^{-6}
คลอโรฟอร์ม (ขาไป) 100 % Loading	kg	5.44×10^{-6}	228.4		0.1411	73.25	1.29×10^{-7}
คลอโรฟอร์ม (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	73.25	4.08×10^{-8}
อาหารไก่ เบอร์ 531N (ขาไป) 100 % Loading	kg	0.15	14	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	73.25	1.04×10^{-4}
อาหารไก่เบอร์ 531N (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	14		0.4276	73.25	7.69×10^{-5}
อาหารไก่เบอร์ 532N (ขาไป) 100 % Loading	kg	0.76	14		0.0678	73.25	5.31×10^{-4}
อาหารไก่เบอร์ 532N (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	14		0.4276	73.25	3.94×10^{-4}
อาหารไก่เบอร์ 534NF (ขาไป) 100 % Loading	kg	4.03	14	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	0.0454	73.25	1.88×10^{-3}
อาหารไก่เบอร์ 534NF (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	14		0.5751	73.25	1.49×10^{-3}
ของเสีย (แกลบและมูลไก่) 100 % Loading	kg	0.58	4.4	รถบรรทุกขยะ10 ล้อ	0.0475	73.25	8.39×10^{-5}
รวม							**5.02×10^{-3}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระบวนการผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อการผลิตไข่ฟักลูกไก่เนื้อโคราชมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 4.19 kg CO_2-eq โดยมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดประมาณ 2.36 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 65.46 เพราะใช้เป็นพลังงานหลักในการฟักไข่และกระบวนการเลี้ยงไก่ (การกกลูกไก่ การให้แสงสว่าง และการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนด้วยระบบ Evaporative cooling system) รองลงมาคือ การใช้อาหารเลี้ยงไก่มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 1.76 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 42.07 เนื่องจากอาหารเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ตลอดระยะเวลา 16 เดือน ส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกการขนส่งมีค่าประมาณ 5.02×10^{-3} kg CO_2-eq โดยร้อยละ 99.26 เป็นการขนส่งสารเคมีและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ตามแนวทางการคำนวณของ IPCC (2006) สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ตามแนวทางของ IPCC (2006)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ ครอบคลุมการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2 ชนิด คือ การปล่อยแก๊สมีเทนจากการระบบย่อยอาหารของไก่ และการปล่อยแก๊สมีเทนและแก๊สไนตรัสออกไซด์ จากการจัดการมูลไก่ซึ่งเป็นอินทรียวัตถุและเป็นแหล่งกำเนิดของการปล่อยแก๊สแอมโมเนียซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปกลายเป็นแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้ พบว่าการสะสมของมูลไก่ภายในโรงเรือน เป็นสาเหตุสำคัญในการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ (Owen and Silver, 2015; Suffian et al., 2018) รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์

รายการ	การคำนวณ
การปลดปล่อย CH_4จากระบบย่อยอาหารของไก่	=3,024 ตัว × 480 วัน × 0.000000257 kg CH_4/ตัว/วัน × 28
	=10.4455 kg CO_2-eq
การปลดปล่อย CH_4จากการจัดการมูลสัตว์	=3,024 ตัว × 480 วัน × 0.02 kg CH_4/ตัว/ปี × 28
	= 2,227.0632 kg CO_2-eq
การปลดปล่อย N_2O โดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์	
- ปริมาณการขับถ่าย N (Nex)	= 1.10 kg N /1,000 kg animal mass/วัน × 480 วัน × 3 kg
	= 1.5840 kg N/head
- ปริมาณ N ทั้งหมด	= 1.5840 kg N/head×3,024 ตัว
	= 4,790.1744 kg N
- ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	= 4,790.1744 kg N × 0.02 kg N_2O-N/kg N × 44/28 × 265
	= 39,895.3096 kg CO_2-eq

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ (ต่อ)

รายการ	การคำนวณ
การปลดปล่อย N_2O โดยอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์	
การสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ NH_3+NO_X	
- ปริมาณการสูญเสีย N ในรูปของ NH_3+NO_X	= 1.5840 kg N/head×0.4 ×3,024 ตัว = 1,916.0698 kg N
- ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	= 1,916.0698 kg N × 0.01 kg N_2O-N/kg N × 44/28 × 265 = 7,979.0619 kg CO_2-eq
การสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้างของมูลสัตว์	
- ปริมาณการสูญเสีย N	= 1.5840 kg N/head×0.3 ×3,024 ตัว = 1,437.0523 kg N
- ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	= 1,437.0523 kg N × 0.0075 kg N_2O-N/kg N × 44/28 × 265 = 4,488.2233 kg CO_2-eq
รวม	**54,600.10 kg CO_2-eq**

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์จากตารางที่ 4.13 เป็นผลการคำนวณของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชจำนวน 3,024 ตัวน้ำหนักเฉลี่ย 3 กิโลกรัมต่อตัว มีระยะเวลาการเลี้ยง 480 วัน พบว่ามีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมประมาณ 54,600.10 kg CO_2-eq

เมื่อพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ให้ผลดังนี้

- ในหน่วยต่อตัวของไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มีค่าประมาณ 18.1 kg CO_2-eq
- ในหน่วยน้ำหนักของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มีค่า 6.02 kg CO_2-eq
- ในหน่วยของผลิตภัณฑ์หลักคือ ไข่ฟักมีน้ำหนักประมาณ 27,551 กิโลกรัม และมีร้อยละการปันส่วนเป็น 75.23 (ตารางที่ 4.8) มีค่าประมาณ 1.49 kg CO_2-eq ดังวิธีการคำนวณในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์หลัก

การปล่อย GHG จากการเลี้ยงไก่ 3,024 ตัว (kg CO_2-eq)	น้ำหนักไข่ (kg)	ร้อยละการปันส่วน	การปล่อย GHG (kg CO_2-eq/kg product)
54,600.10	27,551.00	75.23	(54,600.10 ÷ 27,551.00) × (75.23 ÷ 100) = 1.49

4.2.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชเพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกร

การผลิตลูกไก่เนื้อโคราชได้ทั้งผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม จึงต้องประเมินสัดส่วนของผลิตภัณฑ์หลักดังตารางที่ 4.15 ก่อนนำไปประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก

ตารางที่ 4.15 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของกระบวนผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ปริมาณผลิตภัณฑ์รวม (กิโลกรัม)	ร้อยละการปันส่วน	หมายเหตุ
ลูกไก่เนื้อโคราช	463.12	559.36	$\frac{463.12}{599.36} \times 100 = 82.79\%$	ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 4.3
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ	96.24		$\frac{463.12}{599.36} \times 100 = 17.21\%$	

ข้อมูลการปันส่วนในตารางที่ 4.15 นำไปใช้คำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการขนส่งวัตถุดิบที่ได้จากการเก็บข้อมูล 25 ครั้งของการผลิตลูกไก่ ตารางที่ 4.16 - 4.17 เป็นตัวอย่างการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และข้อมูลการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจำนวน 25 ครั้งแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.16 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF kg CO_2-eq
น้ำประปา	m^3	6.45×10^{-4}	0.3238	82.79	1.73×10^{-4}
คลอโรฟอร์ม	kg	1.74×10^{-5}	4.1300	100.00	7.19×10^{-5}
ฟอร์มาลีน	kg	2.59×10^{-4}	4.9355	82.79	1.06×10^{-3}
ด่างทับทิม	kg	1.21×10^{-3}	5.0900	82.79	5.09×10^{-3}
พลังงานไฟฟ้า	kWh	2.42	0.6933	82.79	1.39
กล่องบรรจุลูกไก่	kg	0.16	0.8260	100.00	0.13
น้ำเสีย	L	0.52	1.33×10^{-4}	82.79	5.69×10^{-5}
รวม					**1.53**

ตารางที่ 4.17 แก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
คลอโรฟอร์ม(ขาไป) 100 % Loading	kg	1.74×10^{-5}	228.4	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	5.61×10^{-7}
คลอโรฟอร์ม(ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	100.00	1.78×10^{-7}
ฟอร์มาลีน(ขาไป) 100 % Loading	kg	2.59×10^{-4}	228.4		0.1411	82.79	6.92×10^{-6}
ฟอร์มาลีน(ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	82.79	2.19×10^{-6}
ด่างทับทิม (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.21×10^{-3}	228.4		0.1411	82.79	3.23×10^{-5}
ด่างทับทิม (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	228.4		0.3133	82.79	1.02×10^{-5}
กล่องใส่ลูกไก่(ขาไป) 100 % Loading	kg	0.16	274		0.1411	100.00	6.32×10^{-3}
กล่องใส่ลูกไก่(ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	274		0.3133	100.00	2.00×10^{-3}
รวม							**8.37×10^{-3}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชของฟาร์มมหาวิทยาลัย จากการเก็บข้อมูล 25 ครั้ง มีดังนี้

ตารางที่ 4.18 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

การเก็บข้อมูล (ครั้ง)	GHG การใช้สารเคมีและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	ผลรวม (kg CO_2-eq)
1	1.5302	0.0084	1.54
2	1.5563	0.0084	1.56
3	1.4934	0.0084	1.50
4	1.7964	0.0084	1.80
5	1.7964	0.0084	1.80
6	1.9396	0.0084	1.95
7	1.9619	0.0084	1.97
8	2.1098	0.0084	2.12
9	3.6103	0.0084	3.62
10	3.1127	0.0084	3.12
11	1.9177	0.0084	1.93
12	4.0387	0.0086	4.05
13	2.8913	0.0085	2.90
14	2.0842	0.0084	2.09
15	1.4935	0.0084	1.50
16	1.0900	0.0084	1.10
17	0.9223	0.0084	0.93
18	0.9099	0.0084	0.92
19	0.9394	0.0084	0.95
20	0.9075	0.0084	0.92
21	1.0173	0.0084	1.03
22	1.1351	0.0084	1.14
23	1.2967	0.0084	1.31
24	0.9848	0.0084	0.99
25	1.0994	0.0084	1.11

ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้สารเคมี พลังงาน การขนส่งสารเคมี และกล่องกระดาษบรรจุลูกไก่ มีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลูกไก่เนื้อโคราชประมาณ 1.75 kg CO_2-eq ซึ่งการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดอาจมีสาเหตุมาจากการฟักไข่ในปริมาณน้อยกว่าความจุของตู้ฟัก ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าการฟักแบบเต็มความจุของตู้เกิดและตู้ฟักเมื่อเทียบกับน้ำหนักลูกไก่ฟักออกมีค่าประมาณ 4.05 kg CO_2-eq และมีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำสุดประมาณ 0.92 kg CO_2-eq ตามลำดับ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตลูกไก่เนื้อโคราชปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด รองลงมาคือ การขนส่งสารเคมีและกล่องบรรจุลูกไก่ ซึ่งการใช้ไฟฟ้าปริมาณมากมาจากเครื่องมือฟักไข่ เช่น ตู้ฟัก ตู้เกิดและอุปกรณ์ เครื่องปรับอากาศ เครื่องส่องไข่ และจากกระบวนการเก็บรักษาไข่ระหว่างรอการฟัก

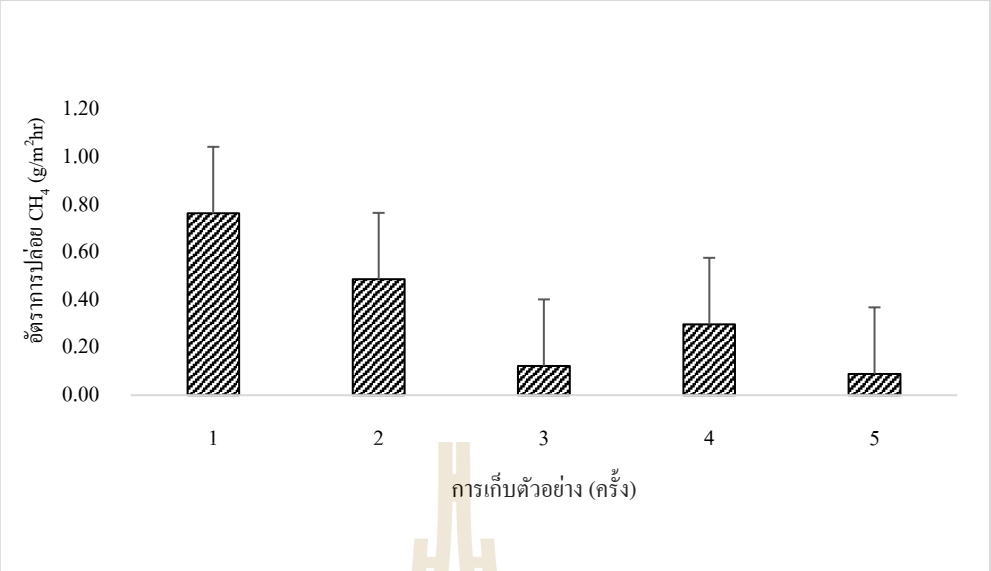
การจัดการซากไก่เนื้อโคราชภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยมีการจัดการตามแนวทางวิธีมาตรฐานฟาร์มของกรมปศุสัตว์ คือ ทิ้งซากไก่ในบ่อทิ้งซากที่ลักษณะเป็นวงซีเมนต์ ที่มีฝาปิดมิดชิด เป็นการปล่อยให้ซากสิ่งมีชีวิตถูกย่อยสลายตามธรรมชาติด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศและมีแก๊สเรือนกระจกเกิดขึ้น ซึ่งประเมินได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย

การเก็บตัวอย่างแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช 2 ชนิด คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทน ได้ดำเนินการในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 โดยครอบคลุมการจัดการซากจาก 2 กระบวนการ คือ การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ การผลิตไข่ฟัก และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช โดยซากไก่ และซากลูกไก่ รวมทั้งเศษเปลือกไข่ถูกทิ้งในบ่อทิ้งซากภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย ผลการศึกษามีดังนี้

การปลดปล่อยแก๊สมีเทน

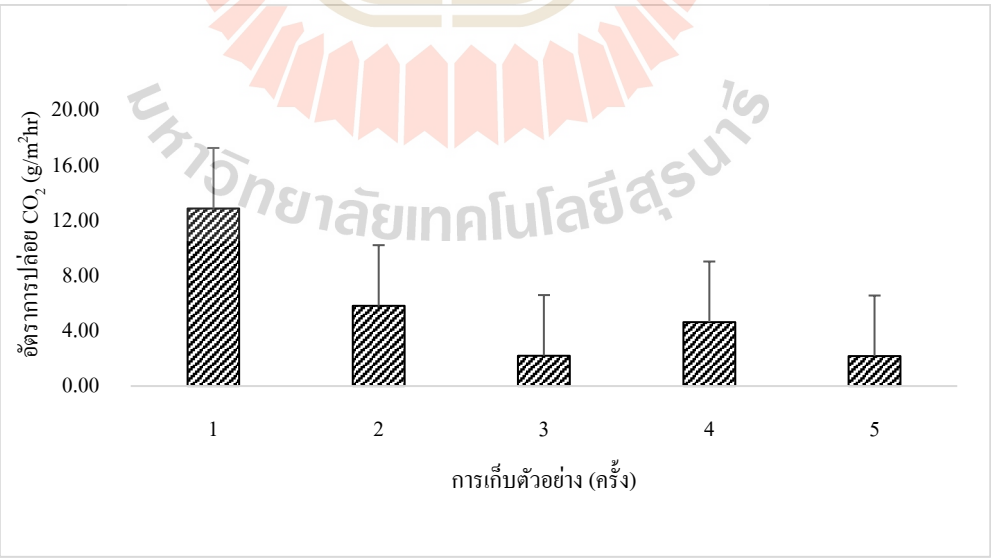
บ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชมีอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนโดยเฉลี่ยประมาณ 0.35 ± 0.28 g/m^2hr การปลดปล่อยแก๊สสูงสุดพบในระดับ 0.76 g/m^2hr และมีค่าการปลดปล่อยแก๊สต่ำสุดประมาณ 0.09 g/m^2hr (ภาคผนวก จ.1) ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช

การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีอัตราการปลดปล่อยจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชโดยเฉลี่ยประมาณ 5.99 ± 5.10 g/m^2hr โดยมีค่าการปลดปล่อยแก๊สสูงสุด 14.41 g/m^2hr และมีค่าการปลดปล่อยแก๊สต่ำสุดประมาณ 1.78 g/m^2hr (ภาคผนวก จ.1) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช

ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 480 วัน บ่อทิ้งซากไก่มีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนโดยเฉลี่ย 0.36 ± 0.29 kg CH_4 โดยมีค่าสูงสุด 0.79 kg CH_4 และต่ำสุด 0.09 kg CH_4 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ย 6.21 ± 5.29 kg CO_2 โดยมีค่าสูงสุด 14.94 kg CO_2 และต่ำสุด 1.85 kg CO_2 ตามลำดับ

การเปลี่ยนปริมาณแก๊สมีเทนให้อยู่ในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าใช้ค่า GWP_{100} 28 เท่า (IPCC, 2013) ดังนั้น การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายในบ่อทิ้งซากมีค่าเฉลี่ยประมาณ 16.40 kg CO_2-eq โดยมีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกอยู่ในช่วง 4.37 - 37.06 kg CO_2-eq ตัวอย่างการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช

แก๊สเรือนกระจก	**Flux (g/m^2hr)**	**การปล่อยแก๊สเรือนกระจก[1] (kg GHG)**	**GWP_{100}**	**ศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (kg CO_2-eq)**
CH_4	0.76	0.79	28.00	22.12
CO_2	14.41	14.94	1.00	14.94
รวม				**37.06**

[1] กระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์มีระยะเวลาประมาณ 480 วัน และพื้นที่หน้าตัดของฐานไม้รอง Chamber คือ 30 ×30 cm^2

ค่าประมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชนำไปคำนวณปริมาณการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ คือ

- คำนวณโดยใช้ข้อมูลน้ำหนักไข่ฟักที่ได้จากการเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ และน้ำหนักของลูกไก่เนื้อโคราชตลอดระยะเวลา 16 เดือน มีน้ำหนักรวม 57,191 กิโลกรัม และมีการปันส่วนของ 2 กระบวนการร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 56.12 (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก จ. 2)
- การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่ไม่รวมการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตามข้อกำหนดมาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ PAS 2050 ของสหราชอาณาจักรและแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2561) ระบุว่าไม่นับรวมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในภาคปศุสัตว์
- บ่อทิ้งซากมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ คือ ไข่ฟักและลูกไก่เนื้อโคราช เฉลี่ย 1.00×10^{-4} kg CO_2-eq โดยมีค่าสูงสุด 2.17×10^{-4} kg CO_2-eq และมีค่าต่ำสุด 2.47×10^{-5} kg CO_2-eq

ดังนั้น กระบวนการผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟัก และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชเพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 7.44 kg CO_2-eq โดยมีค่าสูงสุด 9.73 kg CO_2-eq และมีค่าต่ำสุด 6.60 kg CO_2-eq แสดงได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยของการผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟัก และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

กระบวนการ	ปริมาณ GHG ($kgCO_2$-eq)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
การได้มาซึ่งวัตถุดิบและการจัดการของเสีย	8.23	5.10	5.94
การขนส่งวัตถุดิบและของเสีย	1.36×10^{-2}	1.34×10^{-2}	1.35×10^{-2}
การปลดปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และการจัดการมูลสัตว์	1.49	1.49	1.49
รวม	**9.73**	**6.60**	**7.44**

เมื่อพิจารณาสัดส่วนค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกพบว่า การได้มาซึ่งวัตถุดิบและการจัดการของเสียมีค่าเท่ากับ 5.93 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 79.77 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ มีค่า 1.49 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 20.05

4.2.3 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรประเมินจากการสัมภาษณ์ 21 ราย ด้วยข้อมูลการเลี้ยงไก่ การขนส่งวัตถุดิบ การกำจัดของเสีย และระยะทางการขนส่งที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์ โดยการจัดการของเสียใช้กำหนดสถานการณ์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2561) ดังนี้

- กำหนดการขนส่งด้วยรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน
- บรรทุกเต็มภาระบรรทุก หรือร้อยละ 100 ซึ่งเป็นไปตามสถานการณ์จริงที่รถบรรทุกขยะรวบรวมขยะตลอดระยะทางการขนส่งจนมาถึงฟาร์มเกษตรกร
- ระยะทางการขนส่ง 40 กิโลเมตร และกำจัดของเสียด้วยการฝังกลบ
- จำแนกค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามลักษณะการเลี้ยงไก่ออกเป็น 4 ลักษณะ เพื่อให้เกิดความครอบคลุมการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการเลี้ยงไก่มากที่สุด เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ที่แน่นอนได้ คือ

- การเลี้ยงแบบอินทรีย์
- การเลี้ยงแบบทั่วไป
- การเลี้ยงภายในจังหวัดนครราชสีมา
- การเลี้ยงภายนอกจังหวัดนครราชสีมา

การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

- การใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสีย (ตัวอย่างการคำนวณตารางที่ 4.21) ใช้ข้อมูลบัญชีรายการขาเข้า - ออกซึ่งได้จากการสัมภาษณ์และการประมาณการ (หัวข้อ 4.1.4) โดยนำปริมาณของทรัพยากรที่ใช้และของเสียที่เกิดขึ้นมาหารด้วยน้ำหนักไก่เนื้อโคราชมีชีวิต ได้เป็นปริมาณการใช้ทรัพยากรหรือของเสียที่เกิดขึ้นต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (ปริมาณ/FU) จากนั้นนำมาคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย และสัดส่วนการปันส่วน แต่การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชได้ผลิตภัณฑ์หลักเพียงอย่างเดียวจึงไม่ต้องคิดการปันส่วน
- การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง (ตัวอย่างการคำนวณตารางที่ 4.22) ใช้ปริมาณ/FU ที่คำนวณได้ข้างต้นมาคำนวณร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยตามประเภทของยานพาหนะ ร้อยละการปันส่วน และระยะทางการขนส่ง
- การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและจากการจัดการมูลไก่ ใช้ข้อมูลระยะเวลาการเลี้ยงไก่ น้ำหนักไก่โตเต็มวัย และสัดส่วนการปันส่วน (แสดงในภาคผนวก ฉ)

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรในแต่ละฟาร์มเป็นผลรวมจากการใช้ทรัพยากร การจัดการของเสีย การขนส่ง และจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายที่ 1 ในตารางที่ 4.21 - 4.22 รายละเอียดของเกษตรกรรายอื่นแสดงในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 4.21 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสียในกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรรายที่ 1

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	การปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	6.25×10^{-3}	0.3238	100.00	2.02×10^{-3}
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.38	0.6933	100.00	0.26
การได้มาแก๊สหุงต้ม	kg	0.00	0.8339	100.00	0.00
การใช้แก๊สหุงต้ม	kg	0.00	3.1133	100.00	0.00
ผงซักฟอก	kg	0.00	2.1192	100.00	0.00
โซดาไฟ	kg	0.00	1.1148	100.00	0.00
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	1.20×10^{-4}	4.9355	100.00	5.92×10^{-4}
ด่างทับทิม	kg	2.48×10^{-6}	5.0900	100.00	1.26×10^{-5}
ปูนขาว	kg	9.29×10^{-2}	1.0761	100.00	9.99×10^{-2}
อาหารไก่	kg	2.06	0.5691	100.00	1.17
ข้าวโพด	kg	0.00	0.2653	100.00	0.00
น้ำเสีย	L	0.00	1.33×10^{-4}	100.00	0.00
เศษกล่องบรรจุลูกไก่	kg	4.04×10^{-3}	2.9300	100.00	1.18×10^{-2}
รวม					**1.55**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบและของเสียในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราของเกษตรกรรายที่ 1

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	360.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.3133	100.00	3.99×10^{-4}
ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.48×10^{-2}	360.00		0.1411	100.00	1.26×10^{-3}
น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	2.00		0.3133	100.00	1.11×10^{-8}
น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.48×10^{-6}	2.00		0.1411	100.00	3.49×10^{-8}
ด่างทับทิม (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	2.00		0.3133	100.00	2.22×10^{-10}
ด่างทับทิม (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.48×10^{-6}	2.00		0.1411	100.00	6.99×10^{-10}
แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	25.00		0.3133	100.00	6.93×10^{-4}
แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.62	25.00		0.1411	100.00	2.18×10^{-3}
ปูนขาว (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	2.00		0.3133	100.00	8.31×10^{-6}
ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	9.29×10^{-2}	2.00		0.1411	100.00	2.62×10^{-5}
อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	1,030.00		0.3133	100.00	9.49×10^{-2}
อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.06	1,030.00		0.1411	100.00	2.99×10^{-1}
ของเสีย (กล่องบรรจุลูกไก่ แกลบ และมูลไก่) 100 % Loading	kg	1.80	40.00	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	3.41×10^{-3}
รวม							**0.40**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรจำนวน 21 ราย มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 2.64 kg CO_2-eq มีค่าการปล่อยสูงสุด 5.02 kg CO_2-eq และต่ำสุด 1.07 kg CO_2-eq การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามลักษณะการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร 4 ลักษณะมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.23 - 4.26

ตารางที่ 4.23 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์

ฟาร์ม	GHG การใช้วัตถุดิบและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	การปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และมูลไก่	ผลรวม (kg CO_2-eq)
1	1.5469	0.4043	1.2931	3.24
13	1.3487	0.1774	1.9749	3.50

ตารางที่ 4.23 แสดงการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์ จำนวน 2 ราย มีค่าเฉลี่ย 3.37 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 3.50 kg CO_2-eq และต่ำสุด 3.24 kg CO_2-eq และพบว่าค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีสัดส่วนสูงสุด มาจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่มีค่าประมาณ 1.63 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 48.48

ตารางที่ 4.24 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไป

ฟาร์ม	GHG การใช้วัตถุดิบและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	การปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และมูลไก่	ผลรวม (kg CO_2-eq)
2	0.1364	0.0040	0.9280	1.07
3	1.3372	0.0811	0.7955	2.21
4	1.4948	0.0063	0.5873	2.09
5	1.8438	0.0761	0.7811	2.70
6	1.4803	0.0035	0.9247	2.41
7	4.0104	0.0097	0.9982	5.02
8	2.6366	0.0394	0.7900	3.46
9	1.8488	0.0089	0.7955	2.65
10	0.5081	0.0029	1.0442	1.55
11	1.9041	0.0314	1.1779	3.11
12	1.6314	0.0244	0.9943	2.65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.24 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไป (ต่อ)

ฟาร์ม	GHG การใช้วัตถุดิบและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	การปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และมูลไก่	ผลรวม (kg CO_2-eq)
14	1.8168	0.0098	0.9280	2.75
15	1.4463	0.0238	0.9247	2.39
16	1.0784	0.0071	1.0500	2.13
17	1.6375	0.0143	0.9982	2.65
18	1.0427	0.0061	0.8405	1.89
19	1.9340	0.0098	0.9943	2.94
20	2.4338	0.0170	0.7955	3.25
21	1.0591	0.0089	0.7852	1.85

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไปของเกษตรกรจำนวน 19 ราย (ตารางที่ 4.24) มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2.57 kgCO_2-eq มีค่าระหว่าง 1.07 - 5.02 kgCO_2-eq ทั้งนี้การใช้วัตถุดิบและพลังงานเป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสัดส่วนสูงสุด 1.65 kgCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 64.15

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ มีสัดส่วนสูงสุดจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่มีค่า 1.63 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต (ร้อยละ 48.48) ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 100 - 150 วัน ได้ไก่มีชีวิตพร้อมจำหน่ายหนักประมาณ 1.53 kg/ตัว ซึ่งมีระยะเวลานานกว่าการเลี้ยงแบบทั่วไปที่ใช้เวลาในการเลี้ยง 45 - 90 วัน ได้ไก่มีชีวิตหนักประมาณ 1.40 kg/ตัว มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ประมาณ 0.90 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต ซึ่งระยะเวลาการเลี้ยงไก่ที่มากกว่าส่งผลให้มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารมากขึ้นอีกทั้งยังเป็นผลให้มีมูลไก่เพิ่มมากขึ้นจากการเลี้ยงไก่ ส่วนการเลี้ยงไก่แบบทั่วไปมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานมีค่า 1.65 kgCO_2-eq (ร้อยละ 64.15) โดยอาหารเลี้ยงไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด 1.48 kgCO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต (ร้อยละ 89.86) และการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 1.23 kgCO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชภายในจังหวัดนครราชสีมา

ฟาร์ม	GHG การใช้วัตถุดิบและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	การปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และมูลไก่	ผลรวม (kg CO_2-eq)
2	0.1364	0.0040	0.9280	1.07
3	1.3372	0.0811	0.7955	2.21
4	1.4948	0.0063	0.5873	2.09
9	1.8488	0.0089	0.7955	2.65
10	0.5081	0.0029	1.0442	1.55
11	1.9041	0.0314	1.1779	3.11
12	1.6314	0.0244	0.9943	2.65
15	1.4463	0.0238	0.9247	2.39
16	1.0784	0.0071	1.0500	2.13
17	1.6375	0.0143	0.9982	2.65
18	1.0427	0.0061	0.8405	1.89

ตารางที่ 4.25 แสดงการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรภายในจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 11 ราย มีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2.22 kgCO_2-eq และมีค่าระหว่าง 1.07 - 3.11 kgCO_2-eq เมื่อพิจารณาสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดพบว่าการใช้วัตถุดิบและพลังงานมีค่าประมาณ 1.28 kgCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 57.68

ตารางที่ 4.26 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชภายนอกจังหวัดนครราชสีมา

ฟาร์ม	GHG การใช้วัตถุดิบและพลังงาน (kg CO_2-eq)	GHG การขนส่ง (kg CO_2-eq)	การปล่อย GHG จากระบบย่อยอาหาร และมูลไก่	ผลรวม (kg CO_2-eq)
1	1.5469	0.4043	1.2931	3.24
5	1.8438	0.0761	0.7811	2.70
6	1.4803	0.0035	0.9247	2.41
7	4.0104	0.0097	0.9982	5.02
8	2.6366	0.0394	0.7900	3.46
13	1.3487	0.1774	1.9749	3.50
14	1.8168	0.0098	0.9280	2.75
19	1.9340	0.0098	0.9943	2.94
20	2.4338	0.0170	0.7955	3.25
21	1.0591	0.0089	0.7852	1.85

การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรภายนอกจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 10 ราย (ตารางที่ 4.26) ปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 3.11 $kgCO_2$ -eq มีค่าสูงสุด 5.02 $kgCO_2$ -eq และมีค่าต่ำสุด 1.85 $kgCO_2$ -eq การปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดมาจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานมีค่าประมาณ 2.01 $kgCO_2$ -eq คิดเป็นร้อยละ 64.63

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดคล้ายกันคือ มาจากการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งมีอาหารเลี้ยงไก่เป็นสาเหตุสำคัญในการปล่อยแก๊สเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 88.65 และ 90.05 ตามลำดับ

สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรทั้ง 4 ลักษณะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบดังนี้

- การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 3.37 kg CO_2-eq พบว่าการจัดการมูลไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 48.48 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Suffian et al. (2018) เรื่องการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไก่เนื้อของประเทศมาเลเซียตามแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) พบว่าการจัดการมูลไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 43.37
- การเลี้ยงไก่แบบทั่วไป การเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2.57, 2.22 และ 3.11 kg CO_2-eq ตามลำดับ มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งอาหารไก่เป็นปัจจัยหลักที่มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงกว่าการใช้สารเคมี และทรัพยากรอื่น ร้อยละ 89.86, 88.65 และ 90.05 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเนตรนภา ดวงพิมพ์ และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2558) ที่ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อในการเลี้ยงแบบปิดขนาดเล็ก พบว่าอาหารเลี้ยงไก่มีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากกว่าการใช้ทรัพยากรอื่นในการเลี้ยงไก่หรือร้อยละ 90.62 และ รายงานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (MacLeod et al., 2013) เรื่องการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงหมูและไก่ พบว่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่มีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 78.00 ดังนั้นการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากอาหารเลี้ยงไก่เป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ เนื่องจากอาหารเลี้ยงไก่เป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงไก่ หากสามารถลดปริมาณการสูญเสียของอาหารได้ จะช่วยลดทั้งต้นทุนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรและช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตอาหารได้ (ปรางทิพย์ มณีสะอาด, 2556)

4.2.4 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการเชือดไก่เนื้อโคราช

กระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราชได้ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม จึงต้องมีการปันส่วนเพื่อพิจารณาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉพาะผลิตภัณฑ์หลัก (ตารางที่ 4.27) ในกระบวนการเชือดไก่ครอบคลุมการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการบำบัดน้ำเสีย (ตารางที่ 4.28 - 4.29) และขั้นตอนขนส่งวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเชือดไก่และของเสีย รวมทั้งไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มเกษตรกร (ตารางที่ 4.30 - 4.31)

ในการศึกษานี้สุ่มเลือกเกษตรกรที่มีการส่งไก่เชือดด้วยตนเอง เพื่อเก็บข้อมูลระยะทางการขนส่งระหว่างฟาร์มและโรงเชือด เนื่องจากขั้นตอนการขนส่งไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มเกษตรกรมายังโรงเชือดมีข้อมูลค่อนข้างหลากหลาย คือ เกษตรกรบางรายมีพ่อค้ามารับซื้อไก่มีชีวิตหน้าฟาร์ม หรือมีการจำหน่ายไก่มีชีวิตแก่ประเทศเพื่อนบ้าน รวมทั้งชาวบ้านบริเวณใกล้เคียง เป็นต้น ส่งผลให้ไม่สามารถทราบระยะทางที่แน่นอนได้

ตารางที่ 4.27 การปันส่วนเชิงน้ำหนักของกระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ปริมาณผลิตภัณฑ์รวม (กิโลกรัม)	การปันส่วน
ซากไก่	11,326.00	13,202.00	$\frac{11,326.00}{13,202.00} \times 100 = 85.79\%$
เครื่องในไก่	896.00		$\frac{896.00}{13,202.00} \times 100 = 6.79\%$
ไขมัน	70.00		$\frac{70.00}{13,202.00} \times 100 = 0.53\%$
ไส้ไก่	910.00		$\frac{910.00}{13,202.00} \times 100 = 6.89\%$

ข้อมูลในตารางที่ 4.27 แสดงการปันส่วนน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ คือ ซากไก่เนื้อโคราชที่ผ่านการเชือดแบบไก่กลม มีค่าการปันส่วนประมาณ ร้อยละ 85.79 โดยค่าการปันส่วนนำไปใช้คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร รวมทั้งการขนส่งดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและการจัดการของเสียในกระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	การปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
การได้มาน้ำมันดีเซล	kg	2.55×10^{-3}	0.3504	85.79	7.67×10^{-4}
การใช้งานน้ำมันดีเซล	L	3.06×10^{-3}	2.7080	85.79	7.11×10^{-3}
ผงซักฟอก	kg	1.00×10^{-5}	2.1192	85.79	1.82×10^{-5}
น้ำประปา	m^3	1.04×10^{-2}	0.3238	85.79	2.88×10^{-3}
พลังงานไฟฟ้า	kWh	7.99×10^{-2}	0.6933	85.79	4.75×10^{-2}
ถุงพลาสติก PE	kg	1.59×10^{-2}	2.7297	100.00	4.34×10^{-2}
ขนไก่	kg	3.71×10^{-2}	2.3200	85.79	7.38×10^{-2}
มูลไก่	kg	2.47×10^{-3}	2.3200	85.79	4.92×10^{-3}
รวม					**0.18**

โรงเชือดไก่บำบัดน้ำเสียด้วยบ่อบำบัดแบบไม่เติมอากาศที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร ซึ่งคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (อบก., 2561) ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ปริมาณ COD (kg/m^3)	ค่า EF kg CO_2-eq/kg COD	การปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
น้ำเสีย	L	8.31	0.8850	5.00	85.79	0.03

ตารางที่ 4.28 ถึง 4.29 แสดงปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้สารเคมี ทรัพยากร และพลังงาน รวมทั้งการบำบัดน้ำเสีย พบว่า มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 0.21 kg CO_2-eq โดยการจัดการของเสียจากการฝังกลบมูลไก่และขนไก่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดประมาณ 0.08 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 37.14 รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าประมาณ 0.05 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 22.43 ตามลำดับ และในส่วนของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งไก่เนื้อโคราชของเกษตรไปยังโรงเชือดแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.30 และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบและของเสียในกระบวนการเชือดไก่เนื้อโคราช ดังแสดงในตารางที่ 4.31

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.30 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มเกษตรกรไปยังโรงเชือด

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
เกษตรกร อ. โนนสูง จ. นครราชสีมา							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.40	68.50	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.16×10^{-2}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	68.50		0.3133	100.00	3.68×10^{-3}
รวม							**1.53×10^{-2}**
เกษตรกร อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.40	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.24×10^{-3}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	25.00		0.3133	100.00	1.34×10^{-3}
รวม							**5.58×10^{-3}**
เกษตรกร อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.40	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	3.39×10^{-3}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	20.00		0.3133	100.00	1.08×10^{-3}
รวม							**4.46×10^{-3}**
เกษตรกร อ. เมือง จ.ราชบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.40	1.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.69×10^{-4}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	1.00		0.3133	100.00	5.38×10^{-5}
รวม							**2.23×10^{-4}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.31 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบและของเสียในการเชือดไก่เนื้อโคราช

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
น้ำมันดีเซล (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	2.25	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.3133	85.79	2.20×10^{-7}
น้ำมันดีเซล (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.55×10^{-3}	2.25		0.1411	85.79	6.95×10^{-7}
ผงซักฟอก (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	8.40		0.3133	85.79	3.23×10^{-9}
ผงซักฟอก (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.00×10^{-5}	8.40		0.1411	85.79	1.02×10^{-8}
ถุงพลาสติก PE (ขาไป) 0 % Loading	kg	-	8.40		0.3133	100.00	5.97×10^{-6}
ถุงพลาสติก PE (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.59×10^{-2}	8.40		0.1411	100.00	1.88×10^{-5}
ของเสีย (มูลไก่ ขนไก่) 100 % Loading	kg	3.96×10^{-2}	40.00	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	85.79	6.45×10^{-5}
รวม							**8.54×10^{-5}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง (ตารางที่ 4.30 - 4.31) ได้แก่ การขนส่งไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มเกษตรมายังโรงเชือดมีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกอยู่ระหว่าง 2.23×10^{-4} - 1.53×10^{-2} kg CO_2-eq ส่วนการขนส่งวัตถุดิบและการขนส่งของเสียไปยังแหล่งบำบัดมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 8.54×10^{-5} kg CO_2-eq

ดังนั้นการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมของกระบวนการเชือดไก่โดยโรงเชือดครอบคลุมการใช้ทรัพยากรและการขนส่ง รวมทั้งการจัดการของเสีย มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 0.22 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 0.23 kg CO_2-eq และค่าต่ำสุด 0.21 kg CO_2-eq

4.2.5 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการกระจายสินค้า

4.2.5.1 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งและการจำหน่าย

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งในการกระจายสินค้า มีการใช้น้ำแข็ง ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอจำหน่ายใช้การสมมติว่าแช่ในตู้แช่แข็งความจุ 9.2 คิว เป็นระยะเวลา 2 วัน และกำหนดให้การแช่แข็งคิดเป็นร้อยละ 25 ของความจุตู้แช่แข็ง ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 2.64 kWh (ประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและขนาดพื้นที่แช่แข็งจากตู้ยี่ห้อ HAIER รุ่น SD-332 ใช้กำลังไฟฟ้า 220 วัตต์) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่แข็ง

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
พลังงานไฟฟ้า	kWh	2.64	0.6933	100.00	1.83
น้ำแข็ง	kg	0.66	0.0421	100.00	2.79×10^{-2}
รวม					**1.86**

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการกระจายสินค้าเกิดขึ้นประมาณ 1.86 kg CO_2-eq โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดประมาณ 1.83 kg CO_2-eq หรือร้อยละ 98.50 ส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งแสดงได้ดังนี้

4.2.5.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง

การกระจายสินค้าหรือการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชค่อนข้างหลากหลาย การสัมภาษณ์เกษตรกรผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่สามารถระบุสถานที่จำหน่ายได้ ข้อมูลเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์จากโรงเชือดไปจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร โดยมีการส่งขายครั้งละประมาณ 10 - 400 ตัว หรือตามความต้องการของผู้บริโภค เกษตรกรที่มีการขนส่งผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชจากจังหวัดนครราชสีมา ลพบุรี และราชบุรี รายละเอียดดังตาราง 4.33

ตารางที่ 4.33 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งจากโรงเชือดถึงจุดกระจายสินค้า

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทางการขนส่ง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
เกษตรกร อ. โนนสูง จ. นครราชสีมา							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.13	259.60	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.15×10^{-2}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	259.60		0.3133	100.00	1.32×10^{-2}
รวม							**5.46×10^{-2}**
เกษตรกร อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.13	160.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.56×10^{-2}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	160.00		0.3133	100.00	8.11×10^{-3}
รวม							**3.37×10^{-2}**
เกษตรกร อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.13	150.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.40×10^{-2}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	150.00		0.3133	100.00	7.60×10^{-3}
รวม							**3.16×10^{-2}**
เกษตรกร อ.เมือง จ.ราชบุรี							
ไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 100 % Loading	kg	1.13	98.41	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.57×10^{-2}
ไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 0 % Loading	kg	-	98.41		0.3133	100.00	4.99×10^{-3}
รวม							**2.07×10^{-2}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การขนส่งผลิตภัณฑ์ไก่โคราชมายังแหล่งกระจายสินค้า (ตาราง 4.33) มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 3.52×10^{-2}kg CO_2-eq และมีค่าระหว่าง 2.07×10^{-2} - 5.46×10^{-2} kg CO_2-eq ระยะทางการขนส่งเป็นปัจจัยหลักต่อปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้น เมื่อรวมค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง การจำหน่าย และการขนส่งมายังแหล่งกระจายสินค้ามีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 1.89 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุดประมาณ 1.91 kg CO_2-eq และมีค่าต่ำสุดประมาณ 1.88 kg CO_2-eq

4.2.6 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภค

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภคไก่เนื้อโคราชประเมินเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอการบริโภค และการประกอบอาหารใช้ที่ใช้การปิ้งย่างเป็นฐานในการประเมิน

4.2.6.1 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนการบริโภค

กำหนดสถานการณ์สมมติให้เก็บไก่โคราชดิบก่อนการบริโภคเป็นการแช่เย็น 2 วัน ในตู้เย็นความจุ 12.2 คิว คิดเป็นความจุร้อยละ 12 ของตู้เย็น ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า 0.61 kWh (ประมาณตู้เย็นยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น MR-F38EK ความจุ 12.2 คิว ใช้กำลังไฟ 106 วัตต์) ซึ่งมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.37 kg CO_2-eq ดังแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.61	0.6093	100.00	0.37

4.2.6.2 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่าง

การศึกษานี้ตรวจวัดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการย่างไก่เนื้อโคราช 2 สูตร คือ สูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สดในห้องปฏิบัติการ ได้ดำเนินการทดสอบหาปริมาณความชื้นในตัวอย่างถ่านไม้ยูคาลิปตัส เนื้อไก่ที่ผ่านการหมักทั้ง 2 สูตร เพื่อใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากเผาไหม้ของถ่านไม้ และการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราช เพื่อคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราช ซึ่งมีข้อมูลผลการศึกษาดังนี้

ก. ระดับความชื้นในตัวอย่างเนื้อไก่และถ่าน

การหาความชื้นใช้วิธีการมาตรฐาน ASTM D1762-84 พบว่า ไก่หมักสูตรมาตรฐาน และสูตรสมุนไพรไก่สด มีความชื้นใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 72.69 ± 0.52 และ 72.81 ± 0.74 ถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีความชื้นร้อยละ 8.68 ± 2.89 (ตารางที่ 4.35)

ตารางที่ 4.35 ความชื้นของเนื้อไก่หมักสูตรมาตรฐาน สูตรสมุนไพรไก่สด และถ่านไม้ยูคาลิปตัส

รายการ	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละความชื้น	
		เนื้อไก่/ถ่าน	ไม้ปิ้งไก่
ไก่หมักสูตรมาตรฐาน	10.00	72.69 ± 0.52	7.15 ± 0.98
ไก่หมักสูตรสมุนไพรไก่สด	10.00	72.81 ± 0.74	7.59 ± 0.84
ถ่านไม้ยูคาลิปตัส	24.00	8.68 ± 2.89	-

ข. ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทนจากถ่านไม้และการปิ้งย่าง

การศึกษานี้ตรวจวัดแก๊สเรือนกระจก 2 ชนิด คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตรวจวัดโดยตรงแบบต่อเนื่อง (real time) และเก็บตัวอย่างแก๊สมีเทนไปวิเคราะห์เชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของถ่านไม้ยูคาลิปตัส และการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชทั้ง 2 สูตรรายงานในหน่วยกรัมของแก๊สเรือนกระจกต่อน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งมีดังนี้

ข.1 ถ่านไม้ยูคาลิปตัส

การประมาณการค่าสัมประสิทธิ์ฯ ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส 900 กรัม เก็บตัวอย่างแก๊ส 30 นาทีตามระยะเวลาการปิ้งย่าง ทำซ้ำสองครั้ง ผลดังแสดงในตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของถ่านไม้ยูคาลิปตัส

รายงานผลในหน่วย g GHG/kg wet weight basis		
รายการ	**ค่าสัมประสิทธิ์ฯ (g/kg of charcoal)**	**ค่าเฉลี่ย**
ถ่านไม้ยูคาลิปตัส	CO_2	7,273.78 ± 694.27
	CH_4	9.21 ± 1.85
รายงานผลในหน่วย g GHG/kg dry weight basis		
ถ่านไม้ยูคาลิปตัส	CO_2	7,966.53 ± 760.39
	CH_4	10.08 ± 2.02

ข.2 ไก่ย่างสูตรมาตรฐาน และสูตรสมุนไพรไก่สด

การปิ้งไก่เนื้อโคราชสูตรมาตรฐานใช้ไก่ที่ผ่านการหมักมีน้ำหนักในช่วง 0.74 ถึง 0.89 กิโลกรัม การปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชสูตรสมุนไพรมีน้ำหนักหลังหมักอยู่ในช่วง 0.68 ถึง

0.70 กิโลกรัม เก็บตัวอย่างแก๊ส 30 นาทีตามการสุกของไก่ ทำซ้ำสูตรละ 5 ครั้ง แสดงผลในหน่วยของน้ำหนักเปียกและแห้งดังตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชด้วยสูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สด โดยใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง

รายงานผลในหน่วย g GHG/kg wet weight basis						
รายการ	**ค่าสัมประสิทธิ์ฯ (g/kg of chicken)**	**จำนวนตัวอย่าง**	**ค่าสูงสุด**	**ค่าต่ำสุด**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
ไก่ย่างสูตรมาตรฐาน	CO_2	5	17,249.69	10,423.10	14,068.60	2,490.20
	CH_4	5	29.51	15.90	22.13	5.00
ไก่ย่างสูตรสมุนไพรไก่สด	CO_2	4	15,119.90	9,699.27	13,384.97	2,529.48
	CH_4	5	34.24	13.36	24.17	7.83
ไก่ย่างสูตรมาตรฐาน	CO_2	5	64,070.26	38,714.37	51,709.82	9,273.75
	CH_4	5	109.59	59.04	81.28	18.33
ไก่ย่างสูตรสมุนไพรไก่สด	CO_2	4	57,455.63	36,372.26	49,994.10	9,333.21
	CH_4	5	130.12	51.20	90.61	29.25

การเผาไหม้เฉพาะถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย 7,273.78 ± 694.27 g/kg of charcoal (wet weight) และมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สมีเทนเฉลี่ย 9.21 ± 1.85 g/kg of charcoal (wet weight) ต่ำกว่าการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชสูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทนใกล้เคียงกันคือ การปิ้งย่างด้วยสูตรมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 14,068.60 ± 2,490.20 g/kg of chicken (wet weight) และมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สมีเทนเฉลี่ย 22.13 ± 5.00 g/kg of chicken (wet weight) ส่วนการปิ้งย่างสูตรสมุนไพรไก่สดมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 13,384.97 ± 2,529.48 g/kg of chicken (wet weight) และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สมีเทนเฉลี่ย 24.17 ± 7.83 g/kg of chicken (wet weight) ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Manatsakarn (2016) ที่พัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยมลพิษย่างจากกิจกรรมปิ้งย่างของการขายริมถนน พบว่า การปิ้งย่างเนื้อไก่ (ไม่หมัก) มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทนเฉลี่ย 13,635.19 ± 2,336.30 และ 30.39 ± 10.19 g/kg of chicken (wet weight) ตามลำดับ

ค. การประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างด้วยค่าสัมประสิทธิ์ฯ ที่ได้จากการทดลอง

ถ่านไม้จัดเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลจากพืช ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านจึงไม่นำมารวมในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (IPCC, 2004 อ้างถึงในพรรณทิพย์ แตงอ่อน, 2557) การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่านหักลบกับค่าการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการปิ้งย่างทั้ง 2 สูตร เพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากไก่ย่างเพียงอย่างเดียว การคำนวณในหน่วยน้ำหนักแห้งของไก่หมักสูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สดมีค่า 0.20 และ 0.18 กิโลกรัม/ตัว ร่วมกับค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

การประมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชทั้ง 2 สูตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.16 kg CO_2 มีค่าสูงสุดประมาณ 11.22 kg CO_2 และค่าต่ำสุดประมาณ 5.11 kg CO_2 ส่วนการปลดปล่อยแก๊สมีเทนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.61×10^{-2} kg CH_4 ซึ่งมีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนอยู่ระหว่าง 9.00×10^{-3} - 2.30×10^{-2}kg CH_4 ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทนนำมาคำนวณร่วมกับค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และน้ำหนักแห้งของเนื้อไก่ พบว่า การปิ้งย่างไก่เนื้อโคราชปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยประมาณ 8.61 kg CO_2-eq (ตัวอย่างการควณดังตารางที่ 4.38 นำค่าประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการปิ้งย่างทั้ง 2 สูตรมาหาค่าเฉลี่ย มีค่าเป็น 8.61 kg CO_2-eq)โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 11.84 kg CO_2-eq และมีค่าต่ำสุดประมาณ 5.36 kg CO_2-eq ตามลำดับ

ตารางที่ 4.38 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยจากการปิ้งย่างไก่สูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สด

แก๊ส	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (kg/kg dry weigh of chicken)	น้ำหนักแห้งเนื้อไก่หมัก (kg dry weigh of chicken)	GWP_{100}	CF (kg CO_2-eq)
การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างสูตรมาตรฐาน				
CO_2	43.74	0.20	1	8.7487
CH_4	0.08	0.20	28	0.4480
รวม				**9.20**
การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างสูตรสมุนไพรไก่สด				
CO_2	42.02	0.18	1	7.5642
CH_4	0.09	0.18	28	0.4536
รวม				**8.02**

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภคไก่เนื้อโคราช ประกอบด้วย 2 กระบวนการที่สำคัญ คือ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนการบริโภคในครัวเรือน ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดเป็นสถานการณ์สมมติ (หัวข้อ 4.2.6.1) และการประกอบอาหารด้วยวิธีการปิ้งย่างด้วยการหมักไก่ 2 สูตร คือ สูตรมาตรฐาน และสูตรสมุนไพรไก่สด (หัวข้อ 4.2.6.2) เมื่อนำข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนของทั้ง 2 กระบวนการรวมกันพบว่า การบริโภคไก่เนื้อโคราชมีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 8.98 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 12.21 และ 5.74 kg CO_2-eq ตามลำดับ

4.2.7 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการจัดการของเสียภายหลังการบริโภค

แก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการของเสียประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การขนส่งของเสียไปยังแหล่งกำจัดของเสียและวิธีกำจัดของเสีย กำหนดให้วิธีกำจัดเป็นการฝังกลบ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการบริโภคไก่ย่าง ได้แก่ ไม้ปิ้งย่าง กระดูกไก่ บรรจุภัณฑ์ และลวด ข้อมูลปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการบริโภคไก่จากการปิ้งย่าง ดังตารางที่ 4.39 และ 4.40

ตารางที่ 4.39 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการของเสียด้วยการฝังกลบ

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	CF (kg CO_2-eq)
ไม้ปิ้งไก่	kg	0.08	3.3300	0.27
กระดูกไก่	kg	0.21	2.5300	0.53
บรรจุภัณฑ์	kg	0.03	2.3200	0.06
ลวด	kg	1.00×10^{-3}	0.00	0.00
รวม				**0.86**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.40 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของเสียภายหลังการบริโภค

รายการ	หน่วย	ปริมาณ/FU	ระยะทาง(km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
ของเสีย (ไม้ปิ้งไก่ กระดูกไก่ ลวด เศษบรรจุภัณฑ์) 100 % Loading	kg	0.32	40.00	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100	6.02×10^{-4}
รวม							**6.02×10^{-4}**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการของเสียจากการบริโภคด้วยการฝังกลบมีค่าประมาณ 0.86 kg CO_2-eq (ตาราง 4.39) โดยเศษซากไก่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการฝังกลบมากที่สุดคือ 0.53 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 61.53 เนื่องจากกระดูกไก่เป็นของเสียจากการบริโภคที่มีปริมาณมากกว่าของเสียอื่น ๆ และการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งของเสีย (ตารางที่ 4.40) มีค่าประมาณ 6.02×10^{-4} kg CO_2-eq ตามลำดับ

4.2.8 ผลรวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช

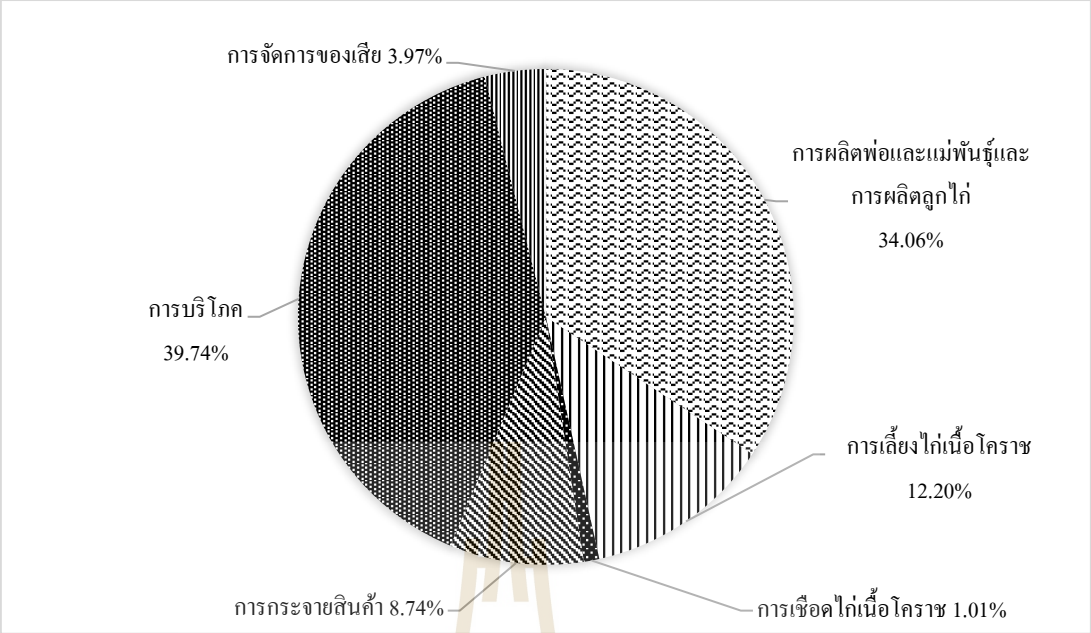
การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช (ไก่สดทั้งตัวน้ำหนักประมาณ 1.13 kg) ตั้งแต่การผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรทั้ง 4 รูปแบบ ตลอดจนถึงการจัดการของเสียจากการบริโภค มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 21.66 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 29.96 kg CO_2-eq และค่าต่ำสุด 16.35 kg CO_2-eq ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41)

ตารางที่ 4.41 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ยตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช

ช่วงวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช	CF (kg CO_2-eq)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
การผลิต-การเลี้ยงพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักและการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช	9.73	6.60	7.44
การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช	5.02	1.07	2.64
การเชือดไก่เนื้อโคราช	0.23	0.21	0.22
การกระจายสินค้า	1.91	1.88	1.89
การบริโภค	12.21	5.74	8.61
การจัดการของเสียจากการบริโภค	0.86	0.86	0.86
รวม	**29.96**	**16.35**	**21.66**

ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชพบว่า การบริโภคแบบปิ้งย่างมีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดประมาณ 8.61 kg CO_2-eq (ร้อยละ 39.74) รองลงมาคือการผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักรวมทั้งการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชมีค่าเฉลี่ย 7.44 kg CO_2-eq (ร้อยละ 34.33) ลำดับต่อมาคือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรมีค่าเฉลี่ย 2.64 kg CO_2-eq (ร้อยละ 12.20) ตามด้วยการกระจายสินค้ามีค่าเฉลี่ย 1.89 kg CO_2-eq (ร้อยละ 8.74) การจัดการของเสียจากการบริโภคมีค่าเฉลี่ย 0.86 kg CO_2-eq (ร้อยละ 3.97) และการเชือดไก่เนื้อโคราชมีค่าเฉลี่ย 0.22 kg CO_2-eq (ร้อยละ 1.01) สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกแสดงดังรูปที่ 4.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.3 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ยตลอดวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อโคราช

การศึกษานี้ประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจากตามวิธีการเลี้ยงไก่ของเกษตรกร 4 ประเภท กรณีการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์โดยเกษตรกรมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 22.39 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 28.44 kg CO_2-eq และต่ำสุด 18.53 kg CO_2-eq ส่วนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไปของเกษตร มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 21.58 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 29.96 kg CO_2-eq และต่ำสุด 16.35 kg CO_2-eq การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรภายในจังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 21.23 kg CO_2-eq และมีค่าระหว่าง 16.35 - 28.05 kgCO_2-eq และการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรภายนอกจังหวัดนครราชสีมามีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 22.13 kg CO_2-eq มีค่าสูงสุด 29.96 kg CO_2-eq และต่ำสุด 17.14 kg CO_2-eq รายละเอียดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.42 นอกจากนี้พบว่าการบริโภคในรูปไก่ย่างมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด และการกระจายสินค้าปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำสุด ตามลำดับ

ตารางที่ 4.42 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช

การเลี้ยงไก่/รายการ	แบบอินทรีย์		แบบทั่วไป		เลี้ยงภายใน จ.นครราชสีมา		เลี้ยงภายนอก จ.นครราชสีมา	
	CF ($kg\ CO_2$-eq)	สัดส่วนร้อยละ	CF ($kg\ CO_2$-eq)	สัดส่วนร้อยละ	CF ($kg\ CO_2$-eq)	สัดส่วนร้อยละ	CF ($kg\ CO_2$-eq)	สัดส่วนร้อยละ
การผลิตพ่อและแม่พันธุ์และการผลิตลูกไก่	7.44	33.22	7.44	34.46	7.44	35.02	7.44	33.61
การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร	3.37	15.06	2.57	11.89	2.22	10.44	3.11	14.06
การเชือดไก่เนื้อโคราช	0.22	0.98	0.22	1.01	0.22	1.03	0.22	0.99
การกระจายสินค้า	1.89	8.46	1.89	8.77	1.89	8.92	1.89	8.56
การบริโภคด้วยการปิ้งย่าง	8.61	38.45	8.61	39.88	8.61	40.54	8.61	38.90
การจัดการของเสียจากการบริโภค	0.86	3.84	0.86	3.98	0.86	4.05	0.86	3.89
รวม	**22.39**	**100.00**	**21.58**	**100.00**	**21.23**	**100.00**	**22.13**	**100.00**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในข้างต้นเป็นการประเมินตามข้อกำหนดมาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ PAS 2050 ของสหราชอาณาจักรและแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2561) ซึ่งระบุว่าไม่นับรวมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในภาคปศุสัตว์ คือไม่นับรวมการปล่อยแก๊สปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่ และจากการหายใจของไก่เนื้อโคราช ดังนั้นเพื่อให้เกิดความครอบคลุมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องของการผลิตและการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช ในการศึกษานี้จึงได้มีการศึกษาการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช ซึ่งผลที่ได้จะถูกรวมเข้ากับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในข้างต้น ได้เป็นข้อมูลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ครอบคุลมการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการปศุสัตว์ ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังกล่าวไม่ถูกใช้ในการขอขึ้นทะเบียนฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ รายละเอียดมีดังนี้

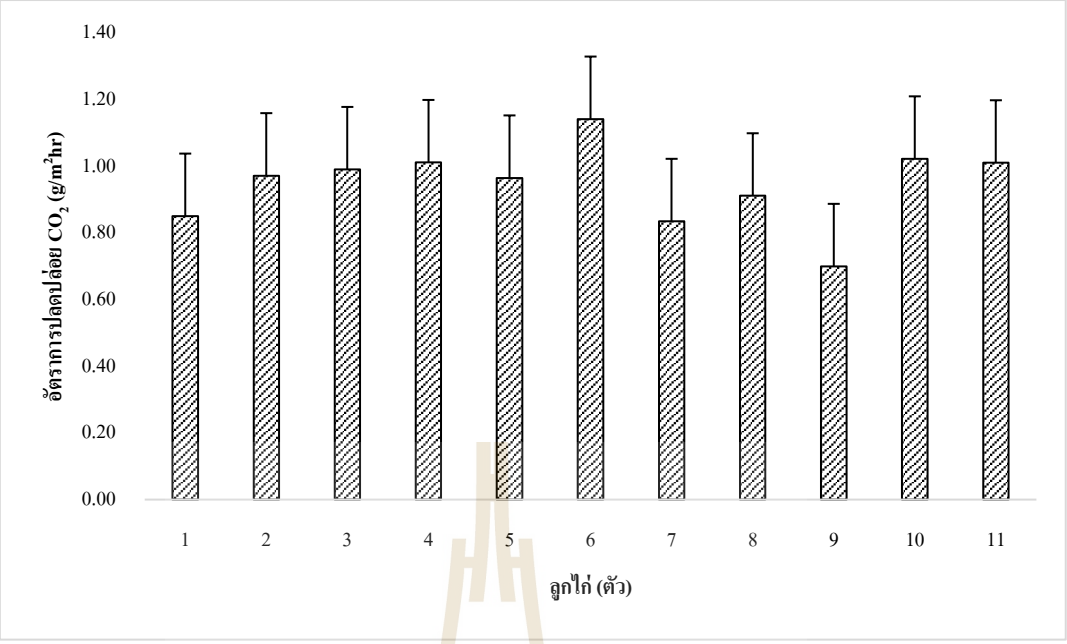
4.2.9 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช

การศึกษานี้ตรวจวัดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ 3 ช่วงอายุ คือ ลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ และไก่อายุ 20 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างแก๊สโดยใช้กล่องปิดวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊สด้วยเครื่อง CO_2 analyzer (LI-COR, Inc., USA) บันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Real-time) และคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เปลี่ยนแปลงภายในกล่องต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในการเก็บตัวอย่าง (รายละเอียดการคำนวณและผลการศึกษาแสดงดังภาคผนวก ช) ผลการศึกษามีดังนี้

อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของลูกไก่เพิ่งฟัก

ลูกไก่เนื้อโคราชเพิ่งฟักจำนวน 11 ตัว มีอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจเฉลี่ย 0.95 ± 0.19 g/m^{2}hr มีค่าสูงสุด 1.30 g/m^{2}hr และมีค่าต่ำสุด 0.56 g/m^{2}hr ดังรูปที่ 4.4

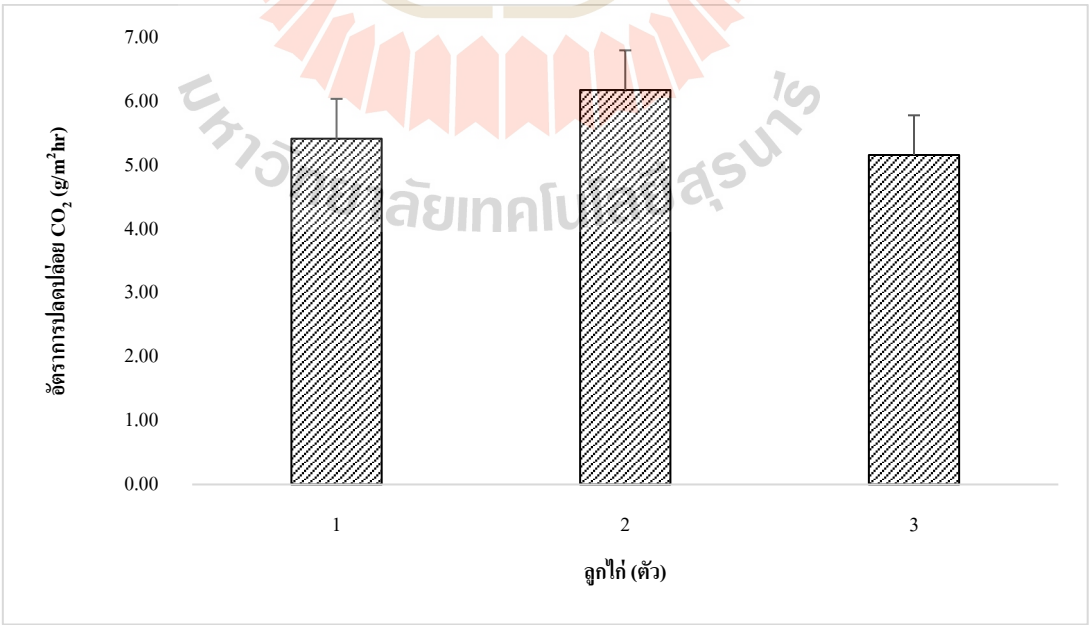
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.4 อัตราการปลดปล่อยการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของลูกไก่เพิ่งฟัก

อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์

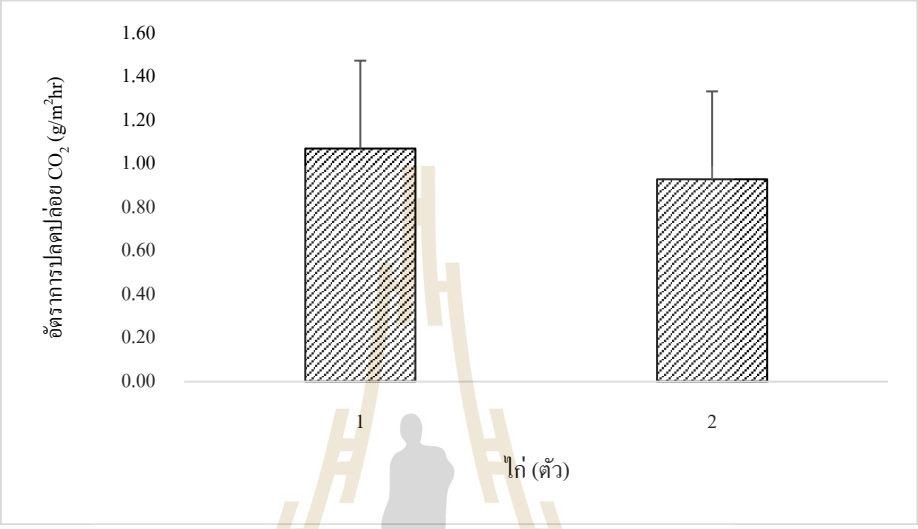
ค่าเฉลี่ยอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากลูกไก่เนื้อโคราชอายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 3 ตัว คือ 5.59 ± 0.62 g/m^2hr มีค่าสูงสุด 7.10 g/m^2hr และมีค่าต่ำสุด 4.43 g/m^2hr ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 อัตราการปลดปล่อยการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์

อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชอายุ 20 สัปดาห์จำนวน 2 ตัว พบว่ามีอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.00 ± 0.40 g/m^{2}hr โดยมีค่าสูงสุด 2.26 g/m^{2}hr และพบว่ามีค่าต่ำสุด 0.37g/m^{2}hr ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ 3 ช่วงอายุ คือ ลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์และไก่อายุ 20 สัปดาห์ ใช้ประเมินการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ และการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร การเลี้ยงไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ จำนวน 3,024 ตัว มีระยะเวลาการเลี้ยง 16 เดือน โดยได้คำนวณเทียบกับน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลักคือ น้ำหนักไข่ฟัก 27,551 กิโลกรัม และสัดส่วนร้อยละการปันส่วน (ตารางที่ 4.8) ประกอบในการคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลักเท่านั้น พบว่ามีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยมีค่า 0.50 kg CO_2 โดยมีค่าสูงสุด 0.79 kg CO_2และต่ำสุดประมาณ 0.33 kg CO_2 ตัวอย่างการคำนวณแสดงในตาราง 4.43 ส่วนการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราชจากการเลี้ยงของเกษตรกร ซึ่งมีระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 45 - 150 วัน จำนวนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรอยู่ในช่วง 40 - 3,800 ตัว คำนวณเทียบกับน้ำหนักไก่เนื้อโคราชมีชีวิตพร้อมจำหน่ายฟาร์มของเกษตรกรประมาณ 1.4 กิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.81 kg CO_2 มีค่าสูงสุด 1.03 kg CO_2 และค่าต่ำสุด 0.63 kg CO_2

ค่าการปลดปล่อยแก๊สสามารถใช้ประมาณการการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์รวมทั้งการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรเพื่อประกอบการจัดทำบัญชีรายการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการเลี้ยงไก่

ตารางที่ 4.43 การประมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากการหายใจของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

อายุไก่ (weeks)	Fluxes (g/m^2hr)	ระยะเวลา (day)	ขนาดโรงเรือน (m^2)	ไข่ฟัก (kg)	ร้อยละการปันส่วน	ปริมาณ CO_2 (kg CO_2)
0	0.95	22.50				1.00×10^{-2}
3	5.59	127.50	720.00	27,551.00	75.23	0.33
20	1.00	330.00				0.16
รวม						**0.50**

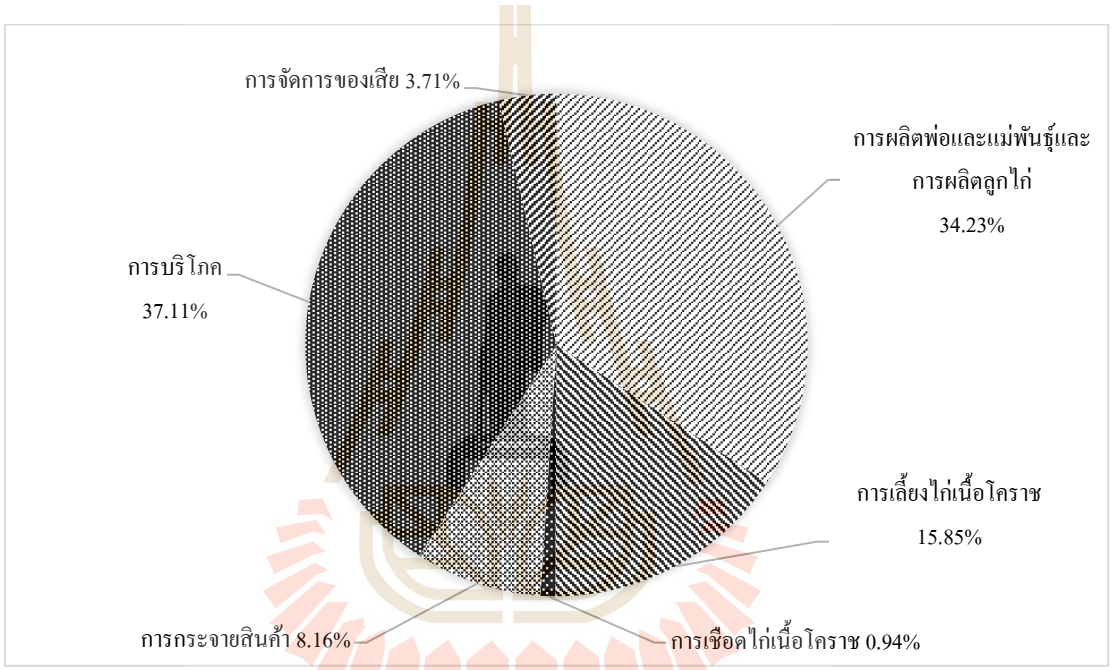
4.2.10 ผลรวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกครอบคลุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจและจากบ่อทิ้งซาก

การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจจากการเลี้ยงของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ซึ่งพิจารณาการปันส่วนต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลัก คือ ไข่ฟัก และการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช ซึ่งไม่มีการปันส่วนภายในกระบวนการ รวมทั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช (หัวข้อ 4.2.2) ซึ่งมีวิธีการคำนวณการปันส่วนคล้ายกับการคำนวณการปันส่วนของแก๊สมีเทน (การคำนวณการปันส่วนดังแสดงในภาคผนวก จ.2) มาประกอบการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชพบว่ามีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 23.19 kg CO_2-eq (ตารางที่ 4.44) และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีค่าระหว่าง 16.86 - 31.98 kg CO_2-eq ตามลำดับ

ตารางที่ 4.44 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยนับรวมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่และการย่อยสลายในบ่อทิ้งซาก

ช่วงวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราช	CF (kg CO_2-eq)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
การผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์เพื่อผลิตไข่ฟักและการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช	10.52	6.93	7.94
การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช	6.25	1.24	3.68
การเชือดไก่เนื้อโคราช	0.23	0.21	0.22
การกระจายสินค้า	1.91	1.88	1.89
การบริโภค	12.21	5.74	8.61
การจัดการของเสียจากการบริโภค	0.86	0.86	0.86
รวม	**31.98**	**16.86**	**23.19**

จากตารางที่ 4.44 เมื่อพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย พบว่ากระบวนการบริโภคมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 37.11 มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ย 8.61 kg CO_2-eq รองลงมาคือ กระบวนการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์รวมทั้งการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช มีค่าเฉลี่ยการปล่อยฯ 7.94 kg CO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 34.23ลำดับต่อมาคือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ร้อยละ 15.85) การกระจายสินค้า (ร้อยละ 8.16) การจัดการของเสีย (ร้อยละ 3.71) และสุดท้ายคือ การเชือดไก่เนื้อโคราช (ร้อยละ 0.94) ตามลำดับ สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อโคราชครอบคลุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่และการย่อยสลายในบ่อทิ้งซาก

ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จำแนกตามลักษณะการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรทั้ง 4 ลักษณะ มีค่าดังนี้ การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกระหว่าง 20.92 - 31.36 kg CO_2-eq การเลี้ยงไก่แบบทั่วไป 16.86 - 31.98 kg CO_2-eq ส่วนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรภายในจังหวัดนครราชสีมามีค่าระหว่าง 16.86 - 31.00 kg CO_2-eq และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรภายนอกจังหวัดนครราชสีมามีค่าระหว่าง 18.46 - 31.98 kg CO_2-eq ตามลำดับ

4.2.11 การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชที่ไม่นับรวมการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่และการหายใจของไก่เนื้อโคราช กับผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศตามประเภทของขอบเขตการศึกษาแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.45 การเปรียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราชระหว่างการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การศึกษา	ประเทศ	ปริมาณ CF (kg CO_2-eq)	หน่วยผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ
ขอบเขตการศึกษาแบบ Gate - to - gate				
เนตรนภา ดวงพิมพ์ และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2558)	ไทย	1.18	1 kg (ไก่มีชีวิต)	CF ของการเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดขนาดเล็ก
ในการศึกษานี้				
CF รวม 21 ฟาร์ม	ไทย	1.07 - 5.02	1 kg (ไก่มีชีวิต)	CF จากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจำนวน 21 ฟาร์ม
CF เลี้ยงแบบอินทรีย์		3.24 - 3.50		CF การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จำนวน 2 ฟาร์ม
CF เลี้ยงแบบทั่วไป		1.07 - 5.02		CF การเลี้ยงไก่แบบทั่วไปจำนวน 19 ฟาร์ม
CF เลี้ยงภายในจ.นครราชสีมา		1.07 - 3.11		CF การเลี้ยงไก่ภายในจ.นครราชสีมาจำนวน 11ฟาร์ม
CF เลี้ยงภายนอกจ.นครราชสีมา		1.85 - 5.02		CF การเลี้ยงไก่ภายนอกจ.นครราชสีมาจำนวน 10 ฟาร์ม
ขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle - to - farm gate				
Pelletier (2008)	สหรัฐอเมริกา	~ 2.00	1 kg (ไก่มีชีวิต)	การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตลูกไก่และการเลี้ยงไก่เนื้อของประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.45 การเปรียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราชระหว่างการศึกษาที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การศึกษา	ประเทศ	ปริมาณ CF (kg CO_2-eq)	หน่วยผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ
ในการศึกษานี้				
CF รวม 21 ฟาร์ม	ไทย	1.98 - 9.06	1 kg	CF รวม 2 กระบวนการ คือ การ
CF เลี้ยงแบบอินทรีย์		4.16 - 7.55	(ไก่มีชีวิต)	ผลิตลูกไก่ และการเลี้ยงไก่เนื้อ
CF เลี้ยงแบบทั่วไป		1.98 - 9.06		โคราช
CF เลี้ยงภายใน จ.นครราชสีมา		1.98 - 7.15		
CF เลี้ยงภายนอก จ.นครราชสีมา		2.77 - 9.06		
ขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle - to - slaughterhouse gate				
González-García et al. (2014)	โปรตุเกส	2.46	1 kg (ซากไก่)	การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อของประเทศ
ในการศึกษานี้				
CF รวม 21 ฟาร์ม	ไทย	1.28 - 5.24	1 kg	CF รวม 2 กระบวนการ คือ การ
CF เลี้ยงแบบอินทรีย์		3.45 - 3.73	(ซากไก่)	เลี้ยงไก่ และการเชือดไก่เนื้อ
CF เลี้ยงแบบทั่วไป		1.28 - 5.24		โคราช
CF เลี้ยงภายใน จ.นครราชสีมา		1.28 - 3.33		
CF เลี้ยงภายนอก จ.นครราชสีมา		2.06 - 5.24		

การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อที่มีขอบเขตการพิจารณาตั้งแต่กระบวนการต้นน้ำถึงกระบวนการปลายน้ำมีจำกัด ในการศึกษานี้จึงเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามขอบเขตการศึกษา 3 แบบ คือ แบบ Gate - to - gate ครอบคลุมเฉพาะกระบวนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรเพื่อจำหน่ายไก่มีชีวิต เนตรนภา ดวงพิมพ์และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2558) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเลี้ยงไก่เนื้อระบบปิดขนาดเล็กจำนวน 1 ฟาร์ม ภายในจังหวัดลพบุรี ระยะเวลาเลี้ยงต่อรอบ 40 วัน สามารถผลิตไก่ได้ 10,000 ต่อรอบการเลี้ยง มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 1.18 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่เนื้อมีชีวิต ส่วนในการศึกษานี้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรจำนวน 21 ฟาร์ม สามารถจำแนกการเลี้ยงไก่ออกเป็น 4 ลักษณะคือ การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ การเลี้ยงแบบทั่วไป การเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไก่เนื้อโคราชมีชีวิต มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่

ระหว่าง 1.07 - 5.02 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่เนื้อมีชีวิต ความแตกต่างของผลการศึกษาที่ได้มาจากการกำหนดขอบเขตการศึกษาเนื่องจากการศึกษานี้เก็บข้อมูลการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรจำนวน 21 ฟาร์ม ซึ่งมีความหลากหลายของการเลี้ยงไก่มากกว่า มีระยะเวลาการเลี้ยง 45 - 150 วัน เลี้ยงไก่ต่อรอบจำนวน 40 - 3,800 ตัว และพฤติกรรมการเลี้ยงที่แตกต่างกันของเกษตรกรมีการใช้ทรัพยากรและสารเคมีที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ปูนขาว หรือน้ำยาฆ่าเชื้อโรค และในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณารวมการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่จึงส่งผลให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่แตกต่างกันกับผลการศึกษาก่อนหน้า

การศึกษาของ Pelletier (2008) กำหนดขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle - to - farm gate ครอบคลุม 2 กระบวน คือ การผลิตลูกไก่ และกระบวนการเลี้ยงไก่ภายในฟาร์มของประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประมาณ 2.00 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต ส่วนในการศึกษานี้ครอบคลุมกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชจากฟาร์มมหาวิทยาลัยและกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชจากเกษตรกรทั้ง 21 ฟาร์ม จำแนกการเลี้ยงไก่ได้เป็น 4 ลักษณะ คือ การเลี้ยงแบบอินทรีย์ การเลี้ยงแบบทั่วไป การเลี้ยงภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่าง 1.98 - 9.06 kg CO_2-eq ต่อน้ำหนักไก่มีชีวิต ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้มีความต่างกันเนื่องจากการเก็บข้อมูลจากฟาร์ม ทั้งขนาด สถานที่ และวิธีการเลี้ยง รวมทั้งการจำลองสถานการณ์สมมติที่ต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้ การศึกษาของ Pelletier (2008) เป็นการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากภาคอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ของประเทศสหรัฐอเมริกา และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดสถานการณ์สมมติการขนส่งที่เกี่ยวข้องภายในฟาร์มด้วยรถบรรทุก มีระยะทางการขนส่ง 25 กิโลเมตร และได้พิจารณาการใช้มูลไก่เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อลดการใช้ปุ๋ยในภาคการเกษตรสำหรับการเพาะปลูกพืชสำหรับผลิตอาหารสัตว์ เพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืช ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการศึกษาอยู่ในประเทศไทย ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากร สารเคมี และเก็บข้อมูลระยะทางการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่โดยตรงจากเกษตรกร ยกเว้นปริมาณน้ำใช้ การเกิดน้ำเสียใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการศึกษาที่เกี่ยวข้อง และจำลองการขนส่งและจัดการของเสียที่เกิดขึ้นตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2561) และในการศึกษานี้ยังพิจารณารวมถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ภายในฟาร์มด้วย

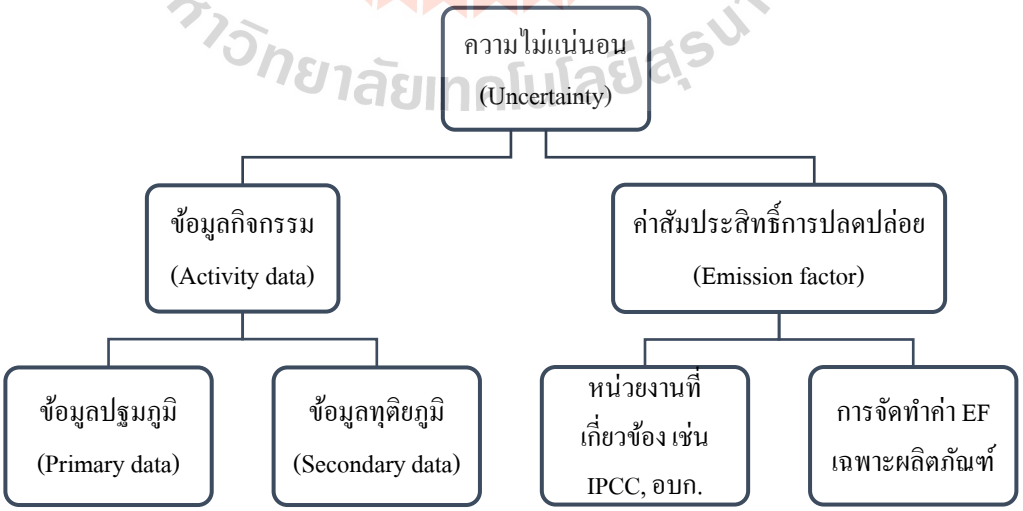
การกำหนดขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle - to - slaughterhouse gate ซึ่งครอบคลุม 2 กระบวนการ คือ การเลี้ยงไก่ภายในฟาร์ม และการเชือดไก่ จากการศึกษาของ González - García et al. (2014) เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตไก่เนื้อของประเทศโปรตุเกส ได้รายงานการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากทั้ง 2 กระบวนการมีค่าประมาณ 2.46 kg CO_2-eq ต่อผลิตภัณฑ์ไก่ทั้งตัว ส่วนในการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลการเลี้ยงไก่จากเกษตรกร 21 ฟาร์ม และข้อมูลจากโรงเชือดในอำเภอ

ปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจำแนกตามการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรทั้ง 4 ลักษณะประมาณ 1.28 - 5.24 kg CO_2-eq ต่อผลิตภัณฑ์ไก่ทั้งตัว ซึ่งในการศึกษาของ González - García et al. (2014) เลือกตัวแทนเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการในการเลี้ยงไก่จากฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดในประเทศโปรตุเกส และเก็บข้อมูลการเชือดไก่จากบริษัทภายในประเทศ แต่ในการศึกษานี้เก็บข้อมูลจากเกษตรผู้เลี้ยงไก่ซึ่งส่วนใหญ่เป็นฟาร์มขนาดเล็กจำนวน 21 ฟาร์ม และโรงเชือดขนาดเล็ก จึงส่งผลให้ข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างกัน เนื่องจากเป็นการเลี้ยงไก่ต่างสถานที่ ขนาดของฟาร์มและโรงเชือดที่แตกต่างกัน จึงมีการบริหารการใช้ทรัพยากรภายในฟาร์มและโรงเชือดที่แตกต่างกัน อีกทั้งการกำหนดสถานการณ์สมมติ เช่น ระยะทางในการขนส่งที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่างกันออกไป

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกันออกไปตามขอบเขตการศึกษา ลักษณะการเลี้ยงไก่ของแต่ละประเทศ การเลือกใช้ข้อมูล (ปฐมภูมิ และทุติยภูมิ) การตั้งสมมติฐานในการศึกษา เช่น ระยะทางการขนส่ง และการจัดการของเสีย รวมทั้งการพิจารณาตัดข้อมูลการใช้ทรัพยากรหรือการใช้พลังงานบางอย่างออกจากการประเมินเนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้

4.2.12 ความไม่แน่นอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช

ความไม่แน่นอนในการศึกษานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การรวบรวมข้อมูลกิจกรรม ประกอบด้วยข้อมูลปฐมภูมิจากการตรวจวัดหรือสัมภาษณ์ได้โดยตรงจากแหล่งข้อมูล และข้อมูลทุติยภูมิ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลอื่น ซึ่งองค์ประกอบความไม่แน่นอนของการศึกษานี้เป็นการประเมินเชิงคุณภาพดังรูปที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 องค์ประกอบของความไม่แน่นอน

การเข้าถึงข้อมูลปฐมภูมิในบางกรณีค่อนข้างมีข้อจำกัดมาก อาทิ ข้อมูลการใช้ทรัพยากรพลังงาน ข้อมูลการจัดการของเสีย จากกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการผลิตไก่เนื้อโคราช ส่งผลให้มีความจำเป็นในการใช้ข้อมูลทุติยภูมิประกอบการคำนวณเพื่อประมาณปริมาณการใช้ทรัพยากร หรือการใช้ข้อมูลระยะทางจากการขนส่งจากคู่มือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีการใช้ข้อมูลทุติยภูมิดังต่อไปนี้

- ปริมาณการใช้น้ำในการเตรียมโรงเรือน รวมทั้งปริมาณน้ำเสียเกิดที่ขึ้นในกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช และการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร คำนวณได้จากการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการลดความไม่แน่นอนในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ดังนี้
  - กระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง คือ นักวิชาการประจำฟาร์มมหาวิทยาลัย มีการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยตรงจากแหล่งข้อมูล เช่น การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและน้ำที่ให้ไก่กิน จากมิเตอร์ไฟและมิเตอร์น้ำของโรงเรือนเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช
  - กระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช ดำเนินการขอข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนการฟักไข่ และเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าด้วยการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบจานหมุนชนิด 3 เฟส บริเวณโรงฟักไข่เพื่อเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช
  - กระบวนการลี้ยงไก่เนื้อโคราช สัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราชเพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้เลี้ยงจริง
- การใช้ข้อมูลบัญชีรายการขาเข้าและขาออกในกระบวนการเชือดไก่ของกรมโรงงานอุตสาหกรรมประกอบกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์จากผู้จัดการโรงเชือดในการจัดทำบัญชีรายการของการเชือดไก่เนื้อโคราช
- การกำหนดสถานการณ์สมมติในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชระหว่างการจำหน่ายและการบริโภค รวมทั้งการกำหนดวิธีการจัดการของเสียด้วยการฝังกลบ การใช้ข้อมูลระยะทางการขนส่ง และประเภทของยานพาหนะตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
- การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจากหน่วยงานภายในประเทศส่วนใหญ่ถูกรวบรวมไว้โดยองค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก และหน่วยงานต่างประเทศ เช่น IPCC และในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำค่าสัมประสิทธิ์

การปลดปล่อยสำหรับการปิ้งย่างไก่เนื้อโคราช จากการหมักด้วยสูตรมาตรฐานและสูตรสมุนไพรไก่สดใช้ในการประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภคด้วยการปิ้งย่าง เพื่อให้เกิดความเฉพาะเจาะจงกับการศึกษานี้และลดความไม่แน่นอนจากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจากแหล่งข้อมูลอื่น

4.3 แนวทางลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราชทำให้ทราบปริมาณปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละกระบวนการ ดังนั้น แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเกี่ยวข้องกับประเด็น ดังต่อไปนี้

4.3.1 กระบวนการผลิต - การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

การผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ และผลิตลูกไก่เนื้อโคราชดำเนินการภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยฯ พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีสัดส่วนการปลดแก๊สเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 53.35 มีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการฟักไข่เพื่อผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ทดแทน การผลิตลูกไก่เนื้อโคราชเพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกร และใช้ในการดำเนินกิจกรรมภายในโรงเรือนเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช ได้แก่ การให้แสงสว่าง การกกลูกไก่ และการเดินระบบระบายอากาศภายในโรงเรือน แนวทางการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการฟักไข่ซึ่งเป็นกระบวนการหลักที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูง มีรายละเอียดดังนี้

- การลดระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ฟักในห้องเย็น ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานที่ถูกใช้มากในกระบวนฟักไข่ และเป็นผลดีต่ออัตราการฟักออกเป็นตัวมากว่าไข่ฟักที่ถูกเก็บไว้เป็นเวลานานซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เชื้อในไข่ฟักมีโอกาสตายมากขึ้นส่งผลให้มีอัตราการฟักออกลดต่ำลง
- เนื่องจากขนาดของตู้เกิดและตู้ฟักมีขนาดใหญ่ การนำไข่เข้าฟักน้อยกว่าขนาดความจุต้องตู้ ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและสารเคมีในการรมควันฆ่าเชื้อมากกว่าการฟักไข่แบบเต็มความจุของตู้ หากมีความเป็นไปได้การมีตู้ฟักและตู้เกิดขนาดเล็กลงมาเพื่อให้เหมาะสมกับกรณีมีไข่เข้าฟักในปริมาณน้อย แต่ทั้งนี้อาจต้องมีการพิจารณาเรื่องของความคุ้มทุนเข้ามาเกี่ยวข้องในการตัดสินใจ

4.3.2 กระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร สามารถจำแนกสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชออกเป็น 4 ลักษณะดังนี้

- การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่สูงสุดประมาณ 1.63 kg CO_2-eq (ร้อยละ 48.48) การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ใช้เวลาในการเลี้ยง 100 - 150 วัน หากกำหนดสถานการณ์สมมติให้การเลี้ยงไก่มีระยะเวลา 70 วันตามคู่มือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 0.91 kg CO_2-eq ส่งผลให้มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกลดลงเป็น 0.72 kg CO_2-eq (ร้อยละ 44.10) และจากการศึกษาของต่างประเทศ การปรับเปลี่ยนรูปแบบของพื้นโรงเรือนเลี้ยงไก่ ให้มีลักษณะเป็นรูสามารถระบายอากาศได้ ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียได้ประมาณ 0.32 กิโลกรัมต่อปีต่อพื้นที่ของโรงเรือน และหากมีการเป่าแห้งของมูลไก่ร่วมด้วยสามารถลดการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียได้ถึงร้อยละ60 (Costa et al., 2012) ซึ่งแก๊สแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมได้
- การเลี้ยงไก่แบบทั่วไป การเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการใช้วัตถุดิบและพลังงาน อาหารไก่เป็นปัจจัยหลักที่มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงกว่าการใช้สารเคมี และทรัพยากรอื่น ร้อยละ 89.86, 88.65 และ 90.05 ตามลำดับ จากข้อมูลการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรใช้อาหารเลี้ยงไก่จนครบเวลาจำหน่ายประมาณ 3.24 กิโลกรัมต่อตัว (1.87 kg CO_2-eq) หากจำลองปริมาณการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่ตามคู่มือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชใช้อาหารประมาณ 3.00 กิโลกรัมต่อตัว (1.71 kg CO_2-eq) สามารถช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ประมาณ 0.16 kg CO_2-eq (ร้อยละ 8.58) และ Baumgartner et al. (2008) ได้แนะนำการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตอาหารเลี้ยงไก่ ด้วยการใช้พืชตระกูลถั่วกินเมล็ด (grain legumes) เป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารไก่ทดแทนการใช้ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนหลัก เนื่องจากส่วนใหญ่ในการเพาะปลูกพืชตระกูลถั่วกินเมล็ดไม่ต้องการใช้ปุ๋ยในปริมาณมาก ส่งผลให้ช่วยลดการใช้พลังงานในการขนส่ง และการส่งเสริมให้ใช้พืชที่ผลิตได้ในท้องถิ่นเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตอาหารสัตว์เพื่อลดกระบวนการและการผลิตที่เกี่ยวข้องในการจัดการกับผลผลิตที่ได้จากฟาร์ม และแนวทางการปฏิบัติเพื่อลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและจากการจัดการมูลไก่ และจากการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช แสดงได้ดังนี้
  - การอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราชรายใหม่ถือว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นเพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง เช่น การให้อาหารไก่ควรให้ทีละน้อยแต่บ่อยเพื่อให้ไก่ได้กินอาหารอย่างเพียงและลดการสูญเสียอาหารจากการหกหล่นลงพื้น เนื่องจากอาหารไก่ถือว่าเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงไก่

- การให้อาหารไก่ในระหว่างการเลี้ยงควรให้ตามความต้องการสารอาหารตามช่วงอายุตามการแนะนำของคู่มือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช หากให้อาหารไม่เหมาะสมตามความต้องการของไก่อาจส่งผลให้ไก่โตช้า ทำให้ต้องใช้อาหารในปริมาณมากขึ้นในการเลี้ยง และเป็นผลให้มีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น พลังงานไฟฟ้า น้ำ ทำให้มีต้นทุนในการเลี้ยงสูงขึ้น รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงที่นานมากขึ้น

4.3.3 กระบวนการเชือดไก่

การเชือดไก่เนื้อโคราชมีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนสูงสุดจากการจัดการของเสีย (ขนไก่ และมูลไก่) ประมาณ 7.86×10^{-2} kg CO_2-eq (ร้อยละ 36.03) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระบบการจัดการของเสียด้วยการกำจัดทิ้ง ได้แก่ ขนไก่ และมูลไก่สามารถจำหน่ายไปเป็นวัตถุในการผลิตอาหารสัตว์ได้ หรือมูลไก่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ สามารถช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการของเสียด้วยการฝังกลบในกระบวนการเชือดไก่ได้ร้อยละ 100

4.3.4 กระบวนการบริโภค

การศึกษานี้จำลองการบริโภคประกอบด้วยการกำหนดสถานการณ์สมมติในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอการบริโภคและประกอบอาหารด้วยวิธีปิ้งย่าง พบว่าการปิ้งย่างมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเฉลี่ยประมาณ 8.61 kg CO_2-eq (ร้อยละ 95.86) ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภคด้วยการปิ้งย่าง มีค่าค่อนข้างสูงกว่ากระบวนการอื่น ดังนั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาจช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการบริโภคได้ จากการศึกษาของ Roy et al. (2012) ได้ประมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปรุงอาหารประเภทเนื้อสัตว์ด้วยเตาแก๊สหรือเตาอบโดยใช้แก๊สโพรเพนเป็นเชื้อเพลิง มีค่าประมาณ 0.34 kg CO_2-eq/kg-meat ดังนั้นการเปลี่ยนวิธีการปรุงอาหารจากการปิ้งย่างเป็นการปรุงแบบอบ ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ประมาณ 8.27 kg CO_2-eq-meat คิดเป็นร้อยละ 96.05

การปรับเปลี่ยนวิธีการในกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช ซึ่งพิจารณาบริหารการใช้ทรัพยากรและสารเคมีที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มทุนสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต รวมทั้งการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

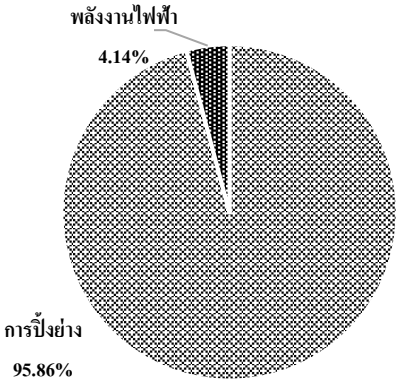
5.1 สรุปผลการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตไก่เนื้อโคราชแบบ Business - to - Consumer : (Cradle - to - grave) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช (ไก่กลมน้ำหนักประมาณ 1.13 กิโลกรัม) ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (British Standard Institute: PAS2050) ด้วยการใช้ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิตั้งแต่กระบวนการแรก คือ การผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช การเลี้ยงไก่ของเกษตรกรทั้ง 4 ลักษณะได้แก่ การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์และแบบทั่วไป การเลี้ยงภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา จนถึงการจัดการของเสียจากการบริโภคที่เป็นกระบวนการสุดท้าย สรุปได้ว่า ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมทั้งวัฏจักรอยู่ในช่วง 16.35 - 29.96 kg CO_2-eq โดยมีค่าเฉลี่ย 21.66 kg CO_2-eq (ตารางที่ 5.1) เมื่อแยกพิจารณาแต่ละส่วนของวัฏจักรพบว่า การบริโภคในรูปไก่ย่างมีสัดส่วนสูงสุด 8.61 kg CO_2-eq (ร้อยละ 39.74) รองลงมาคือ การผลิต-เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช 7.44 kg CO_2-eq (ร้อยละ 34.33) การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช 2.64 kg CO_2-eq (ร้อยละ 12.20) การกระจายสินค้า (ขั้นตอนขนส่งและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ด้วยตู้แช่) 1.89 kg CO_2-eq (ร้อยละ 8.74) การจัดการของเสียจากการบริโภค 0.86 kg CO_2-eq (ร้อยละ 3.97) และการเชือดไก่เนื้อโคราช 0.22 kg CO_2-eq (ร้อยละ 1.01) นอกจากนี้หากจำแนกการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราชตามลักษณะการเลี้ยงของเกษตรกร พบว่าการเลี้ยงแบบอินทรีย์และแบบทั่วไป มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกประมาณ 18.53 - 28.44 และ 16.35 - 29.96 kg CO_2-eq โดยการบริโภคไก่ด้วยการปิ้งย่างมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 38.45 ของการเลี้ยงแบบอินทรีย์ และร้อยละ 39.88 ของการเลี้ยงแบบทั่วไป ตามลำดับ ส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่ภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีค่าอยู่ระหว่าง 16.35 - 28.05 และ 17.14 - 29.96 kg CO_2-eq และพบว่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่เนื้อโคราชจากการเลี้ยงภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมามีสัดส่วนสูงสุดจากการบริโภคในรูปไก่ย่างคิดเป็นร้อยละ 40.54 และ 38.90 ตามลำดับ

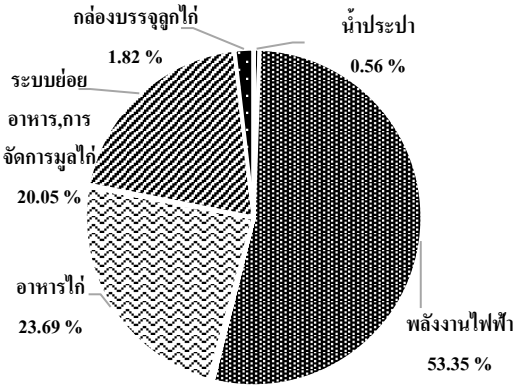
ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช

รายการ	CF (kg CO_2-eq)	สัดส่วนร้อยละ
การผลิตพ่อและแม่พันธุ์และการผลิตลูกไก่	7.44	34.33
การเลี้ยงไก่เนื้อโคราช	2.64	12.20
การเชือดไก่เนื้อโคราช	0.22	1.01
การกระจายสินค้า	1.89	8.74
การบริโภคด้วยการปิ้งย่าง	8.61	39.74
การจัดการของเสียจากการบริโภค	0.86	3.94
รวม	**21.66**	**100.00**

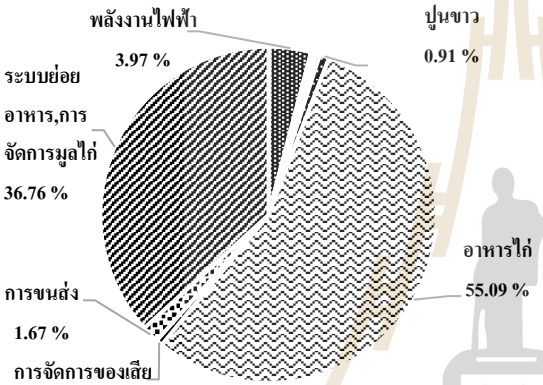
เมื่อพิจารณาองค์ประกอบย่อยในแต่ละกระบวนการพบว่า การปิ้งย่างในกระบวนการบริโภคมีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 95.86) การผลิต-เลี้ยงพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ และการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (ร้อยละ 53.35) อาหารเลี้ยงไก่มีสัดส่วนสูงสุดในกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรทั้ง 21 ฟาร์ม (ร้อยละ 55.09) และเมื่อจำแนกตามลักษณะการเลี้ยง 4 ลักษณะ พบว่าอาหารเลี้ยงไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดจากการเลี้ยงแบบทั่วไป (ร้อยละ 57.58) การเลี้ยงภายในจังหวัดนครราชสีมา (ร้อยละ 51.13) การเลี้ยงภายนอกจังหวัดนครราชสีมา (ร้อยละ 58.20) ส่วนการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลสัตว์สูงสุด (ร้อยละ 48.48) การใช้พลังงานไฟฟ้าในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของกระบวนการกระจายสินค้ามีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 96.67) กระบวนการจัดการของเสียจากการบริโภคพบว่า การฝังกลบกระดูกไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 61.46) และการจัดการของเสีย (ขนไก่และมูลไก่) ในกระบวนการเชือดไก่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 36.03) ดังแสดงในรูป 5.1



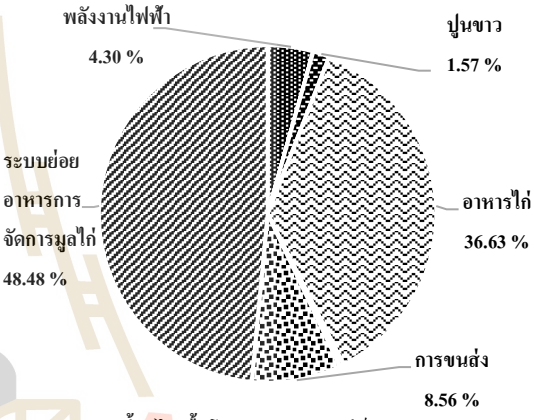
ก. การบริโภคด้วยการปิ้งย่าง



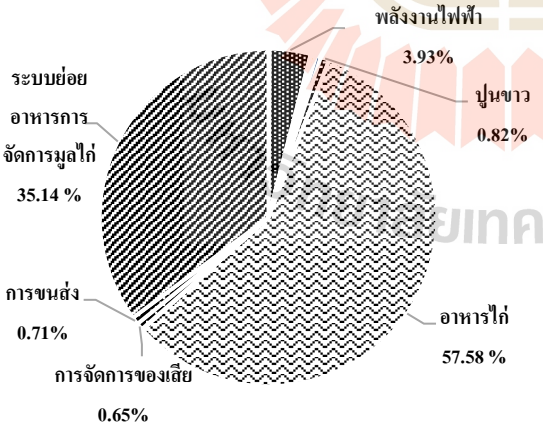
ข. การผลิต-เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ และผลิตลูกไก่เนื้อโคราช



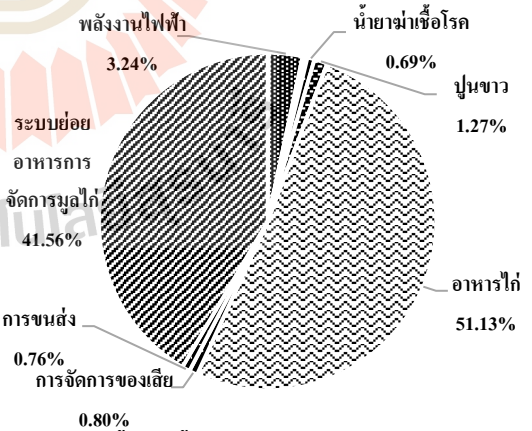
ค. การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตร



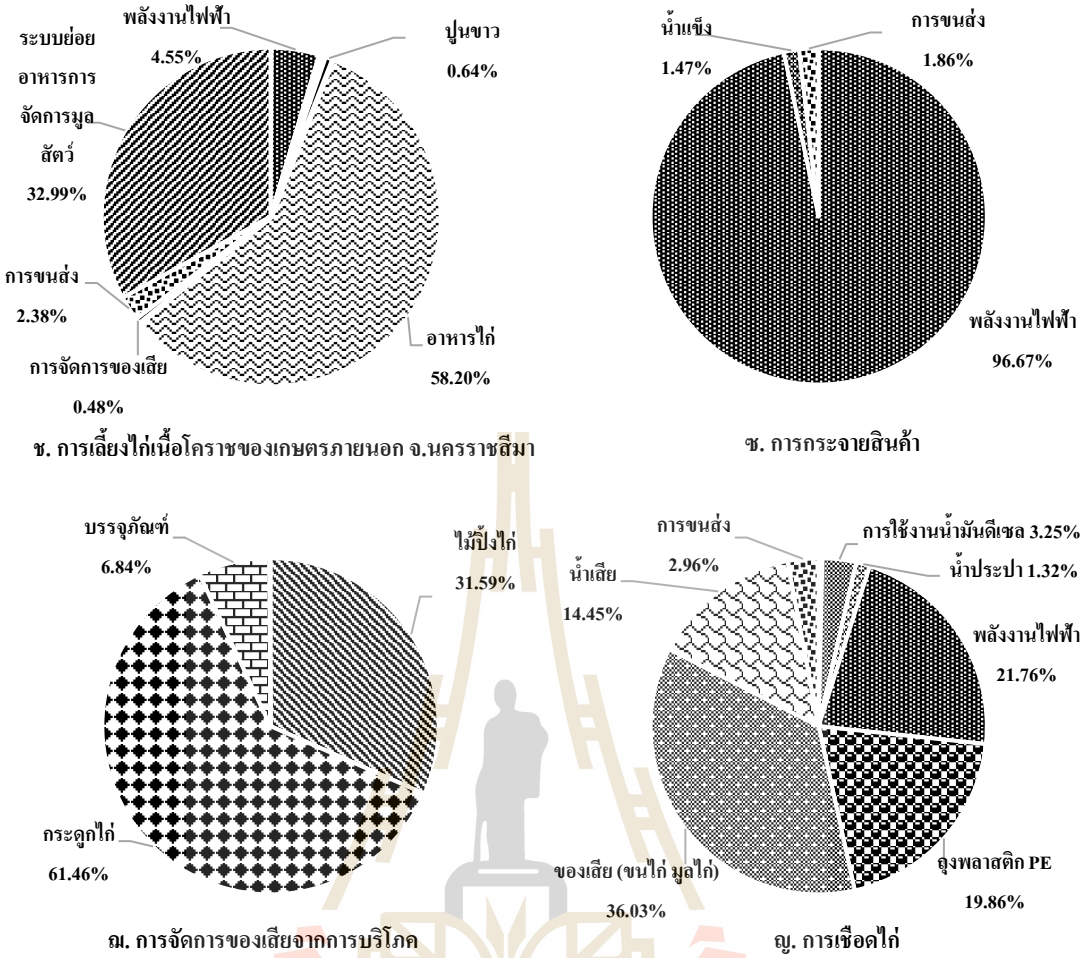
ง. การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์ของเกษตร



จ. การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบทั่วไปของเกษตร



ฉ. การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรภายใน จ.นครราชสีมา



รูปที่ 5.1 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากแต่ละกระบวนการผลิตไก่เนื้อโคราช

ผลสรุปเพิ่มเติมของงานวิจัยจากการตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ จากการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์และการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร รวมทั้งจากกระบวนการย่อยสลายซากไก่ภายในบ่อทิ้งซากของฟาร์มมหาวิทยาลัย พบว่า ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของไก่เนื้อโคราช 23.19 kg CO_2-eq และมีค่าอยู่ในช่วง 16.86 - 31.98 kg CO_2-eq ส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกรทั้ง 4 ลักษณะ พบว่า การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชแบบอินทรีย์และแบบทั่วไป มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกระหว่าง 20.92 - 31.36 และ 16.89 - 31.98 kg CO_2-eq ส่วนการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรภายในและภายนอกจังหวัดนครราชสีมา มีค่าอยู่ระหว่าง 16.86 - 31.00 และ 18.46 - 31.98 kg CO_2-eq ตามลำดับ

- **แนวทางการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไก่เนื้อโคราช**

การลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสามารถกระทำได้โดยการบริหารจัดการที่ดี รวมทั้งการปรับเปลี่ยนกระบวนการที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ได้แก่ การลดระยะเวลาในการเก็บรักษา

ไข่ฟักของขั้นตอนการผลิตพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ทดแทนและการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชในห้องเย็น และการเลือกตู้ฟักไข่ให้มีความเหมาะสมกับปริมาณไข่ฟัก สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ และการให้ความรู้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ให้สามารถวางแผนการใช้ทรัพยากรในการเลี้ยงไก่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดการสูญเสียทรัพยากร การจัดการทางการตลาดที่ดีเพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ด้วยการมีตลาดรองรับ สามารถลดการใช้ไฟฟ้าในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และระยะทางที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังสถานที่จำหน่ายไม่ไกลเกินไป เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง และจากการศึกษานี้พบว่าการบริโภคด้วยการปิ้งย่างมีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกค่อนข้างสูงกว่ากระบวนการอื่น ดังนั้น การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกลดลงได้จากการเปลี่ยนวิธีประกอบอาหาร เช่น ใช้การอบด้วยเตาอบที่มีการใช้แก๊สโพรเพนเป็นเชื้อเพลิงสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการบริโภคจากการปิ้งย่างคิดเป็นร้อยละ 96.05 ตามลำดับ การบริหารและการจัดการที่ดี กล่าวคือ เป็นการปรับหรือเปลี่ยนกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการผลิตไก่เนื้อโคราช เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดของเสียจากกระบวนการน้อยที่สุด สามารถช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่สิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตไก่เนื้อโคราชได้ และจากการศึกษาของต่างประเทศแนะนำการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตอาหารเลี้ยงไก่ด้วยการเปลี่ยนส่วนประกอบในการผลิตอาหาร การใช้พืชตระกูลถั่วกินเมล็ด (Grain legumes) เป็นแหล่งของโปรตีนหลักทดแทนการใช้ถั่วเหลือง เนื่องจากส่วนใหญ่ในการเพราะปลูกพืชตระกูลถั่วกินเมล็ดไม่ต้องการปุ๋ยในปริมาณมาก (Baumgartner et al., 2008) และการปรับเปลี่ยนรูปแบบของพื้นโรงเรือนเลี้ยงไก่ให้เป็นรูสามารถระบายอากาศได้ และการใช้ลมเป่าเพื่อให้มูลไก่แห้งจะช่วยลดการปล่อยแก๊สแอมโนเนียได้ดียิ่งขึ้น (Costa et al., 2012) ซึ่งแก๊สแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ผลงานวิจัย

1) ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราช สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอรับรองผลและขึ้นทะเบียนเพื่อติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2) สามารถใช้ประโยชน์จากค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการศึกษาดังนี้

- ค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่ สามาถนำไปประเมินการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุของไก่

- ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่ภายในฟาร์ม สามารถนำไปประมาณการการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการจัดการซากไก่ภายในฟาร์ม
- ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาการปิ้งย่างไก่ทั้งตัว สามารถนำไปประมาณการการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปิ้งย่างไก่ทั้งตัว

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1) ศึกษาการลดลงของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อโคราชหลังจากปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตตามแนวทางแนะนำเพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

2) จัดทำค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเพื่อทดแทนการใช้ข้อมูลจากต่างประเทศหรือ การพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยในของข้อมูลที่ยังไม่มีการจัดทำ เช่น วิตามิน ยา วัคซีน

3) ศึกษาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการปรุงประกอบอาหารวิธีการอื่นนอกเหนือจากการปิ้งย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน.สำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน. (2557). **“ลดโลกร้อน” ด้วยตัวเรา.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน.

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2541) **คู่มือผู้ควบคุมและผู้ปฏิบัติงานระบบบำบัดมลพิษของโรงงาน**. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย: กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). **คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมการฆ่าสัตว์ประเภทฆ่าและชำแหละเนื้อไก่.** สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย: กระทรวงอุตสาหกรรม.

จิตสุรัตน์ ตั้งใจ และศิริมา ปัญญาเมธีกุล. (2554). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำบรรจุขวด. ใน **หนังสือเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49** (หน้า 51-58). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นเรศ เชื้อสุวรรณ. (2555). **การตรวจวัดมลพิษอากาศและเสียง: ฉบับปฏิบัติด้วยตนเอง**. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

นเรศ เชื้อสุวรรณ, จรียา ยิ้มรัตนบวร, สิราภรณ์ โพธิวิชยานนท์ และ ธนัญชัย วรรณสุข. (2557). **สภาวะที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) ควบคู่กับการพัฒนาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน**. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เนตรนภา ดวงพิมพ์ และ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์. (2558). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อในระบบการเลี้ยงแบบปิดขนาดเล็ก. ใน **หนังสือเรื่องเต็มการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2558** (หน้า 381-386). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

ปรางค์ทิพย์ มณีสะอาด และ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์. (2555). การลดการสูญเสียอาหารไก่ในระบบปิดของโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อ. ใน **หนังสือเรื่องเต็มการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9** (หน้า 533-540). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ปราโมช เชี่ยวชาญ และ สิริรัตน์ สุวณิชเจริญ. (2548). **ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.stou.ac.th/School/Shs/booklet/6_2548/OccHealth htm.

พรรณทิพย์ แตงอ่อน. (2557). **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ยางแผ่นรมควัน: กรณีศึกษาโรงงานสหกรณ์กองทุนสวนยาง จ.สงขลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พวงเพชร ปฏิญาณานุวัต. (2554**). แนวทางการจัดการมลพิษจากฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อในโรงเรือนระบบปิด เพื่อการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืนของชุมชนตำบลโป่ง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี**. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตรมหาบณัฑิต คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, แชบเบียร์ กีวาลา, งามทิพย์ ภู่วโรดม และสิรินทรเทพ เต้าประยูร. (2553). **การวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสำหรับการติดฉลากคาร์บอนเพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำในการบรรเทาภาวะโลกร้อน**. คณะสิ่งแวดล้อม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัลลภ คงเพิ่มพูน. (2545). **การเลี้ยงไก่เนื้อ**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). นนทบุรี: เกษตรสาส์น.

วิทธวัช โมพี. (2557). **คู่มือการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สิริญญา ป้องจันลา, ธันย์ชนก สุทธินนท์, อมรรัตน์ โมพี, และ จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. (2557). การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อโคราชและไก่เนื้อทางการค้า. ใน **Proceedings of the 5 th Meat Science and Technology, Faculty of Agricutural Technology** (หน้า 81-89). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรวุฒิ สุดหา. (2557). **ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม่ำหมู กรณีศึกษาสินค้า OTOP ของจังหวัดชัยภูมิ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสารคาม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2561.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

องค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.). (2556). **ข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เกษตร และอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร.

องค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.). (2561**). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.** (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

องอาจ ตัณฑวณิช. (2554). **ไก่เนื้อโคราช รสชาติเหมือนไก่ไทย โตไวเหมือนไก่ฝรั่ง** [ออนไลน์]. ได้จาก: http:// http://www.matichon.co.th/news_detail.php?newsid=1312285318&grpid=no&catid=&subcatid.

อนุรักษ์ มะโนมัย. (2548). **การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฆ่าและชำแหละไก่ขนาดเล็ก: กรณีศึกษาในเขตจังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล.

อภิวรรณ สุวรรณนที. (2556). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภณัฑ์ไส้กรอกหมู**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ โมพี และคณะ. (ม.ป.ป.). **คู่มือการแปรรูปไก่เนื้อโคราช.** เทคโนธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อำนาจ ชิดไธสง และคณะ. (2555). **โครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร**. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC). (1991). **Raising chicken and turkey broilers in Canada**. Ottawa - Ontario, Canada: Agriculture Canada.

Baumgartner, D.U., de Baan, L., Nemeck, T., (2008). **European grain legumes - Environment - friendly animal feed: Life cycle assessment of pork, chicken meat, egg and milk production**. Zürich: Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station (ART).

Belic D. S. (2006). Global warming and greenhouse gases. **Physics, Chemistry and Technology**. 4: (1) 45-55.

Bengtsson, J. and Seddon, J. (2013). Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. **Journal of Cleaner Production**. 41: 291-300.

British Standard Institute (BSI). (2008). **Guide to PAS 2050, How to assess the carbon footprint of goods and services**. London: BSI Press.

Church, J. A., White, N. J., Aarup, T., Wilson, W. S., Woodworth, P. L., Domingues, C. M., Hunter, J. R. and Lambeck, K. (2008). Understanding global sea levels: Past, present and future. **Sustain Sci**. 3 (1): 9-22.

Clear About Carbon (CAC). (2012). **Are you clear about embedded carbon and product carbon footprints**. Exeter, United Kingdom: University of Exeter.

Cochran, W. G. (1963). **Sampling techniques** (2nd Ed.). New York: John Wiley and Sons.

Cook, J. (2010). **The scientific guide to global warming skepticism**. Center for Climate Change Communication: George Mason University.

Costa, A., Ferrari, S. and Guarino M. (2012). Yearly emission factors of ammonia and particulate matter from three laying-hen housing systems. **Animal Production Science**. 52: 1089-1098.

European Environment Agency (EEA). (2015). **Atmospheric greenhouse gas concentrations** [On-line]. Available: http://www.eea.europa.eu/data- and - maps/ indicators/ atmospheric - greenhouse - gas - concentrations-2/assessment-1.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). **Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities.** Rome, Italy: FAO.

Franchetti, M. J. and Apul, D. (2013). **Carbon footprint analysis** (concepts, method, implementation, and case studies). United Sate of America: Taytor & Francis Group.

González-García, S., Gomez-Fernández, Z., CláudiaDias, A., Feijoo, G., Moreira, M. T. and Arroja, L. (2014**).** Life cycle assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. **Journal of Cleaner Production**. 74: 125-134.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996). **Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual**. Bracknell: United Kingdom Meteorological Office.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). **The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). **Guidelines for national greenhouse gas inventories: Prepared by the national greenhouse gas inventories programme**. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). **Climate change 2013: The physical science basis. contribution of working group I to fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** United Kingdom: Cambridge University Press.

International Organization for Standardization (ISO). (2006). **Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. (ISO 14040: 2006 (E))**. Switzerland: ISO.

Keeratiurai, P., Thanee, N. and Vichairattanatragul, P. (2013). Assessment of the carbon emitted from the layer and young chicken farming under the uncertainty. **Journal of Agricultural and Biological Science**. 8 (9): 603-637.

MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. and Steinfeld, H. (2013). **Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains - A global life cycle assessment**. Rome, Italy: FAO.

Manatsakarn, S. (2016). **Developing local air emission factors for grilling activity of street food stalls**. Degree of Master of Science in Environmental Pollution and Safety Suranaree University of Technology.

Mattsson, B., Cederberg, C. and Blix, L. (2000). Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): Case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**. 8 (4): 283-292.

National Academy of Sciences. (2014). **Climate change: Evidence and causes**. Washington, DC: The National Academies Press.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2016). **Carbon dioxide** [On-line]. Available: http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2016). **Global temperature** [On-line]. Available: http://climate.nasa.gov/vital- signs/global-temperature.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2016). **A global view of methane** [Online]. Available: http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87681.

National Agricultural Biosecurity Center. (2004). **Carcass disposal: A comprehensive review**. Kansas: Kansas State University.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). (2015). **Thailand's first biennial update report: Under the United Nations framework convention on climate change.** Bangkok, Thailand: ONEP.

Owen, J. J. and Silver, W. L. (2015). Greenhouse gas emissions from dairy manure management: A review of field based studies. **Global change biology**. 21 (2): 550-565.

Pelletier, N. (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. **Agricultural Systems**. 98 (2): 67-73.

Ripoll-Bosch, R., de Boer, I. J. M., Bernués, A. and Vellinga, T. V. (2013). Accounting for multi-functionality of sheep farming in the carbon footprint of lamb: A comparison of three contrasting Mediterranean systems. **Agricultural Systems**. 116: 60-68.

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N. and Shiina, T. (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products**. Journal of Food Engineering**. 90: 1-10.

Roy, P., Orikasa, T., Thammawong, M., Nakamura, N., Xu, Q. and Shiina, T. (2012). Life cycle of meats: An opportunity to abate the greenhouse gas emission from meat industry in Japan**. Journal of Environmental Management**. 93 (1): 218-224.

Suffian, S. A., Sidek, A. A., Matsuto, T., Al-Hazza, M. H., Yusof, H. M. and A. Z. Hashim (2018). Greenhouse gas emission of broiler chicken production in Malaysia using life cycle assessment guideline: A case study. **International Journal of Engineering Materials and Manufacture**. 3 (2): 87-97.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2014). **Global greenhouse gas emissions** [Online]. Available: https://www3.epa.gov/climatechange/science/indicators/ghg/global-ghg-emissions.html.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2016). **Overview of greenhouse gases** [On-line]. Available: https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html.

Velicogna, I. (2009). Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE. **Geophysical research letters**. 36 (19): L19503.

Vichairattanatragul, P., Keeratiurai, P. and Thanee, N. (2015). Carbon footprint from meat production of thai cross breed native chicken in Nakhon Ratchasima province, Thailand**. Advances in Agricultural & Environmental Engg. (IJAAEE)**. 2 (1): 8-12.

Wang, S-Y. and Huang, D-J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 18 (6): 873-878.

Watkins, S. (2006). **Clean water lines for flock health** [On-line]. Available: http:// www.thepoultrysite.com/articles/736/clean-water-lines-for-flock-health/.

Williams, A. S. (2009). **Life cycle analysis: A Step by step approach** [On-line]. Available: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/tr/tr40.pdf.

World Resources Institute. (2015). **Historical Emissions** [On-line]. Available: https://cait.wri.org.

Xu, S., Hao, X., Stanford, K., McAllister, T., Larney, F. J. and Wang, J. (2007). Greenhouse gas emissions during co-composting of cattle mortalities with manure. **Nutrient Cycling in Agroecosystems.** 78 (2): 177-187.

Yang, J. Y., De Jong, R., Drury, C. F., Huffman, E. C., Kirkwood, V. and Yang, X. M. (2006). Development of a canadian agricultural nitrogen budget (CANB v2.0) model and the evaluation of various policy scenarios. **Can. J. Soil Sci**. 87: 153-165.

Yuan, Q., Saunders, S. E. and Bartelt-Hunt, S. L. (2012). Methane and carbon dioxide production from simulated anaerobic degradation of cattle carcasses. **Waste Management.** 32 (5): 939-943.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

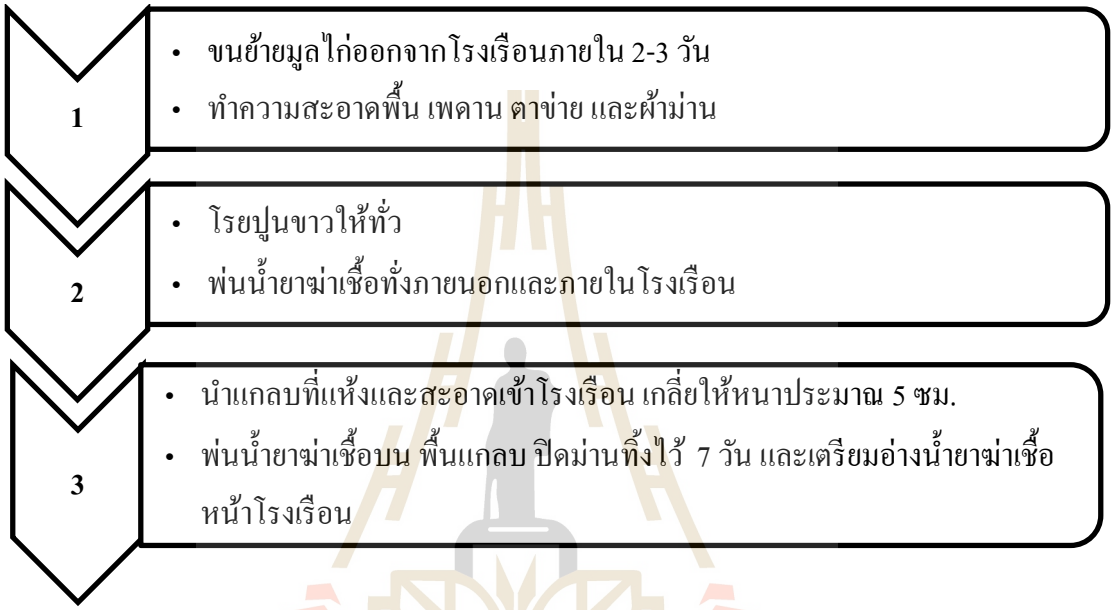
ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก. ขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1. การเตรียมโรงเรือน

การเตรียมโรงเรือนต้องมีการทำความสะอาดรวมทั้งการฆ่าเชื้อโรค ทั่วทั้งโรงเรือน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ต้องมีการทำทุกครั้งโดยไม่ว่าจะเป็นโรงเรือนใหม่หรือจะเป็นโรงเรือนเก่าที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติดังรูป ก-1



รูป ก-1 ขั้นตอนการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคภายในโรงเรือน
(วิทธวัช โมพี, 2557)

การขนย้ายมูลไก่ออกจากโรงเรือนต้องทำอย่างเร็วหรือทำให้เสร็จภายในเวลา 2-3 วัน เมื่อทำความสะอาดมูลไก่เรียบร้อยแล้วต้องมีการล้างทำความสะอาดพื้น เพื่อให้ไม่เกิดการเกาะติดของมูลไก่ มีการล้างเพดาน ตาข่าย และผ้าม่านที่อยู่ข้างโรงเรือนด้วยน้ำสะอาด ตามด้วยการฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคให้ทั่วบริเวณของโรงเรือนทั้งภายนอกและภายใน โรยปูนขาวในอัตราส่วนครึ่งกิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในขั้นตอนต่อมาจะเป็นการนำวัสดุรองพื้นหรือแกลบที่แห้งและสะอาดมาเกลี่ยให้ทั่วโรงเรือนให้มีความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร และมีการฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคบนพื้นของแกลบและโรงเรือนอย่างทั่วถึง จากนั้นปิดผ้าม่านรอบโรงเรือนปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ รวมถึงต้องมีการจัดเตรียมอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อโรคบริเวณหน้าโรงเรือน เพื่อใช้สำหรับจุ่มเท้าก่อนเข้าไปภายในโรงเรือน

น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่ใช้ฉีดพ่น ในการปศุสัตว์นิยมใช้น้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มควอตท์ผสมกับน้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มกลูตาราลดีไฮด์ เพราะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการกำจัดเชื้อโรคและช่วยปรับในเรื่องของ

กลิ่น น้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มควอเตอร์นารี่ แอมโมเนียม คอมพาวด์(Quaternary ammonium compound) หรือเรียกว่า กลุ่มควอ็ตท์ มีกลไกการออกฤทธิ์คล้ายกับผงซักฟอก มีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อโรคไม่ค่อยดีโดยมีโอกาสที่ประสิทธิภาพจะลดลงหากมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในบริเวณที่ฉีดพ่น ดังนั้นการล้างทำความสะอาดโรงเรือนให้สะอาดก่อนการฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคจึงมีความสำคัญมาก จุดเด่นของน้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มนี้ คือ มีกลิ่นหอม ไม่กัดกร่อนโลหะและเป็นพิษ จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนน้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มกลูตาราลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคได้ดี กล่าวคือสามารถทำลายเชื้อโรคได้หลายชนิด ออกฤทธิ์เร็วและอยู่ได้นาน ทนต่ออินทรียวัตถุได้ดี แทบไม่มีการกัดกร่อนโลหะ แต่น้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่มนี้จะมีกลิ่นเหม็น

2. การกกลูกไก่

การเลี้ยงไก่ในเชิงพาณิชย์ใช้เครื่องกกลูกไก่ จะเริ่มตั้งแต่ระยะแรกเกิดจนกระทั่งลูกไก่มีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบของโรงเรือน โดยเครื่องกกที่ใช้ในการกกลูกไก่มีสองชนิดคือ ชนิดที่ใช้ไฟฟ้าและชนิดที่ใช้แก๊ส ซึ่งเครื่องกกทั้งสองชนิดสามารถกกลูกไก่ได้ครั้งละจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ในการกกเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ใช้ในการกกลูกไก่ ดังตารางก-1

ตารางก-1 ความเหมาะสมระหว่างระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการกกลูกไก่ [(1)]

ระยะเวลาที่ใช้ในการกก (วัน)	อุณหภูมิ (°C)
1 - 2	35
3 - 7	34
8 - 14	32
15 - 21	29

[(1)] หมายเหตุ จาก วิทธวัช โมพี (2557)

จากตารางก-1 ความเหมาะสมระหว่างระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการกกลูกไก่โดยในช่วงระยะแรกคือใน 1 - 2 วันแรก อุณหภูมิที่ควรใช้ในการกกคือ 35 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อถึงวันที่ 3 - 7 ให้ลดอุณหภูมิจากเดิมใช้อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิที่แนะนำ คือ 32 องศาเซลเซียส และในสัปดาห์ที่ 3 อุณหภูมิที่แนะนำคือ 29 องศาเซลเซียส นอกจากการกกลูกไก่ที่มีความสำคัญดังที่กล่าวมาแล้ว การดูแลให้แสงสว่าง และการให้น้ำและอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของไก่ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. การให้แสงสว่าง อาหารและน้ำ

การให้แสงสว่างในโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อเพื่อให้ไก่ได้กินอาหารอย่างเต็มที่และเพียงพอที่จะใช้ในการเจริญเติบโต ในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชมีการให้แสงสว่างเพื่อให้ไก่สามารถกินอาหารได้ตลอดเวลา แสงไฟที่ใช้เป็นแสงไฟแบบสลัว เพื่อให้ไก่มองเห็นและกินอาหารได้อย่างเพียงพอ และสามารถพักผ่อนได้

อาหารและน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของไก่ อาหารที่ดีต้องมีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการของไก่ในแต่ละช่วงอายุ เพราะในแต่ละช่วงอายุของไก่มีความต้องการสารอาหารไม่เหมือนกันซึ่งส่วนประกอบ และสัดส่วนขององค์ประกอบในอาหารมีดังนี้

1) แหล่งพลังงาน ประกอบด้วย 2 แหล่งคือ คาร์โบไฮเดรต (แป้ง, น้ำตาล) และไขมัน ได้จาก ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันเส้น ปลายข้าวและ รำสด ส่วนไขมันและน้ำมัน มีแหล่งที่มาจาก ไขมันสัตว์และน้ำมันพืช โดยสามารถคิดเป็นองค์ประกอบในอาหารร้อยละ 60 และ 3 ตามลำดับในส่วนแหล่งพลังงาน วัตถุดิบที่นิยมคือ ข้าวโพด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ช่วยให้ ไก่สามารถย่อยให้เกิดพลังงานได้ง่าย และสารสีในข้าวโพดทำให้ผิวหนังของไก่มีสีเหลือง สูตรอาหารปกติมักมีองค์ประกอบจากข้าวโพดถึงร้อยละ 60 เหตุผลดังกล่าวทำให้ราคาของข้าวโพดเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตอาหารไก่เนื้อ ข้อควรระวังในการใช้ข้าวโพดในการผลิตคือ ต้องระวังสารพิษที่เกิดจากเชื้อราซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อไก่ที่เลี้ยงได้ นอกจากการใช้ข้าวโพดแล้วยังมีวัตถุดิบอื่นสามารถใช้ทดแทนเพื่อลดต้นทุนในการผลิตได้ เช่น ข้าวฟ่าง มันเส้น ปลายข้าว แต่การใช้วัตถุดิบดังกล่าวจะทำให้ผิวหนังของไก่ไม่เหลืองเหมือนกับข้าวโพดเนื่องจากไม่มีสารสี อาจต้องมีการเติมแหล่งอาหารที่มีสารสีลงในอาหารด้วย ส่วนไขมันและน้ำมันจะเติมลงไปในอาหารเฉพาะกรณีที่พลังงานยังไม่เพียงพอ การเลี้ยงไก่ในช่วงอายุที่แตกต่างกันต้องการพลังงานที่แตกต่างกันออกไป

2) โปรตีน มีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือ จากพืชและ สัตว์ แหล่งโปรตีนจากพืช คือ กากถั่วเหลือง กากคาโนล่า กากปาล์มเนื้อใน กากเมล็ดทานตะวันและ ถั่วเหลืองไขมันเต็ม และแหล่งโปรตีนที่มาจากสัตว์ คือ ปลาป่น คิดเป็นองค์ประกอบในอาหารร้อยละ 22 และ 8 แหล่งโปรตีน นิยมใช้ กากถั่วเหลือง สามารถใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนได้เมื่อเทียบราคาต่อหน่วยโปรตีนหากมีราคาถูกกว่ากากถั่วเหลือง

3) แร่ธาตุ หรือ เกลือแร่ มีแหล่งที่มาจาก เกลือ ไดแคลเซียมฟอสเฟตและ แร่ธาตุพรีมิกซ์ โดยคิดเป็นองค์ประกอบในอาหารร้อยละ 5

4) วิตามิน และวัตถุที่เติมในอาหาร มีแหล่งที่มาจาก วิตามินพรีมิกซ์ โปรไบโอติคพรีไบโอติก เอนไซม์สังเคราะห์ สารกันหืน และสารกันรา เป็นต้น โดยคิดเป็นองค์ประกอบในอาหารร้อยละ 1

5) กรดอะมิโนสังเคราะห์ ได้มาจากการเติม แอล - ไลซีน และ ดีแอล - เมทไธโอนีน โดยคิดเป็นองค์ประกอบในอาหารร้อยละ 1

การเติมสารอาหาร เช่น แร่ธาตุ วิตามิน กรดอะมิโนสังเคราะห์ และวัตถุที่เติมลงในอาหาร เพื่อให้ได้อาหารไก่เนื้อที่มีคุณภาพมีสารอาหารครบถ้วนเหมาะสมในการเลี้ยงไก่

อาหารสำหรับไก่เนื้อโคราช ยังอยู่ในระหว่างการดำเนินการศึกษาเพื่อให้ได้สูตรอาหารที่เหมาะสมกับไก่เนื้อโคราช ดังนั้นจึงใช้อาหารเลี้ยงไก่เนื้อสำเร็จรูปจากท้องตลาดใช้ในการเลี้ยงแทนโดยสามารถแบ่งอาหารออกเป็น 3 ระยะตามการเจริญเติบโตของไก่ดังรูป ก-2

รูป ก-2 ความต้องหารอาหารของไก่ในแต่ละช่วงอายุ

(วิทธวัช โมพี, 2557)

รูป ก-2 แสดงความต้องการอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุของไก่ สามารถแบ่งได้ 3 ระยะคือ อาหารไก่เนื้อในระยะแรก มีความเหมาะสมในการเลี้ยงไก่ ที่มีอายุตั้งแต่แรกเกิดจนถึงช่วงอายุ 3 สัปดาห์ ซึ่งต้องใช้อาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 21 เมื่อไก่มีอายุครบ 3 สัปดาห์แล้ว จะต้องใช้อาหารไก่เนื้อในระยะที่สอง มีความเหมาะสมในการใช้เลี้ยงไก่ ที่มีอายุตั้งแต่ 3 สัปดาห์ จนถึงช่วงอายุ 6 สัปดาห์ ต้องใช้อาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 19 และเมื่ออายุของไก่ครบ 6 สัปดาห์ จะต้องใช้อาหารเลี้ยงไก่เนื้อในระยะสุดท้าย มีความเหมาะสมในการใช้เลี้ยงไก่ตั้งแต่อายุ 6 สัปดาห์ จนถึงเวลาในการจับไก่จำหน่าย ต้องใช้อาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 17

ความต้องการน้ำของไก่เนื้อโคราชนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำมากที่สุดคือ สภาพอากาศ โดยเฉพาะในวันที่มีอุณหภูมิสูงต้องมีการให้น้ำสะอาดให้เพียงพอต่อความต้องการของไก่ เพื่อให้ไก่สามารถกินน้ำได้ตลอดเวลา

จากการศึกษาของทีมคณะผู้วิจัยในการทดสอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้สรุปปริมาณอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชตามช่วงอายุ ต่อการเลี้ยงไก่ 100 ตัวดังนี้

(1) ไก่อายุตั้งแต่แรกเกิดถึง 3 สัปดาห์ อาหารที่ใช้คือ อาหารไก่เนื้อระยะแรกซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 21 ใช้ทั้งหมด 30 กิโลกรัมต่อการเลี้ยงไก่ในช่วงอายุนี้

(2) ไก่อายุ 3 สัปดาห์ถึง 6 สัปดาห์ อาหารที่ใช้คือ อาหารไก่เนื้อระยะที่สอง ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 19 ใช้ทั้งหมด 90 กิโลกรัม ต่อการเลี้ยงไก่ในช่วงอายุนี้

(3) ไก่อายุ 6 สัปดาห์ถึง 10 สัปดาห์ อาหารที่ใช้คือ อาการไก่เนื้อระยะที่สาม ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 17 ใช้ทั้งหมด 180 กิโลกรัม ต่อการเลี้ยงไก่ในช่วงอายุนี้

การให้แสงสว่าง อาหารและน้ำที่เหมาะสมตามความต้องการของไก่ จะทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตที่ดีและมีผลผลิตที่ได้คุณภาพ นอกจากนั้นการป้องกันโรค เพื่อป้องกันไม่ให้ไก่ป่วยซึ่งมีความสำคัญมาก

(4) การให้วัคซีนป้องกันโรค

การป้องกันโรคสามารถแบ่งได้เป็น 2 แนวทางในการปฏิบัติ คือ การดูแลป้องกันฟาร์มจากเชื้อโรค และการป้องกันโรคจากการให้วัคซีน ซึ่งโปรแกรมการให้วัคซีนที่แนะนำสำหรับไก่เนื้อโคราชมีดังนี้

1. วัคซีนป้องกันโรคมาเร็กซ์ ให้ผ่านทางการฉีดใต้ผิวหนัง เมื่อไก่มีอายุ 1 วัน ซึ่งวัคซีนชนิดนี้ให้ที่โรงฟักไก่เกษตรกรไม่ต้องให้เอง

2. วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล และโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ ให้ผ่านทางการหยอดตาเมื่อไก่มีอายุ 1 สัปดาห์

3. วัคซีนป้องกันโรคกัมโบโร ให้ผ่านทางการกินโดยใช้การละลายน้ำ เมื่อไก่มีอายุ 2 สัปดาห์

4. วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล และโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ ให้ผ่านทางการหยอดตาเมื่อไก่มีอายุ 3 สัปดาห์

5. วัคซีนป้องกันโรคฝีดาษ ให้ผ่านการแทงปีก เมื่อไก่มีอายุ 4 สัปดาห์

การเลี้ยงไก่เนื้อโคราชให้ประสบผลสำเร็จต้องอาศัยความเข้าใจ และต้องอาศัยการเอาใจใส่อย่างจริงจังในทุกขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การออกแบบผังฟาร์มที่ดี การสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมกับจำนวนไก่ที่เลี้ยงเพื่อไม่ให้เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน ที่เกิดจากจำนวนไก่ที่มากเกินไป

ในโรงเรือน การจัดการด้านสุขาภิบาลความสะอาดที่ดี เช่น การล้างทำความสะอาดโรงเรือนและการฆ่าเชื้อโรงเรือนอย่างถูกวิธีจะช่วยป้องกันโรคที่จะเกิดขึ้นกับลูกไก่ได้ รวมถึงการเตรียมรับลูกไก่ การกกลูกไก่ซึ่งมีความสำคัญมากถ้ากกลูกไก่อย่างถูกวิธีจะทำให้ลูกไก่แข็งแรง กินอาหารเก่ง และโตเร็ว นอกจากนี้ยังต้องมีการให้น้ำ อาหาร และแสงสว่าง อย่างเหมาะสมตามความต้องการของไก่จะทำให้ไก่โตเร็ว และมีสุขภาพดี และในขั้นตอนสุดท้ายที่มีความสำคัญมากคือการให้วัคซีนป้องกันโรค เพื่อป้องกันโรคระบาดที่อาจเกิดขึ้นกับไก่ ซึ่งการป้องกันโรคจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากมีการจัดการสุขาภิบาลที่ดีจะสามรถช่วยป้องกันโรคได้ดีที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการผลิตพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข. 1 น้ำหนักเปลือกไข่

ตาราง ข-1 ข้อมูลน้ำหนักเปลือกไก่จากการเก็บตัวอย่างจากถาดไข่ฟักจำนวน 42 ถาด

จำนวน (ถาด)	น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	ไข่ตายโคม (ฟอง)	ลูกไก่ (ตัว)	น้ำหนักเปลือกไข่/ฟอง (กรัม)
1	706.73	7	133	5.31
2	577.23	6	134	4.31
3	599.56	8	132	4.54
4	585.91	13	127	4.61
5	605.29	6	134	4.52
6	558.86	12	128	4.37
7	582.48	7	133	4.38
8	577.82	10	130	4.44
9	595.61	10	130	4.58
10	579.75	10	130	4.46
11	608.31	4	136	4.47
12	626.33	19	121	5.18
13	640.23	6	134	4.78
14	671.51	6	134	5.01
15	665.47	5	135	4.93
16	668.91	5	135	4.95
17	675.52	9	131	5.16
18	586.51	13	127	4.62
19	653.38	8	132	4.95
20	592.84	9	131	4.53
21	601.05	8	132	4.55
22	682.41	4	136	5.02
23	644.69	2	138	4.67
24	614.99	11	129	4.77
25	647.7	9	131	4.94
26	600.01	11	129	4.65
27	619.41	6	134	4.62
28	663.92	3	137	4.85
29	634.18	5	135	4.70
30	645.93	5	135	4.78

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ข-1 ข้อมูลน้ำหนักเปลือกไก่จากการเก็บตัวอย่างจากถาดไข่ฟักจำนวน 42 ถาด (ต่อ)

จำนวน (ถาด)	น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	ไข่ตายโคม (ฟอง)	ลูกไก่ฟักออก (ตัว)	น้ำหนักเปลือกไข่/ฟอง (กรัม)
31	611.52	11	129	4.74
32	590.74	10	130	4.54
33	579.11	7	133	4.35
34	563.77	13	127	4.44
35	571.49	10	130	4.40
36	604.95	7	133	4.55
37	554.08	13	127	4.36
38	585.37	8	132	4.43
39	630.95	8	132	4.78
40	577.24	7	133	4.34
41	597.68	7	133	4.49
42	572.9	12	128	4.48
ค่าเฉลี่ย				**4.66**

ข. 2 การคำนวณน้ำหนักเปลือกไข่

การคำนวณน้ำหนักเปลือกไข่ใช้ข้อมูลดังนี้

จำนวนลูกไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชฟักออกรวมทั้งสิ้น 6,789 ตัว แบ่งเป็นลูกไก่สุขภาพดี 6,721 ตัว และลูกไก่คัดทิ้ง 68 ตัว

เปลือกไข่มีน้ำหนักเฉลี่ย 4.66 กรัมต่อฟอง

ดังนั้นเปลือกไข่มีน้ำหนัก = $6{,}789 \text{ ฟอง} \times 4.66 \text{ กรัม} \times \frac{1 \text{ กิโลกรัม}}{1{,}000 \text{ กรัม}}$

= 32 กิโลกรัม

ข. 3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

ตาราง ข-2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

เดือน - ปี	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)
พ.ย. - 58	1,806.20
ธ.ค. - 58	2,111.80
ม.ค. - 59	1,824.40
ก.พ. - 59	1,968.00
มี.ค. - 59	3,180.00
เม.ย. - 59	2,293.00
พ.ค. - 59	2,987.20
มิ.ย. - 59	207.40
ก.ค. - 59	5,246.00
ส.ค. - 59	2,051.00
ก.ย. - 59	2,276.60
ต.ค. - 59	2,559.00
พ.ย. - 59	2,639.00
ธ.ค. - 59	2,818.40
ม.ค. - 60	786.20
ก.พ. - 60	1,760.20
รวม	**36,514.40**

ข. 4 การใช้น้ำของโรงเรือนเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

โรงเรือนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยประกอบด้วย 6 โรงเรือน ดังนี้

- โรงเรือนปิด 1 เลี้ยงตาและยายพันธุ์ไก่แม่ มทส.
- โรงเรือนปิด 2 เลี้ยงปู่และย่าพันธุ์ไก่เหลืองหางขาว
- โรงเรือนปิด 3 เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช
- โรงเรือนปิด 4 เลี้ยงไก่แม่พันธุ์ตั้งแต่เพิ่งฟักถึง 16 สัปดาห์
- โรงเรือนปิด 5 เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช
- โรงเรือนเปิด เลี้ยงไก่พ่อพันธุ์ตั้งแต่เพิ่งฟักถึง 16 สัปดาห์

การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชในช่วงแรกมีการแยกเลี้ยง โดยแม่พันธุ์จะถูกเลี้ยงในโรงเรือนปิด 4 ตั้งแต่แรกเกิดถึง 16 สัปดาห์ และพ่อพันธุ์ถูกเลี้ยงในโรงเรือนเปิดเป็นเวลา

16 สัปดาห์ หลังจากนั้นไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์จะถูกย้ายไปยังโรงเรือนปิด 3 หรือ โรงเรือนปิด 5 ซึ่งในการศึกษานี้ ทำการเก็บข้อมูลการใช้น้ำจากมิเตอร์น้ำของโรงเรือนปิด 3 และโรงเรือนปิด 4 ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2560 ดังนี้

ตาราง ข-3 ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของโรงเรือนโรงปิด 3 และโรงเรือนปิด 4

เดือน	ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร)	
	โรงเรือนปิด 3	**โรงเรือนปิด 4**
มกราคม	74,327.06	78,611.11
กุมภาพันธ์	100,281.44	195,786.67
มีนาคม	126,877.83	102,708.34
ค่าเฉลี่ย	**100,495.44**	**125,702.04**

ข. 5 การคำนวณการปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช

1. ข้อมูลในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำ

ข้อมูลปฐมภูมิที่ใช้ในการคำนวณ

- โรงเรือนเลี้ยงไก่มีขนาด 720 ตารางเมตร
- ไลน์น้ำภายในโรงเรือนมีความยาว 100 m (328.08 ฟุต)
- พ่อพันธุ์ไก่เนื้อโคราชอายุแรกเกิดถึง 16 สัปดาห์กินอาหาร 3,955 กิโลกรัม
- การเตรียมอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อหน้าโรงเรือนใช้น้ำประมาณ 10 ลิตรและมีการเปลี่ยนน้ำเป็นประจำทุกวัน

ข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการคำนวณ

- น้ำ 1 ลิตรสามารถทำความสะอาดโรงเรือนได้ 1 ตารางเมตร
- น้ำ 378.5 ลิตรสามารถทำความสะอาดไลน์น้ำไก่ได้ 4,000 ฟุต
- ไก่กินน้ำเป็น 3 เท่าของปริมาณอาหาร

2. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำ

คำนวณการใช้น้ำในการเตรียมโรงเรือน

- ปริมาณน้ำใช้ล้างพื้น

  = 720 ตารางเมตร×1 ลิตร/ตารางเมตร

  = 720 ลิตร

- ปริมาณน้ำใช้ล้างไลน์ให้น้ำไก่

$$= \frac{328.08 \text{ ฟุต} \times 378.5 \text{ ลิตร}}{4{,}000 \text{ ฟุต}}$$

$= 31.04$ ลิตร

- ปริมาณการใช้น้ำในการเตรียมอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (โรงเรือนเปิด)

$= 120$ วัน $\times$ 10 ลิตร/วัน

$= 1{,}200$ ลิตร

คำนวณปริมาณการกินน้ำของไก่พ่อพันธุ์ในโรงเรือนเปิดในถูกนำมาเลี้ยงรวมกันแม่พันธุ์

$= 3{,}955$ กิโลกรัม $\times 3$

$= 11{,}864$ กิโลกรัม (ลิตร)

ตาราง ข-4 การใช้น้ำในการเลี้ยงพ่อพันธุ์ไก่เนื้อโคราชในโรงเรือนเปิดในช่วงแรกเกิดถึง 16 สัปดาห์

โรงเรือน	การเตรียมโรงเรือน (L)	อ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ (L)	การให้น้ำไก่ (L)	การใช้น้ำรวม (L)
โรงเรือนเปิด	751.04	1,200	11,864.02	13,815.06

ตาราง ข-5 การใช้น้ำในการเลี้ยงแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชในโรงเรือนปิด 3 ในช่วงแรกเกิดถึง 16 สัปดาห์และการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชในโรงเรือนปิด 4 จนกระทั่งปลดระวาง

โรงเรือน	การเตรียมโรงเรือน (L)	ปริมาณการใช้น้ำ (การให้น้ำไก่และอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ)	การใช้น้ำรวม (ลิตร)
โรงเรือนปิด 3	751.04	100,495.44×4 = 401,981.76	402,732.80
โรงเรือนปิด 4	751.04	125,702.04×12 = 1,508,424.48	1,509,175.52

หมายเหตุ ปริมาณการใช้น้ำของโรงเรือนโรงเรือนปิด 3 และโรงเรือนปิด 4 ใช้ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำจากตาราง ก-3 คำนวณร่วมกับระยะเวลาในการเลี้ยงไก่ โดยโรงเรือนปิด 3 ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชเป็นระยะเวลา 4 เดือน และโรงเรือนปิด 4 ใช้เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชที่มีอายุ 4 เดือนเป็นต้นไปจนกระทั่งปลดระวางเป็นระยะเวลา 12 เดือน

ตาราง ข-6 ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชจนกระทั่งปลดระวาง

โรงเรือน	**ปริมาณน้ำ (m^3)**
โรงเรือนเปิด	13.82
โรงเรือนปิด 3	402.73
โรงเรือนปิด 4	1,509.18
รวม	**1,925.72**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค. ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

ตาราง ค-1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของการผลิตลูกไก่เนื้อโคราช

วัน - เดือน - ปี	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)
8 - มิ.ย. - 61	1,020.00
15 - มิ.ย. - 61	873.00
22 - มิ.ย. - 61	1,014.00
29 - มิ.ย. - 61	771.00
6 - ก.ค. - 61	1,113.00
13 - ก.ค. - 61	954.00
20 - ก.ค. - 61	909.00
27 - ก.ค. - 61	858.00
3 - ส.ค. - 61	1,086.00
10 - ส.ค. - 61	882.00
17 - ส.ค. - 61	711.00
24 - ส.ค. - 61	1,263.00
31 - ส.ค. - 61	1,281.00
7 - ก.ย. - 61	1,344.00
14 - ก.ย. - 61	1,353.00
21 - ก.ย. - 61	1,122.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

ระยะทางการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช ของเกษตรกร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ง. ระยะทางการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง

ตาราง ง-1 ข้อมูลระยะทางและประเภทยานพาหนะในการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง

ฟาร์ม	รายการ	ระยะทางการขนส่ง (km)	ประเภทยานพาหนะ
1	ลูกไก่เนื้อโคราช	360.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ด่างทับทิม	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	1,030.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
2	ลูกไก่เนื้อโคราช	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	7.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ข้าวโพด	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
3	ลูกไก่เนื้อโคราช	30.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แก๊ส LPG	14.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	248.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	35.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	136.91	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	294.99	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
4	ลูกไก่เนื้อโคราช	90.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	1.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
5	ลูกไก่เนื้อโคราช	350.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	10.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	202.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ง-1 ข้อมูลระยะทางและประเภทยานพาหนะในการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	ระยะทางการขนส่ง (km)	ประเภทยานพาหนะ
6	ลูกไก่เนื้อโคราช	200.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ผงซักฟอก	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	30.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	0.50	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
7	ลูกไก่เนื้อโคราช	120.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
8	ลูกไก่เนื้อโคราช	0.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แก๊ส LPG	0.80	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	โซดาไฟ	40.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	40.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	40.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	40.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
9	ลูกไก่เนื้อโคราช	100.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	7.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	7.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
10	ลูกไก่เนื้อโคราช	90.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	50.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	1.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	50.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
11	ลูกไก่เนื้อโคราช	85.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ (ขากลับ)	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ง-1 ข้อมูลระยะทางและประเภทยานพาหนะในการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	ระยะทางการขนส่ง (km)	ประเภทยานพาหนะ
12	ลูกไก่เนื้อโคราช	50.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	28.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	5.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	28.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
13	ลูกไก่เนื้อโคราช	170.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	400.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
14	ลูกไก่เนื้อโคราช	200.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	โซดาไฟ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	2.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	7.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
15	ลูกไก่เนื้อโคราช	60.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แก๊ส LPG	9.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	โซดาไฟ	60.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	60.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	10.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	60.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	65.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
16	ลูกไก่เนื้อโคราช	95.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
17	ลูกไก่เนื้อโคราช	50.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ผงซักฟอก	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	โซดาไฟ	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	25.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ง-1 ข้อมูลระยะทางและประเภทยานพาหนะในการขนส่งทรัพยากรและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	ระยะทางการขนส่ง (km)	ประเภทยานพาหนะ
	แกลบ	1.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
17	ปูนขาว	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	18.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
18	ลูกไก่เนื้อโคราช	30.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	1.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	0.10	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
	ข้าวโพด	12.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
19	ลูกไก่เนื้อโคราช	8.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ผงซักฟอก	22.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	22.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	15.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	22.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	22.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ
20	ลูกไก่เนื้อโคราช	10.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ผงซักฟอก	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	6.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	20.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
21	ลูกไก่เนื้อโคราช	180.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	น้ำยาฆ่าเชื้อ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	แกลบ	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	ปูนขาว	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 4 ล้อ
	อาหาร	3.00	รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จ. 1 อัตราการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราช

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของบ่อทิ้งซากไก่จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ซึ่งรายงานผลในหน่วยต่อพื้นที่และเวลามีวิธีการดังนี้

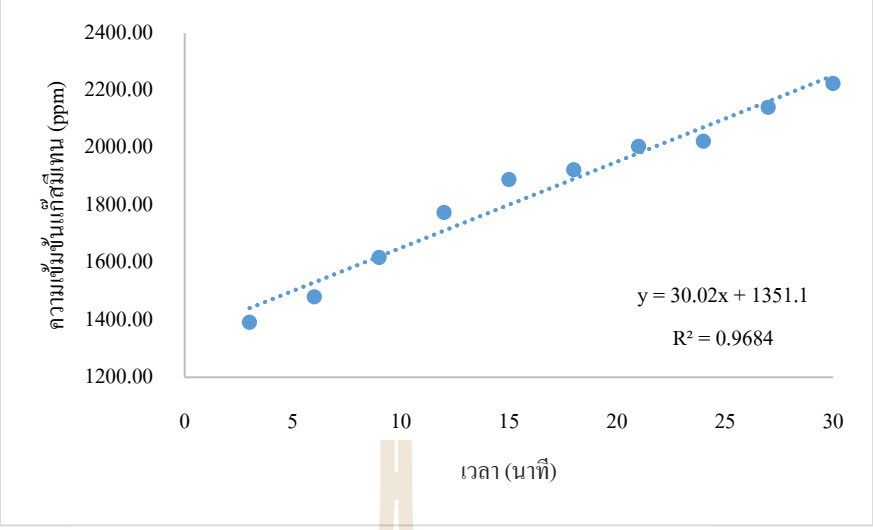
1. การสร้างกราฟเพื่อหา Slope

สร้างกราฟจากความเข้มข้นของแก๊สมีเทนที่เปลี่ยนแปลงไปภายในกล่องปิดต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

ตาราง จ-1 ความเข้มข้นของแก๊สมีเทนจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของแก๊สมีเทน (ppm)
1	0	841.79167
2	3	1,391.30052
3	6	1,480.02447
4	9	1,617.45448
5	12	1,773.90105
6	15	1,888.73952
7	18	1,922.86277
8	21	2,004.17950
9	24	2,022.31059
10	27	2,140.34330
11	30	2,223.37401

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูป จ-1 การสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของ CH_4 และเวลาเพื่อหา Slope

2. การคำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทน

- คำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากสมการ

$$E = \frac{XhM}{RT}$$

2.1 ข้อมูลพื้นฐานประกอบการคำนวณ

- อุณหภูมิในกล่อง (Chamber) = 27 °C
- ความดันบรรยากาศขณะทำการเก็บตัวอย่าง = 762 mmHg
- ความสูงของกล่อง = 0.65 m
- มวลโมเลกุล CH_4 = 16.04 g/mol

2.2 การเปลี่ยนความเข้มข้นของแก๊สให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

Slope = 30.02 ppm/min

$$\text{Slope (ppm/hr)} = 30.02 \frac{\text{ppm}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}}$$

Slope = 1,801.20 ppm/hr

- เปลี่ยนค่า Slope ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานด้วยสมการ

$$mg/m^3 = ppm \times MW \times \frac{1}{22.4} \times \frac{T_{STP}}{T_{Sample}} \times \frac{P_{Sample}}{P_{STP}}$$

$$mg/m^3 = 1{,}801.20\ ppm/hr \times 16.04\ g/mol \times \frac{1}{22.4} \times \frac{273.15\ K}{300.15\ K} \times \frac{762\ mmHg}{760\ mmHg}$$

$mg/m^3 = 1{,}176.85$

นำค่า Slope มาคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยดังนี้

$E = 1{,}176.85\ mg/m^3\ hr \times 0.65\ m$

$E = 764.95\ mg/m^2 hr$

ตาราง จ-2 อัตราการปลดปล่อยแก๊สเรือนมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซาก

จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อย (g GHG /m^2hr)	
	มีเทน	คาร์บอนไดออกไซด์
1	0.76	14.41
2	0.49	6.69
3	0.12	2.32
4	0.30	4.73
5	0.09	1.78
ค่าสูงสุด	0.76	14.41
ค่าต่ำสุด	0.09	1.78
ค่าเฉลี่ย	0.35	5.99
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.28	5.10

จ. 2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากบ่อทิ้งซากต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

ซากไก่จากกระบวนการเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ และกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อถูกจัดการด้วยการทิ้งลงในบ่อทิ้งซากไก่ ดังนั้นการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อน้ำหนักของผลิตจึงต้องพิจารณาน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลักของทั้ง 2 กระบวนการคือ ไข่ฟัก และลูกไก่แรกเกิด (กระบวนการผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราชได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็น ไข่ไก่ฟัก และผลิตภัณฑ์ร่วมเป็น พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ปลดระวาง ส่วนกระบวนการผลิตลูกไก่เนื้อโคราชมีผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม คือ ลูกไก่สุขภาพดี และไข่ฟักไม่มีเชื้อ)

ตาราง จ-3 น้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม

รายการ	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด		น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
	ผลิตภัณฑ์หลัก (kg)	ผลิตภัณฑ์ร่วม (kg)	
การผลิตพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์			
ลูกไก่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์	268.84		324.70
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ		55.86	
การเลี้ยงพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์			
การเลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์		9,072.00	36,622.80
การผลิตไข่ฟัก	27,550.80		
การผลิตลูกไก่เนื้อโคราช			
ลูกไก่สุขภาพดี	29,639.68		65,438.72
ไข่ฟักไม่มีเชื้อ		35,799.04	
รวม	**57,459.32**	**44,926.90**	**102,386.22**

ตาราง จ-4 การปันส่วนรวมของน้ำหนักของแต่ละกระบวนการ

ขั้นตอน	ผลิตภัณฑ์หลัก (kg)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (kg)	การปันส่วน
การผลิต - เลี้ยงพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ และการผลิตลูกไก่	57,459.32	102,386.22	$\frac{57,459.32}{102,386.22} \times 100 = 56.12\%$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฉ. การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเกษตรกร

การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญได้แก่ การใช้วัตถุดิบและพลังงาน การขนส่งที่เกี่ยวข้อง และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ฉ-1 ถึง ฉ-3 ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-1 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

รายการ	หน่วย	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	ฟาร์ม 2		ฟาร์ม 3		ฟาร์ม 4		ฟาร์ม 5		ฟาร์ม 6	
				ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	0.3238	100.00	0.0007	0.0002	0.0068	0.0022	0.0082	0.0026	0.0094	0.0030	0.0085	0.0027
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6933	100.00	0.0219	0.0152	0.0206	0.0143	0.0000	0.0000	0.1284	0.0890	0.0839	0.0582
การได้มาแก๊สหุงต้ม	kg	0.8339	100.00	0.0000	0.0000	0.0098	0.0082	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
การใช้แก๊สหุงต้ม	kg	3.1133	100.00	0.0000	0.0000	0.0098	0.0305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ผงซักฟอก	kg	2.1192	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0010
โซดาไฟ	kg	1.1148	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	4.9355	100.00	0.0000	0.0000	0.0016	0.0080	0.0003	0.0016	0.0029	0.0141	0.0029	0.0142
ด่างทับทิม	kg	5.0900	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ปูนขาว	kg	1.0761	100.00	0.0000	0.0000	0.0245	0.0264	0.0333	0.0359	0.0000	0.0000	0.0583	0.0627
อาหารไก่	kg	0.5691	100.00	0.1469	0.0836	2.1649	1.2320	2.5000	1.4228	3.0306	1.7247	2.3310	1.3266
ข้าวโพด	kg	0.2653	100.00	0.0816	0.0217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำเสีย	L	1.3322E-04	100.00	0.0157	0.0000	0.1609	0.0000	0.5600	0.0001	0.1195	0.0000	0.8702	0.0001
เศษกล่องบรรจุลูกไก่	kg	2.9300	100.00	0.0053	0.0156	0.0053	0.0156	0.0109	0.0319	0.0044	0.0130	0.0051	0.0149
คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)				**0.1364**		**1.3372**		**1.4948**		**1.8438**		**1.4803**	

ตาราง ฉ-1 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	ฟาร์ม 7		ฟาร์ม 8		ฟาร์ม 9		ฟาร์ม 10		ฟาร์ม 11	
				ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	0.3238	100.00	0.0201	0.0065	0.0133	0.0043	0.0083	0.0027	0.0024	0.0008	0.0116	0.0038
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6933	100.00	0.3070	0.2128	0.0045	0.0031	0.0970	0.0673	0.0510	0.0353	0.2606	0.1807
การได้มาแก๊สหุงต้ม	kg	0.8339	100.00	0.0000	0.0000	0.0356	0.0297	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
การใช้แก๊สหุงต้ม	kg	3.1133	100.00	0.0000	0.0000	0.0356	0.1108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ผงซักฟอก	kg	2.1192	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
โซดาไฟ	kg	1.1148	100.00	0.0000	0.0000	0.0033	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	4.9355	100.00	0.0000	0.0002	0.0039	0.0192	0.0000	0.0000	0.0151	0.0747	0.0103	0.0510
ด่างทับทิม	kg	5.0900	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ปูนขาว	kg	1.0761	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1684	0.1812	0.0011	0.0012	0.0431	0.0464
อาหารไก่	kg	0.5691	100.00	6.6327	3.7746	4.3049	2.4499	2.7790	1.5815	0.6734	0.3832	2.8017	1.5945
ข้าวโพด	kg	0.2653	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำเสีย	L	1.3322E-04	100.00	0.1020	0.0000	0.2392	0.0000	0.0000	0.0000	0.3098	0.0000	2.1839	0.0003
เศษกล่องบรรจุลูกไก่	kg	2.9300	100.00	0.0056	0.0163	0.0054	0.0159	0.0055	0.0161	0.0044	0.0129	0.0094	0.0275
คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)				**4.0104**		**2.6366**		**1.8488**		**0.5081**		**1.9041**	

ตาราง ฉ-1 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละ การปันส่วน	ฟาร์ม 12		ฟาร์ม 13		ฟาร์ม 14		ฟาร์ม 15		ฟาร์ม 16	
				ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ /FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	0.3238	100.00	0.0098	0.0032	0.0068	0.0022	0.0091	0.0030	0.0073	0.0023	0.0054	0.0017
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6933	100.00	0.2233	0.1548	0.0415	0.0288	0.1668	0.1157	0.0237	0.0165	0.0938	0.0650
การได้มาแก๊สหุงต้ม	kg	0.8339	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0177	0.0147	0.0000	0.0000
การใช้แก๊สหุงต้ม	kg	3.1133	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0177	0.0550	0.0000	0.0000
ผงซักฟอก	kg	2.1192	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
โซดาไฟ	kg	1.1148	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0046	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	4.9355	100.00	0.0008	0.0040	0.0000	0.0000	0.0011	0.0055	0.0001	0.0003	0.0035	0.0174
ด่างทับทิม	kg	5.0900	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ปูนขาว	kg	1.0761	100.00	0.0000	0.0000	0.0057	0.0061	0.0221	0.0237	0.0020	0.0021	0.0038	0.0041
อาหารไก่	kg	0.5691	100.00	2.5532	1.4530	2.2792	1.2971	2.8966	1.6484	2.3548	1.3401	1.7143	0.9756
ข้าวโพด	kg	0.2653	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำเสีย	L	1.3322E-04	100.00	1.0681	0.0001	0.0000	0.0000	0.3366	0.0000	0.1382	0.0000	0.1793	0.0000
เศษกล่องบรรจุลูกไก่	kg	2.9300	100.00	0.0056	0.0163	0.0050	0.0145	0.0054	0.0158	0.0051	0.0150	0.0050	0.0145
คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)				**1.6314**		**1.3487**		**1.8168**		**1.4463**		**1.0784**	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-1 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	ฟาร์ม 17		ฟาร์ม 18		ฟาร์ม 19		ฟาร์ม 20		ฟาร์ม 21	
				ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)	ปริมาณ/ FU	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา	m^3	0.3238	100.00	0.0081	0.0026	0.0047	0.0015	0.0093	0.0030	0.0115	0.0037	0.0047	0.0015
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.6933	100.00	0.1468	0.1017	0.1995	0.1383	0.2698	0.1871	0.3516	0.2437	0.3116	0.2160
การได้มาแก๊สหุงต้ม	kg	0.8339	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
การใช้แก๊สหุงต้ม	kg	3.1133	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ผงซักฟอก	kg	2.1192	100.00	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0007	0.0000	0.0000
โซดาไฟ	kg	1.1148	100.00	0.0026	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	kg	4.9355	100.00	0.0022	0.0108	0.0001	0.0003	0.0001	0.0005	0.0001	0.0003	0.0005	0.0023
ด่างทับทิม	kg	5.0900	100.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ปูนขาว	kg	1.0761	100.00	0.0044	0.0047	0.0064	0.0069	0.0017	0.0018	0.0028	0.0030	0.0014	0.0015
อาหารไก่	kg	0.5691	100.00	2.6316	1.4976	1.5345	0.8733	3.0316	1.7253	3.8069	2.1665	1.4483	0.8242
ข้าวโพด	kg	0.2653	100.00	0.0000	0.0000	0.0384	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
น้ำเสีย	L	1.3322E-04	100.00	0.1509	0.0000	0.0491	0.0000	0.1347	0.0000	0.0530	0.0000	0.2792	0.0000
เศษกล่องบรรจุลูกไก่	kg	2.9300	100.00	0.0057	0.0168	0.0042	0.0122	0.0055	0.0161	0.0054	0.0158	0.0046	0.0135
คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)				**1.6375**		**1.0427**		**1.9340**		**2.4338**		**1.0591**	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
2	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0327	5.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.30E-05
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	7.31E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.1411	100.00	5.76E-09
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	1.83E-09
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0327	7.00		0.1411	100.00	3.23E-05
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	7.00		0.3133	100.00	1.02E-05
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.1469	5.00		0.1411	100.00	1.04E-04
	อาหาร (อาหารถุง ข้าวโพด) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	3.29E-05
	ข้าวโพด (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0653	5.00		0.1411	100.00	4.61E-05
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.1906	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	2.26E-03
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0025
3	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0327	30.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.38E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	30.00		0.3133	100.00	4.38E-05
	แก๊ส LPG (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0098	14.00		0.1411	100.00	1.94E-05
	แก๊ส LPG (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	14.00		0.3133	100.00	6.14E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0016	248.00		0.1411	100.00	5.71E-05
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	248.00		0.3133	100.00	1.81E-05
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0980	35.00		0.1411	100.00	4.84E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	35.00		0.3133	100.00	1.53E-04

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
3	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0245	136.91	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.73E-04
	ปูนขาว (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	136.91		0.3133	100.00	1.50E-04
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.1649	294.99		0.0678	100.00	4.33E-02
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	294.99		0.4276	100.00	3.21E-02
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.3115	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	2.49E-03
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0795
4	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0267	90.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	3.39E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	90.00		0.3133	100.00	1.07E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0003	5.00		0.1411	100.00	2.35E-07
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	7.46E-08
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.3500	1.00		0.1411	100.00	4.94E-05
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	1.00		0.3133	100.00	1.57E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0333	5.00		0.1411	100.00	2.35E-05
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.5000	5.00		0.1411	100.00	1.76E-03
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	5.59E-04
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.0976	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	2.09E-03
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0049

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
5	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0272	350.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	0.0013
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	350.00		0.3133	100.00	4.25E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0029	20.00		0.1411	100.00	8.05E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	20.00		0.3133	100.00	2.55E-06
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.1562	10.00		0.1411	100.00	2.20E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	10.00		0.3133	100.00	6.99E-05
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	3.0306	202.00		0.0678	100.00	0.0415
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	202.00		0.4276	100.00	0.0308
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.5477	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0010
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0754
6	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0311	200.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	8.77E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	200.00		0.3133	100.00	2.78E-04
	ผงซักฟอก (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0005	2.00		0.1411	100.00	1.32E-07
	สารเคมี (ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	2.00		0.3133	100.00	4.17E-08
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0029	2.00		0.1411	100.00	8.11E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.1943	30.00		0.1411	100.00	8.22E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	30.00		0.3133	100.00	2.61E-04
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0583	2.00		0.1411	100.00	1.64E-05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
6	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.3310	0.50	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.64E-04
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	0.50		0.3133	100.00	5.22E-05
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.3159	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	6.00E-04
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0031
7	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0340	120.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	5.76E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	120.00		0.3133	100.00	1.83E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.1411	100.00	3.00E-08
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	9.51E-09
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	6.6327	5.00		0.1411	100.00	0.0047
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	0.0015
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.8559	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0016
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0085
8	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0319	0.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	0.0000
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	0.00		0.3133	100.00	0.0000
	แก๊ส LPG (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0356	0.80		0.1411	100.00	4.02E-06
	แก๊ส LPG (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	0.80		0.3133	100.00	1.27E-06

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
8	โซดาไฟ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0033	40.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.87E-05
	สารเคมี (โซดาไฟ น้ำยาฆ่าเชื้อ) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	40.00		0.3133	100.00	5.95E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0039	40.00		0.1411	100.00	2.19E-05
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.2774	40.00		0.1411	100.00	0.0016
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	40.00		0.3133	100.00	4.97E-04
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	4.3049	40.00		0.1411	100.00	0.0243
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	40.00		0.3133	100.00	0.0077
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.6663	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0032
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0373
9	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0337	100.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.752E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	100.00		0.3133	100.00	1.507E-04
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.3537	5.00		0.1411	100.00	2.495E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	7.915E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.1684	7.00		0.1411	100.00	1.663E-04
	ปูนขาว (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	7.00		0.3133	100.00	5.277E-05
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.7789	7.00		0.1411	100.00	2.745E-03
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	7.00		0.3133	100.00	8.706E-04

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
9	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.3192	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	2.506E-03
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0073
10	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0269	90.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	3.42E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	90.00		0.3133	100.00	1.09E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0151	50.00		0.1411	100.00	1.07E-04
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	50.00		0.3133	100.00	3.39E-05
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0786	1.00		0.1411	100.00	1.11E-05
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	1.00		0.3133	100.00	3.52E-06
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0011	50.00		0.1411	100.00	7.92E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.6734	20.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	9.13E-04
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	20.00		0.4276	100.00	6.78E-04
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.2289	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	4.35E-04
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0026

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
11	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0287	85.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	3.45E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	85.00		0.3133	100.00	1.09E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0103	25.00		0.1411	100.00	3.65E-05
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	25.00		0.3133	100.00	1.16E-05
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.8046	5.00		0.1411	100.00	5.68E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	1.80E-04
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0431	25.00		0.1411	100.00	1.52E-04
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.8017	25.00		0.1411	100.00	0.0099
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	25.00		0.3133	100.00	0.0031
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	5.3973	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0103
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0247
12	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0340	50.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.40E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	50.00		0.3133	100.00	7.62E-05
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0008	28.00		0.1411	100.00	3.19E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	28.00		0.3133	100.00	1.01E-06
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.7660	5.00		0.1411	100.00	5.40E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	5.00		0.3133	100.00	1.71E-04

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
12	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.5532	28.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	0.0101
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	28.00		0.3133	100.00	0.0032
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	3.2226	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0061
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0204
13	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0304	170.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	7.29E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	170.00		0.3133	100.00	2.31E-04
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0057	2.00		0.1411	100.00	1.61E-06
	ปูนขาว (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	2.00		0.3133	100.00	5.10E-07
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.2792	400.00		0.1411	100.00	0.1286
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	400.00		0.3133	100.00	0.0408
	การขนส่งของเสีย (แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	2.2272	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0042
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.1746
14	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0331	200.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	9.34E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	200.00		0.3133	100.00	2.96E-04
	โซดาไฟ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0041	3.00		0.1411	100.00	1.75E-06
	สารเคมี (โซดาไฟ น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.3133	100.00	5.56E-07

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
14	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0011	3.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.73E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.2414	2.00		0.1411	100.00	6.81E-05
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	2.00		0.3133	100.00	2.16E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0221	3.00		0.1411	100.00	9.34E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.8966	7.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	0.0014
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	7.00		0.4276	100.00	0.0010
	การขนส่งของเสีย (แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.9364	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0037
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0074
15	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0314	60.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.66E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	60.00		0.3133	100.00	8.43E-05
	แก๊ส LPG (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0177	9.00		0.1411	100.00	2.24E-05
	แก๊ส LPG (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	9.00		0.3133	100.00	7.11E-06
	โซดาไฟ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0002	60.00		0.1411	100.00	1.59E-06
	สารเคมี (โซดาไฟ น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	60.00		0.3133	100.00	5.06E-07
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	60.00		0.1411	100.00	4.98E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.1794	10.00		0.1411	100.00	2.53E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	10.00		0.3133	100.00	8.03E-05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
15	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0020	60.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.66E-05
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.3548	65.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	0.0104
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	65.00		0.4276	100.00	0.0077
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.5750	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0030
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0218
16	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0304	95.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.07E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	95.00		0.3133	100.00	1.29E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0035	3.00		0.1411	100.00	1.50E-06
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.3133	100.00	4.74E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.3495	3.00		0.1411	100.00	1.48E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.3133	100.00	4.69E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0038	3.00		0.1411	100.00	1.61E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.7143	3.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	3.49E-04
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.4276	100.00	2.59E-04
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.8287	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0035
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0048

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
17	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0351	50.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	2.48E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	50.00		0.3133	100.00	7.85E-05
	ผงซักฟอก (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	12.00		0.1411	100.00	1.78E-07
	สารเคมี (ผงซักฟอก โซดาไฟ น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	12.00		0.3133	100.00	5.65E-08
	โซดาไฟ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0026	12.00		0.1411	100.00	4.46E-06
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0022	25.00		0.1411	100.00	7.74E-06
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.0088	1.00		0.1411	100.00	1.42E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	1.00		0.3133	100.00	4.51E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0044	12.00		0.1411	100.00	7.43E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	2.6316	18.00		0.1411	100.00	0.0067
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	18.00		0.3133	100.00	0.0021
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.5847	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0030
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0123

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
18	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0256	30.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	1.08E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	30.00		0.3133	100.00	3.43E-05
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	12.00		0.1411	100.00	1.08E-07
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	12.00		0.3133	100.00	3.43E-08
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.2148	1.00		0.1411	100.00	3.03E-05
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	1.00		0.3133	100.00	9.62E-06
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0064	0.10		0.1411	100.00	9.02E-08
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.5345	12.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	1.25E-03
	อาหาร (อาหารถุง ข้าวโพด) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	12.00		0.4276	100.00	9.26E-04
	ข้าวโพด (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0384	12.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	6.50E-05
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	1.1551	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0022
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0046

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
19	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0337	8.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	3.80E-05
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	8.00		0.3133	100.00	1.21E-05
	ผงซักฟอก (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	22.00		0.1411	100.00	3.14E-07
	สารเคมี (ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	22.00		0.3133	100.00	9.95E-08
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	22.00		0.1411	100.00	3.40E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0943	15.00		0.1411	100.00	2.00E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	15.00		0.3133	100.00	6.33E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0017	22.00		0.1411	100.00	5.23E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	3.0316	22.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	4.52E-03
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	22.00		0.4276	100.00	3.36E-03
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.5108	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	9.70E-04
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0092
20	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0331	10.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	4.67E-05
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	10.00		0.3133	100.00	1.48E-05
	ผงซักฟอก (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0003	20.00		0.1411	100.00	9.34E-07
	สารเคมี (ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	20.00		0.3133	100.00	2.96E-07
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0001	20.00		0.1411	100.00	1.56E-07
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0966	6.00		0.1411	100.00	8.17E-05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-2 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

ฟาร์ม	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ FU	ระยะทาง (km)	ประเภทยานพาหนะ	ค่า EF kg CO_2-eq/ หน่วย	ร้อยละการปันส่วน	CF (kg CO_2-eq)
20	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	6.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.3133	100.00	2.59E-05
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0028	20.00		0.1411	100.00	7.78E-06
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	3.8069	20.00		0.1411	100.00	1.07E-02
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	20.00		0.3133	100.00	3.41E-03
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.8330	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	1.58E-03
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0159
21	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0282	180.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	0.1411	100.00	7.15E-04
	ลูกไก่เนื้อโคราช (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	180.00		0.3133	100.00	2.27E-04
	น้ำยาฆ่าเชื้อ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0005	3.00		0.1411	100.00	1.94E-07
	สารเคมี (น้ำยาฆ่าเชื้อ ปูนขาว) (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.3133	100.00	6.14E-08
	แกลบ (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.4075	3.00		0.1411	100.00	5.96E-04
	แกลบ (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.3133	100.00	1.89E-04
	ปูนขาว (ขากลับ) 100 % Loading	kg	0.0014	3.00		0.1411	100.00	5.96E-07
	อาหาร (ขากลับ) 100 % Loading	kg	1.4483	3.00	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 6 ล้อ	0.0678	100.00	2.95E-04
	อาหาร (ขาไป) 0 % Loading	kg	0.0000	3.00		0.4276	100.00	2.19E-04
	การขนส่งของเสีย(แกลบและมูลไก่และกล่องบรรจุลูกไก่) (ขาไป) 0 % Loading	kg	2.1158	40.00	รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0475	100.00	0.0040
	คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม (kg CO_2-eq)							0.0063

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ฉ-3 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช

รายการ	ฟาร์ม 1	ฟาร์ม 2	ฟาร์ม 3	ฟาร์ม 4	ฟาร์ม 5	ฟาร์ม 6	ฟาร์ม 7	ฟาร์ม 8	ฟาร์ม 9	ฟาร์ม 10	ฟาร์ม 11
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	100.00	70.00	60.00	45.00	60.00	70.00	75.00	60.00	60.00	80.00	90.00
น้ำหนักไก่เฉลี่ย (กิโลกรัม)	1.70	1.25	1.25	1.50	1.55	1.30	1.20	1.35	1.25	1.50	1.45
การปันส่วน (ร้อยละ)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

การคำนวณตาม IPCC 2006	ฟาร์ม 1	ฟาร์ม 2	ฟาร์ม 3	ฟาร์ม 4	ฟาร์ม 5	ฟาร์ม 6	ฟาร์ม 7	ฟาร์ม 8	ฟาร์ม 9	ฟาร์ม 10	ฟาร์ม 11
1. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากระบบย่อยอาหาร	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
2. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์	0.0902	0.0859	0.0736	0.0460	0.0594	0.0826	0.0959	0.0682	0.0736	0.0818	0.0952
3. การปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการจัดการมูลสัตว์โดยตรง											
3.1 ปริมาณการขับถ่าย N (Nex) ต่อตัว	0.1870	0.0963	0.0825	0.0743	0.1023	0.1001	0.0990	0.0891	0.0825	0.1320	0.1436
3.2 ปริมาณ N ทั้งหมด	0.1870	0.0963	0.0825	0.0743	0.1023	0.1001	0.0990	0.0891	0.0825	0.1320	0.1436
3.3 การปลดปล่อย N_2O	0.9161	0.6413	0.5497	0.4123	0.5497	0.6413	0.6871	0.5497	0.5497	0.7329	0.8245
4. การปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการจัดการมูลสัตว์โดยอ้อม											
4.1 การสูญเสียในรูปของ NH_3+NO_x											
4.1.1 ปริมาณการสูญเสีย N ในรูปของ NH_3+NO_x	0.0748	0.0385	0.0330	0.0297	0.0409	0.0400	0.0396	0.0356	0.0330	0.0528	0.0574
4.1.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	0.1832	0.1283	0.1099	0.0825	0.1099	0.1283	0.1374	0.1099	0.1099	0.1466	0.1649
4.2 การสูญเสียจากการชะล้าง											
4.2.1 ปริมาณการสูญเสีย N	0.0561	0.0289	0.0248	0.0223	0.0307	0.0300	0.0297	0.0267	0.0248	0.0396	0.0431
4.2.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	0.1031	0.0721	0.0618	0.0464	0.0618	0.0721	0.0773	0.0618	0.0618	0.0825	0.0928
การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม (kg CO_2-eq)	1.2931	0.9280	0.7955	0.5873	0.7811	0.9247	0.9982	0.7900	0.7955	1.0442	1.1779

ตาราง ฉ-3 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากระบบย่อยอาหารและการจัดการมูลไก่ในการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช (ต่อ)

รายการ	ฟาร์ม 12	ฟาร์ม 13	ฟาร์ม 14	ฟาร์ม 15	ฟาร์ม 16	ฟาร์ม 17	ฟาร์ม 18	ฟาร์ม 19	ฟาร์ม 20	ฟาร์ม 21
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	75.00	150.00	70.00	70.00	80.00	75.00	65.00	75.00	60.00	60.00
น้ำหนักไก่เฉลี่ย (กิโลกรัม)	1.25	1.35	1.25	1.30	1.40	1.20	1.70	1.25	1.25	1.45
การปันส่วน (ร้อยละ)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

การคำนวณตาม IPCC 2006	ฟาร์ม 12	ฟาร์ม 13	ฟาร์ม 14	ฟาร์ม 15	ฟาร์ม 16	ฟาร์ม 17	ฟาร์ม 18	ฟาร์ม 19	ฟาร์ม 20	ฟาร์ม 21
1. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากระบบย่อยอาหาร	0.0004	0.0008	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003
2. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์	0.0921	0.1705	0.0859	0.0826	0.0877	0.0959	0.0587	0.0921	0.0736	0.0635
3. การปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการจัดการมูลสัตว์โดยตรง										
3.1 ปริมาณการขับถ่าย N (Nex) ต่อตัว	0.1031	0.2228	0.0963	0.1001	0.1232	0.0990	0.1216	0.1031	0.0825	0.0957
3.2 ปริมาณ N ทั้งหมด	0.1031	0.2228	0.0963	0.1001	0.1232	0.0990	0.1216	0.1031	0.0825	0.0957
3.3 การปลดปล่อย N_2O	0.6871	1.3742	0.6413	0.6413	0.7329	0.6871	0.5955	0.6871	0.5497	0.5497
4. การปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการจัดการมูลสัตว์โดยอ้อม										
4.1 การสูญเสียในรูปของ NH_3+NO_x										
4.1.1 ปริมาณการสูญเสีย N ในรูปของ NH_3+NO_x	0.0413	0.0891	0.0385	0.0400	0.0493	0.0396	0.0486	0.0413	0.0330	0.0383
4.1.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	0.1374	0.2748	0.1283	0.1283	0.1466	0.1374	0.1191	0.1374	0.1099	0.1099
4.2 การสูญเสียจากการชะล้าง										
4.2.1 ปริมาณการสูญเสีย N	0.0309	0.0668	0.0289	0.0300	0.0370	0.0297	0.0365	0.0309	0.0248	0.0287
4.2.2 ปริมาณการปลดปล่อย N_2O	0.0773	0.1546	0.0721	0.0721	0.0825	0.0773	0.0670	0.0773	0.0618	0.0618
การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม (kg CO_2-eq)	0.9943	1.9749	0.9280	0.9247	1.0500	0.9982	0.8405	0.9943	0.7955	0.7852

ภาคผนวก ช

การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ช. การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช

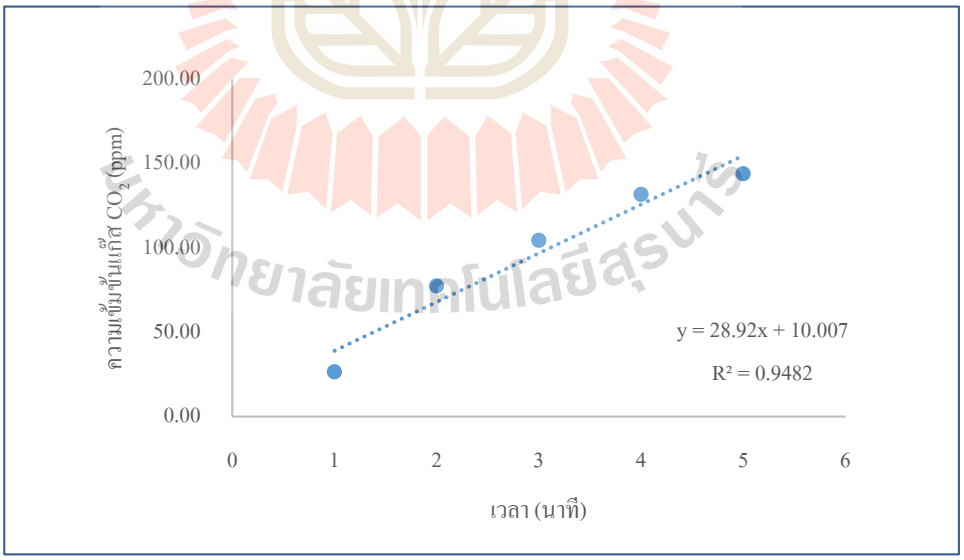
ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช มีวิธีการดังนี้

1. การสร้างกราฟเพื่อหา Slope

สร้างกราฟจากความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไปภายในกล่องปิดต่อระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ยกตัวอย่างการคำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของลูกไก่เพิ่งฟักตัวที่ 1 ดังนี้

ตาราง ช-1 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของลูกไก่เพิ่งฟักตัวที่ 1

นาทีที่	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)
0	0.00
1	26.44
2	77.38
3	104.43
4	131.67
5	143.88



รูป ช-1 การสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของ CO_2 และเวลาเพื่อหา Slope

2. การคำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- คำนวณอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากสมการ

$$E = \frac{XhM}{RT}$$

2.1 ข้อมูลพื้นฐานประกอบการคำนวณ

- อุณหภูมิในกล่อง (Chamber) = 31 °C
- ความดันบรรยากาศขณะทำการเก็บตัวอย่าง = 755 mmHg
- ความสูงของกล่อง = 0.297 m
- มวลโมเลกุล CO_2 = 44.01 g/mol

2.2 การเปลี่ยนความเข้มข้นของแก๊สให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

Slope = 28.92 ppm/min

Slope (ppm/hr) $= 28.92 \frac{\text{ppm}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}}$

Slope = 1,735.20 ppm/hr

- เปลี่ยนค่า Slope ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานด้วยสมการ

$$mg/m^3 = ppm \times MW \times \frac{1}{22.4} \times \frac{T_{STP}}{T_{Sample}} \times \frac{P_{Sample}}{P_{STP}}$$

$$mg/m^3 = 1{,}735.20 \text{ ppm/hr} \times 44.01 \text{ g/mol} \times \frac{1}{22.4} \times \frac{273.15 \text{ K}}{304.15 \text{ K}} \times \frac{755 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}}$$

$mg/m^3 = 3{,}041.58$

นำค่า Slope มาคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยดังนี้

$E = 3{,}041.58 \text{ mg/m}^3 \text{ hr} \times 0.297 \text{ m}$

$E = 903.35 \text{ mg/m}^2\text{hr}$

อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่เนื้อโคราช 3 ช่วงอายุ คือ ลูกไก่เพิ่งฟัก ลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ และพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช แสดงดังตาราง ช-2 ถึง ตาราง ช-4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ช-2 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของลูกไก่เพิ่งฟัก

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ($g\ CO_2/m^2hr$)
ลูกไก่ตัวที่ 1	1	1.00
	2	0.84
	3	0.90
	4	0.66
ลูกไก่ตัวที่ 2	1	1.02
	2	1.16
	3	0.84
	4	0.87
ลูกไก่ตัวที่ 3	1	0.86
	2	0.97
	3	1.27
	4	0.87
ลูกไก่ตัวที่ 4	1	1.17
	2	0.85
	3	1.19
	4	0.84
ลูกไก่ตัวที่ 5	1	1.30
	2	0.92
	3	1.09
	4	0.56
ลูกไก่ตัวที่ 6	1	1.21
	2	0.91
	3	1.19
	4	1.26
ลูกไก่ตัวที่ 7	1	0.72
	2	0.70
	3	1.02
	4	0.89

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ช-2 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของลูกไก่เพิ่งฟัก (ต่อ)

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ($g\ CO_2/m^2hr$)
ลูกไก่ตัวที่ 8	1	1.03
	2	0.88
	3	0.83
	4	0.91
ลูกไก่ตัวที่ 9	1	0.74
	2	0.87
	3	0.56
	4	0.64
ลูกไก่ตัวที่ 10	1	1.10
	2	0.99
	3	1.00
	4	1.00
ลูกไก่ตัวที่ 11	1	0.96
	2	0.79
	3	1.14
	4	1.16
ค่าเฉลี่ย		0.95
ค่าสูงสุด		1.30
ค่าต่ำสุด		0.56
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.19

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ช-3 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ($g\ CO_2/m^2hr$)
ลูกไก่ตัวที่ 1	1	5.86
	2	5.64
	3	4.94
	4	5.16
	5	5.26
	6	6.48
	7	5.28
	8	5.56
	9	5.11
	10	4.94
ลูกไก่ตัวที่ 2	1	6.72
	2	5.63
	3	5.54
	4	6.05
	5	5.94
	6	6.50
	7	6.20
	8	6.03
	9	7.10
	10	6.13
ลูกไก่ตัวที่ 3	1	5.74
	2	5.35
	3	4.54
	4	5.12
	5	4.43
	6	5.38
	7	5.23
	8	5.06
	9	5.21
	10	5.60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ช-3 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ($g\ CO_2/m^2hr$)
ค่าเฉลี่ย		5.59
ค่าสูงสุด		7.10
ค่าต่ำสุด		4.43
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.62

ตาราง ช-4 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่อายุ 20 สัปดาห์

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ($g\ CO_2/m^2hr$)
พ่อพันธุ์ไก่เนื้อโคราช	1	1.39
	2	1.03
	3	1.88
	4	0.94
	5	0.88
	6	1.09
	7	0.37
	8	2.26
	9	1.11
	10	0.53
	11	0.70
	12	1.74
	13	1.04
	14	0.62
	15	0.52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง ช-4 อัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของไก่อายุ 20 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง	อัตราการปลดปล่อยแก๊ส CO_2 (g CO_2/m^2hr)
แม่พันธุ์ไก่เนื้อโคราช	1	0.68
	2	0.74
	3	0.83
	4	0.79
	5	1.21
	6	0.90
	7	0.94
	8	0.90
	9	0.87
	10	0.93
	11	1.03
	12	1.35
	13	1.16
	14	0.76
	15	0.88
ค่าเฉลี่ย		1.00
ค่าสูงสุด		2.26
ค่าต่ำสุด		0.37
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน และนเรศ เชื้อสุวรรณ. (2562). **การปลดปล่อยแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชในฟาร์ม**. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 57 (The 57th Kasetsart University Annual Conference, Natural Resource and Environment, 29 มกราคม 2562 - 1 กุมภาพันธ์ 2562 กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย). หน้า 898 - 906.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	: นายธัชชัย เยี่ยมสูงเนิน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	: 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	: อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
ชื่อวิทยานิพนธ์	: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช
สาขาวิชา	: มลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	: สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2556
	: สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปากช่อง 2 จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2552
ผลงานวิจัย	: ได้นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ The 57th Kasetsart University Annual Conference, Natural Resource and Environment ระหว่างวันที่ 29 มกราคม 2562 - 1 กุมภาพันธ์ 2562, กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ในหัวข้อเรื่อง การปลดปล่อยแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์จากบ่อทิ้งซากไก่เนื้อโคราชในฟาร์ม (CH_4 and CO_2 emissions from Korat's Chicken Carcass Pit in a Farm)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี