Research Article

Received: April 6, 2019; Accepted: August 20, 2019

การประเมินก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตไก่แปรรูปแช่แข็ง

Life Cycle Greenhouse Gases Emissions of Processed Frozen Chicken

วาริท เจาะจิตต์* และศิริอุมา เจาะจิตต์

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

ธนวิทย์ กุลรัตนรักษ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Warit Jawjit* and Siriuma Jawjit

Department of Environmental Health and Technology, School of Public Health,
Walailak University, Thaiburi, Thasala, Nakhon Si Thammarat 80160

Thanawit Kulruttanarak

Department of Food Technology, Institute of Agricultural Technology,
Suranaree University of Technology, Suranaree, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง เพื่อจำแนกกิจกรรมและขั้นตอนสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของงานวิจัยเป็นแบบ cradle-to-gate ตั้งแต่การผลิตอาหารสัตว์ จนถึงการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การผลิตอาหารไก่ (2) ฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ (3) โรงฟักไข่ (4) ฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ (5) โรงงานชำแหละไก่ และ (6) โรงงานแปรรูปไก่แช่แข็ง กำหนดหน่วยทำงาน คือ เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม การวิจัยดำเนินตามแนวทางของ ISO 14040 และองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kgCO_2-eq ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.51 kg CO_2-eq เมื่อพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต พบว่าขั้นตอนในการได้มาและผลิตอาหารสัตว์โดยเฉพาะข้าวโพดและกากถั่วเหลือง ขั้นตอนการเลี้ยงในฟาร์มไก่เนื้อ และขั้นตอนการแปรรูปไก่แช่แข็ง เป็นขั้นตอนสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็น 50, 26 และ 21 % ตามลำดับ แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้ เช่น การเปลี่ยนสูตรอาหารสัตว์ การปรับวัตถุดิบของอาหารสัตว์ การควบคุมการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชวัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้ไบโอดีเซลในกระบวนการเพาะปลูก รวมถึงการเพิ่มผลผลิตของการปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจก; วัฏจักรชีวิต; ไก่แช่แข็ง

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** jwarit@gmail.com **doi:** 10.14456/tstj.2020.131

Abstract

The objective of this study is to evaluate greenhouse gas emissions in the life cycle of frozen processed chicken meat in order to identify the important activities (hotspots) which contribute to the greenhouse gases emissions. The scope of the study is based on the cradle-to-gate approach, which included (1) feed production, (2) pullet farm, (3) hatchery farm, (4) broiler chicken farm, (5) slaughterhouse, and (6) frozen processing factory. The functional unit is 1 kg of frozen processing chicken meat. The research methodology is based on ISO 14040 and the guideline of Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO). Greenhouse gas emissions are calculated in the unit of kgCO_2-eq. The result of the greenhouse gas emissions of 1 kg of frozen processing chicken meat is 2.51 kg CO_2-eq. The results indicated that feed production and acquisition (in particular, the acquisition of soybean meal and maize), broiler chicken farm, and frozen processing factory mainly contributed to the emissions by about 50, 26, and 21 %, respectively. Various potential options for greenhouse gas mitigation are available, for instance, the substitution of raw materials in feed production, changes in the composition of feeds, use of biodiesel in land preparation, effective use of fertilizer, chicken manure management, and increasing yield of feed raw materials.

Keywords: greenhouse gas; life cycle; frozen chicken

1. บทนำ

ในสภาพเศรษฐกิจและสังคมปัจจุบัน อาหารแช่แข็งได้รับความนิยมมากขึ้นในประเทศไทย เพราะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานไม่เน่าเสีย และนำมารับประทานได้เพียงในเวลาไม่กี่นาที ในฐานะผู้ส่งออกประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกสินค้าอาหารแปรรูปในอันดับต้น ๆ ของโลกหลายรายการ ได้แก่ ไก่แช่แข็ง กุ้งแช่แข็ง ทูน่ากระป๋อง เป็นต้น [1] ในส่วนของเนื้อไก่นั้น ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตเนื้อไก่ได้มากเป็นอันดับที่ 6 ของโลก และเป็นอันดับหนึ่งของอาเซียน โดยปริมาณการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งของไทยยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอดในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการบริโภคเนื้อไก่ในตลาดต่างประเทศขยายตัวสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร รายได้ และรสนิยมการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป [2] เมื่อผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูปแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญในตลาดโลกมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการให้ความสำคัญในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและมาตรฐานด้านความปลอดภัยและสุขาภิบาลอาหารในระดับนานาชาติ เช่น CODEX, HACCP, ISO และ GMP แล้ว ผู้นำเข้าในตลาดของประเทศที่พัฒนาแล้วยังให้ความสนใจในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นข้อมูลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมจึงเป็นอีกหนึ่งข้อมูลสำคัญที่จะสื่อสารกับคู่ค้า และเป็นข้อมูลที่จะทำให้ผู้ผลิตได้นำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยใช้แนวทางในการประเมินวัฏจักรชีวิต (life

cycle assessment, LCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตการศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นแบบ cradle-to-gate ครอบคลุมตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และสามารถจำแนกขั้นตอน/กิจกรรมที่สำคัญ (hot spot) ที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำไปสู่การหาทางเลือกลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำไปสู่ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ได้รับความสำคัญเป็นอย่างมากในตลาดการค้าโลก ผลการศึกษายังทำให้ได้ข้อมูลเพื่อพัฒนาไปเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม (Eco-design/Eco-labeling) อันจะเป็นประโยชน์แก่ทั้งผู้ประกอบการ ผู้บริโภค และทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง นอกจากนี้การแสดงข้อมูลการดำเนินงานทางสิ่งแวดล้อมจะสะท้อนถึงการเป็นผู้ผลิตที่มีความใส่ใจในเรื่องความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางการค้าในตลาดโลกในปัจจุบันเป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อให้ประเทศไทยสามารถรักษาสภาวะการเป็นผู้นำการส่งออกและผู้นำในการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งของโลกต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสำรวจข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน การเกิดขึ้นและการจัดการของเสียที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในแต่ละขั้นตอนการผลิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งแปรรูป โดยแบ่งเป็น 9 ประเด็นหลักในแบบสำรวจข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป กำลังการผลิต วัตถุดิบที่ใช้ การใช้น้ำ การใช้ไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิง ผลพลอยได้ ของเสีย และวิธีการจัดการของเสีย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.2 วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาสำหรับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งนี้ ใช้ขั้นตอนการวิจัยตามระเบียบชุดมาตรฐานสากลใน ISO 14040 ว่าด้วยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) ประกอบกับแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (goal and scope definition)

(1) การกำหนดเป้าหมาย โดยเป้าหมายของการศึกษาวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และปริมาณการปล่อยของเสีย นำมาประเมินการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในรูปของศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (global warming potential) ในหน่วย kg CO_2-equivalent

(2) การกำหนดขอบเขต ระบบที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ครอบคลุมหลักการ cradle-to-gate เริ่มตั้งแต่การผลิตอาหารสัตว์ (อาหารไก่) จนได้ออกมาเป็นเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลักในวัฏจักรชีวิตของไก่แปรรูปแช่แข็ง (รูปที่ 1) ได้แก่ (1) การผลิตอาหารสัตว์ (2) ฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ (3) โรงฟักไข่ (4) ฟาร์มไก่เนื้อ (5) โรงงานชำแหละไก่ และ (6) โรงงานผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยใช้สถานที่ศึกษาเป็นบริษัทผลิตไก่เนื้อแปรรูปแช่แข็งครบวงจรแห่งหนึ่ง ในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีบริษัทในเครือข่ายครบวงจรตามขอบเขตที่กำหนดไว้

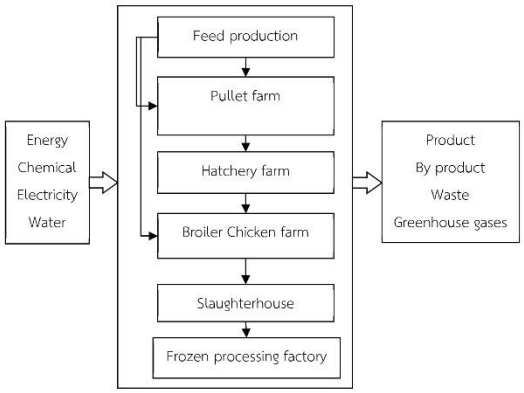

Figure 1 System boundary for a cradle-to-gate life cycle assessment of processed frozen chicken

(3) การกำหนดหน่วยการทำงาน (functional unit) ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ที่ผ่านการทอดแล้วนำไปแช่แข็ง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มียอดขายมากที่สุด โดยกำหนดหน่วยทำงานเป็นเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม อนึ่งในการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งนั้น กำหนดหน่วยการทำงานไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Functional unit of each product in each stage of life cycle of processed frozen chicken

Stages in the life cycle	Functional units
Feed production	1 ton of feed
Pullet farm	1 egg
Hatchery farm	1 chick
Broiler chicken farm	1 broiler chicken
Slaughterhouse	1 kg of chicken meat
Frozen processing factory	1 kg of processed frozen chicken meat

2.2.2 ขั้นตอนที่ 2 จัดทำบัญชีรายการ (inventory analysis)

การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการ ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยการทบทวนข้อมูลทุติยภูมิผ่านการทบทวนงานวิจัย รายงานการศึกษาที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อม การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้ทรัพยากรและพลังงาน การปลดปล่อยของเสียของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยรวบรวมเพื่อทบทวนข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไปแล้ว เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนการสำรวจและเก็บข้อมูลปฐมภูมิ ในส่วนของการเก็บข้อมูลปฐมภูมินั้นดำเนินการผ่านการเยี่ยมชมกระบวนการผลิต และเก็บข้อมูลผ่านการสอบถาม สัมภาษณ์ กับผู้มีหน้าที่รับผิดชอบของบริษัทผลิตไก่เนื้อแปรรูปแช่แข็งครบวงจร

2.2.3 ขั้นตอนที่ 3 คำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases emission)

เป็นขั้นตอนที่มีการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก คำนวณจากปริมาณพลังงานทรัพยากรที่ใช้ โดยคำนวณเทียบเท่าต่อหน่วยทำงานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ใช้วิธีการหลักในการคำนวณตามแนวทางขององค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) คือ การคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกกับตัวคูณการปลดปล่อยมลสาร (emission factor) โดยจะเน้นการใช้ emission factor ที่พัฒนาขึ้นสำหรับประเทศไทยเป็นหลัก ตามฐานข้อมูล emission factor ของ อบก. (http://thaicarbonlabel.tgo.or.th) โดยสมการพื้นฐานของการคำนวณค่าการปลดปล่อยมลสาร คือ $Emission_{I,J} = Emission\ factor_{I,J} \times Activities\ level_{J}$ โดย $Emission_{I,J}$ คือ ค่าการปลดปล่อยมลสาร I เนื่องจากกิจกรรม J (หน่วย kg CO_2-eq) $Emission\ factor_{I,J}$ คือ ตัวคูณการปลดปล่อยมลสาร I จาก

กิจกรรม J (หน่วย kg CO_2-eq/กิจกรรม) Activities level $_J$ คือ ระดับของกิจกรรม J ที่มีผลทำให้เกิดการปล่อยมลสาร เช่น การใช้ไฟฟ้า การเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้ การใช้สารเคมี

2.2.4 ขั้นตอนที่ 4 แปลผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลการศึกษา (interpretation and analysis)

ประมวลข้อมูลผลการศึกษาการใช้พลังงาน ทรัพยากร การจัดการของเสีย และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง เพื่อการจำแนกจุดสำคัญ/กิจกรรมสำคัญ (hot spot) ที่มีส่วนต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง เพื่อหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 บัญชีรายการการใช้ทรัพยากรและพลังงานในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง

การวิเคราะห์บัญชีรายการได้จากการคำนวณการใช้ทรัพยากรและพลังงานของการผลิตแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งเปรียบเทียบกับหน่วยทำงาน (functional unit) ของแต่ละขั้นตอน โดยบัญชีรายการการใช้ทรัพยากรและพลังงานแสดงเฉพาะรายการทรัพยากรและพลังงานที่สำคัญซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงนำมาแสดงเท่านั้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2, 3 และ 4 โดยบัญชีรายการเหล่านี้นับเป็นค่าของระดับกิจกรรม (activity level) ที่จะนำไปใช้ไปคูณกับตัวคูณการปลดปล่อยมลสาร (emission factor) เพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะแสดงผลในหัวข้อ 3.2

Table 2 Resources and energy inventory per one ton of feed production

Resources/ Activities	Amount used per 1 ton	Units
Soybean meal	0.30	ton
Cassava pellet	0.11	ton
Maize	0.48	ton
Rice bran oil	0.04	ton
Calcite	0.01	ton
DCP 14%	0.03	ton
Electricity	46.03	kWh
Water	0.13	m^3
LPG	0.08	kg
Bunker oil	2.48	Litre

3.2 การปลดปล่อยก๊าซเรือนเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง

3.2.1 โรงงานผลิตอาหารสัตว์

โรงงานผลิตอาหารสัตว์ที่ศึกษาใช้วัตถุดิบหลัก 3 ประเภท ได้แก่ กากถั่วเหลือง มันอัดเม็ด และข้าวโพด โดยมีการใส่อาหารเสริมประเภทต่าง ๆ ตามสูตรของอาหารไก่ที่ต้องการตามช่วงวัยและจุดประสงค์ โดยวัตถุดิบส่วนใหญ่นำมาจากในประเทศ แต่อาหารเสริมบางชนิดต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตอาหารสัตว์ จากกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงานอาหารสัตว์ 1 ตัน มีค่ารวม 662.37 kgCO_2-eq โดยแสดงสัดส่วนของแต่ละกิจกรรม/ทรัพยากร (รูปที่ 2a) พบว่าวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์จากผลิตผลทางการเกษตร มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็น 82 % ของก๊าซเรือน

กระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการผลิตอาหารสัตว์ โดยมาจากวัตถุดิบข้าวโพด 48 % และการถั่ว 34 % นอกจากนั้นการขนส่งวัตถุดิบเหล่านี้มาสู่โรงงานผลิตอาหารสัตว์ก็มีส่วนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (5 %) เมื่อพิจารณากิจกรรมที่เกิดขึ้นในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ การใช้ไฟฟ้าถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่มีส่วนต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (คิดเป็น 4 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) เนื่องจากระบบการผลิตอาหารสัตว์ทั้งหมดใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการควบคุมการผลิตทั้งหมด จึงมีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างสูง

3.2.2 ฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์

ฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์เป็นฟาร์มที่มีการผลิตเพื่อให้ได้ไข่ที่จะนำไปฟักต่อไปในโรงฟักไข่ โดยมีทั้งการนำลูกไก่มาเลี้ยงเพื่อให้ไข่ และการใช้ไก่พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ เพื่อผลิตลูกไก่เพื่อการให้ไข่ ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ในฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงานคือ ไข่ไก่ 1 ฟอง มีค่า 23 $kgCO_2$-eq โดยแสดงสัดส่วนของแต่ละกิจกรรม/ทรัพยากร (รูปที่ 2b) พบว่าแหล่งของก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสำคัญ คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตอาหารสัตว์คิดเป็น 43 % และที่เกิดจากการเลี้ยงไก่พ่อแม่พันธุ์ในฟาร์มไก่เนื้อ คิดเป็น 38 % ส่วนกิจกรรมในขอบเขตฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ที่มีส่วนต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งการให้ความสว่างและให้ความอบอุ่นแก่ไก่ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับการอัตราการให้ไข่ โดยการใช้ไฟฟ้ามีสัดส่วน 18 % ของการเกิดขึ้นของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์

Table 3 Resources and energy inventory used in pullet farm, hatchery farm, and broiler chicken farm

Resources/Activities	Pullet farm (amount used per one egg)	Hatchery farm (amount used per one chick)	Broiler chicken farm (amount used per on broiler chicken)	Units
Feed	11.2	-*	4.22	Kg
Electricity	5	0.1	0.71	KWh
Water	0.06	0.0003	0.06	m^3
Benzene	-	-	1.36	mL
Diesel	35.25	0.02	5.29	mL
LPG	23.60	-	0.48	g
Chlorine	14.29	0.015	4.96	L
NaOH	2.86	-	-	g
Calcium hydroxide	2.86	-	-	g
Chick	0.07	-	0.06	Kg
Parent stock (Male)	2.45	-	-	Kg
Parent stock (Female)	0.26	-	-	Kg
Egg	-	1.20	-	egg

*No this raw material/resource used in this process

Table 4 Resources and energy inventory used in slaughterhouse and frozen processing factory

Resources/activities	Slaughterhouse (amount used per 1 kg of chicken meat)	Frozen processing factory (amount used per 1 kg of frozen chicken)	Unit
Broiler chicken	0.9	-*	Kg
Chicken meat	-	1	Kg
Electricity	0.12	0.80	KWh
Water	0.014	0.02	m^3
Bunker oil	4.39	56.25	mL
Chlorine	0.6	0.58	mL

*No this raw material/resource used in this process

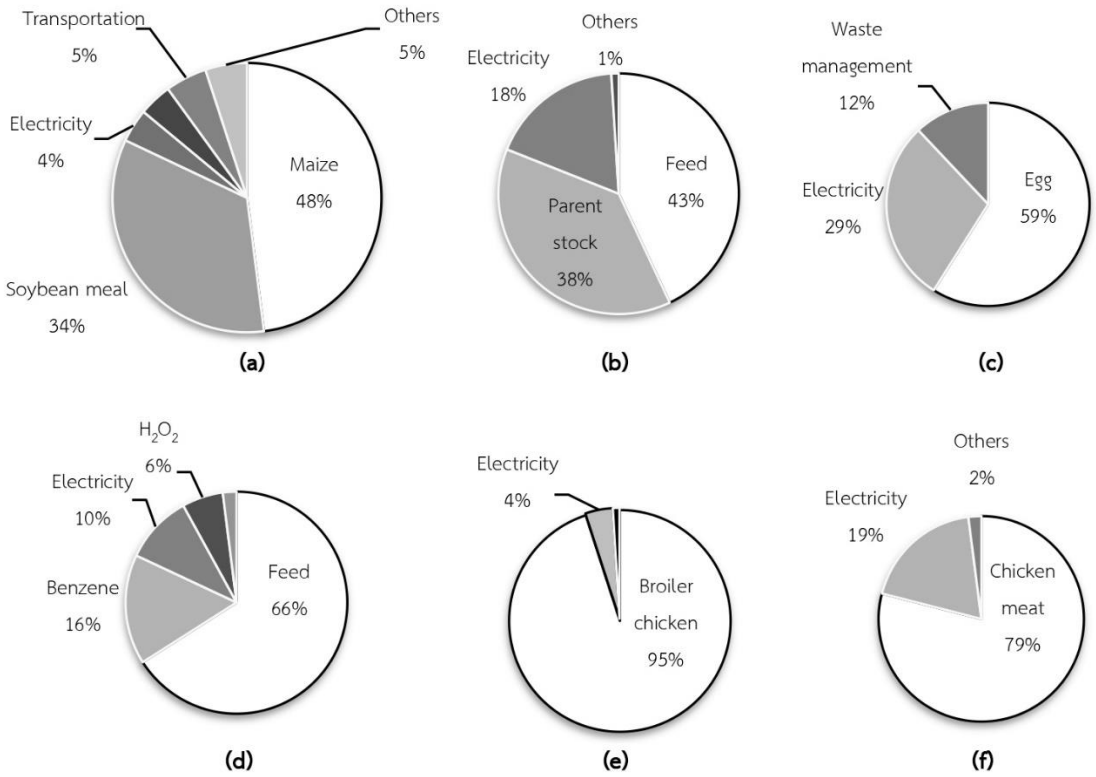

Figure 2 Contribution of activities/ resources on greenhouse gas emissions in each stage of the life cycle including (a) feed production, (b) pullet farm, (c) hatchery farm, (d) broiler chicken farm, (e) slaughterhouse, and (f) frozen chicken factory

3.2.3 โรงฟักไข่

การฟักไข่ในโรงฟักไข่ที่ศึกษานั้น ดำเนินการด้วยเครื่องฟักไข่ โดยเก็บไข่ไว้ในห้องเก็บไข่ที่ปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 18-21 องศาเซลเซียส มีการใช้สารเคมีเพื่อรมควันฆ่าเชื้อโรคด้วย ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ การใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี ในโรงฟักไข่เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงาน คือ ลูกไก่ที่เพิ่งฟักออกมา 1 ตัว (60-68 กรัม) มีค่ารวม 253 g CO_2-eq พบว่าแหล่งของก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสำคัญ คือ ไข่ไก่ ซึ่งเป็นภาระของก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกิจกรรมต่าง ๆ จากฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ในขั้นตอนก่อนหน้า คิดเป็น 59 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขั้นตอนนี้ (รูปที่ 2c) ส่วนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในโรงฟักไข่ที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าซึ่งต้องใช้ปริมาณสูงในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในการฟักไข่ให้เหมาะสมของตู้ฟักไข่ คิดเป็น 29 % ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขั้นตอนการฟักไข่ ส่วนอีก 12 % เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาเพื่อกำจัดของเสียจำพวกเปลือกไข่ ลูกไก่ที่ไม่สมบูรณ์ และเศษขนไก่ โดยทางบริษัทมีเตาเผาของบริษัทเองในการดำเนินการ

3.2.4 ฟาร์มไก่เนื้อ

ลูกไก่ที่ผ่านการฟักไข่จากโรงฟักไก่จะนำมาเลี้ยงในฟาร์มไก่เนื้อให้ได้น้ำหนักประมาณตัวละ 2 กิโลกรัม ก่อนนำส่งไปสู่การแปรรูปเนื้อไก่ต่อไป โดยผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ การใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี ในฟาร์มไก่เนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงาน คือ ไก่เนื้อ 1 ตัว (น้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม) มีค่ารวม 4.23 kg CO_2-eq โดยพบว่าอาหารไก่มีสัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็น 66 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดในฟาร์มไก่เนื้อ (รูปที่ 2d) เนื่องจากการเลี้ยงไก่จากลูกไก่เป็นไก่เนื้อที่โตเต็มที่พร้อมส่งโรงชำแหละนั้น จำเป็นต้องมีการให้อาหารอย่างพอเพียงและต่อเนื่อง โดยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์นั้น เกิดมาจากกระบวนการผลิตและการได้มาซึ่งวัตถุดิบของอาหารสัตว์ (โดยเฉพาะข้าวโพดและกากถั่วเหลือง) โดยเมื่อพิจารณากิจกรรมในฟาร์มไก่เนื้อพบว่าการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินและการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้แสงสว่างและให้ความอบอุ่นในการเลี้ยงไก่ มีสัดส่วนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมาในสัดส่วน 16 และ 10 % ตามลำดับ ส่วนภาระก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการฟักไข่เป็นลูกไก่ 1 ตัว ในขั้นตอนก่อนหน้ามีสัดส่วนน้อย (ไม่ถึง 1 %)

3.2.5 โรงงานชำแหละไก่

โรงงานชำแหละไก่นั้น เริ่มตั้งแต่การรับไก่เนื้อเพื่อเชือดคอ ถอนขน ล้วงเครื่องใน ทำความสะอาด และชำแหละเพื่อให้ได้มาซึ่งเนื้อไก่สด โดยมีกระบวนการทั้งที่ใช้เครื่องจักรและคนในการชำแหละเนื้อไก่ ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงาน คือ เนื้อไก่สด 1 กิโลกรัม มีค่ารวม 1,996 g CO_2-eq (หรือประมาณ 2 kg CO_2-eq) โดยพบว่าเกือบทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการชำแหละไก่ (95 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้น) เป็นภาระก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขั้นตอนการเลี้ยงไก่เนื้อในขั้นตอนก่อนหน้า โดยเมื่อพิจารณารายละเอียดย้อนกลับไปพบว่าก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญเกี่ยวข้องกับอาหารของไก่ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อนั่นเอง (คิดเป็น 66 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดในฟาร์มไก่เนื้อ) ส่วนกิจกรรมในขอบเขตของโรงงานชำแหละไก่นั้นพบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ (คิดเป็นสัดส่วน 4 %) เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าในทุกขั้นตอนการผลิต ทั้งการควบคุมอุณหภูมิ การเดินเครื่องจักร สายพาน และอุปกรณ์ต่าง ๆ (รูปที่ 2e)

Table 5 Activities and greenhouse gas emission in each stage in the life cycle of processed frozen chicken

Stages in the life cycle	Greenhouse gas emission	Hotspots
Feed production	662.4 kgCO_2-eq/1 ton of feed	Acquisition of soybean meal and maize
Pullet farm	23.1 kg CO_2-eq/1 egg	Feed production and acquisition of parent stock
Hatchery farm	0.253 kgCO_2-eq/1 chick	Egg production and electricity
Broiler chicken farm	4.23 kgCO_2-eq/1 broiler chicken	Feed production and benzene
Slaughter house	1.99 kgCO_2-eq/1 kg of chicken meat	Broiler chicken production and electricity
Frozen processing factory	2.51 kgCO_2-eq/1 kg frozen chicken	Chicken meat production and electricity

3.2.6 โรงงานแปรรูปเนื้อไก่

ขั้นตอนการแปรรูปไก่แปรรูปแช่แข็ง เป็นการนำเนื้อไก่สดที่ผ่านการชำแหละมาแปรรูปผ่านกระบวนการทอด และผ่านกระบวนการแช่แข็งผ่านเครื่องแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทำงาน คือ เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม มีค่ารวม 2.51 kg CO_2-eq พบว่าผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ (79 %) มาจากเนื้อไก่สด ซึ่งเป็นภาระที่ติดมาจากขั้นตอนการชำแหละเนื้อไก่สดในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ซึ่งก็ได้มาจากการเลี้ยงไก่ในฟาร์มเลี้ยงไก่ ส่วนกิจกรรมในโรงงานแปรรูปไก่ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้ตลอดเวลาในกระบวนการผลิต ในอุปกรณ์การทอด รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิในการแช่แข็งอาหารที่ทำการแปรรูปและปรุงเรียบร้อยแล้ว โดยมีสัดส่วน 19 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโรงงานแปรรูปไก่ (รูปที่ 2f)

ผลการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พิจารณาแยกในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิต (ในหัวข้อ 3.2) สามารถจำแนกกิจกรรมสำคัญที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตสรุปได้ดังตารางที่ 5 ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน/กิจกรรมที่อยู่ในความรับผิดชอบ หรือเป็นขั้นตอนที่ต้องการปรับปรุงการดำเนินงาน

3.3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของงานวิจัยนี้ ได้แก่ เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม ที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 2.51 kgCO_2-eq ซึ่งสามารถพิจารณาการมีส่วนร่วมของขั้นตอนต่าง ๆ ในวัฏจักรชีวิตต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนภาระก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมแต่ละ

ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต เช่น ในกรณีนี้เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็งมีภาระก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากเนื้อไก่ชำแหละในขั้นตอนก่อนหน้า คิดเป็นสัดส่วน 79 % ในลักษณะเดียวกันเนื้อไก่ชำแหละมีภาระก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเลี้ยงไก่เนื้อในขั้นตอนก่อนหน้า คิดเป็นสัดส่วน 95 % และไก่เนื้อมีภาระก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ คิดเป็นสัดส่วน 66 % ในการคำนวณลักษณะนี้จึงสามารถทำให้ทราบสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของไก่แปรรูปแช่แข็ง ซึ่งพบว่าการผลิตอาหารสัตว์เป็นกิจกรรมที่มีสัดส่วนสูงที่สุด คิดเป็น 50 % ของผลกระทบทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง (รูปที่ 3) เนื่องจากอาหารสัตว์มีการใช้ปริมาณมากในกระบวนการเลี้ยงไกในฟาร์มไก่เนื้อ และใช้ในฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงเพื่อให้ได้ไข่ ไปฟักในโรงฟักไข่ ตามมาด้วยขั้นตอนของการเลี้ยงไก่เนื้อในฟาร์มไก่เนื้อ (26 %) และขั้นตอนการแปรรูปไก่แช่แข็ง (21 %) ดังนั้นการพิจารณาทางเลือกเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็งนั้น ควรให้ความสำคัญที่ขั้นตอนของการผลิตอาหารสัตว์ การใช้น้ำมันเบนซินในฟาร์มไก่เนื้อ และกระบวนการใช้ไฟฟ้าในการแปรรูปเนื้อไก่

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการใช้อาหารสัตว์มีสัดส่วนต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าส่วนอื่น ๆ ในวัฏจักรชีวิตมีความสอดคล้องกับหลายงานวิจัย [3-5] ที่สรุปว่าขั้นตอนการใช้อาหารสัตว์มีสัดส่วนสูงกว่าขั้นตอนอื่น ๆ นอกจากนี้ในขั้นตอนเลี้ยงไก่เนื้อ อาหารสัตว์ที่นำมาใช้มีส่วนสำคัญถึง 92 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ ขณะที่ Pelletier [6] พบว่าอาหารสัตว์ที่นำมาใช้มีส่วน 82 % ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการใช้พลังงานในโรงงานอาหารสัตว์ และการได้มาซึ่งวัตถุดิบประเภทโปรตีน สอดคล้องกับการศึกษาการผลิตไก่เนื้อของประเทศโปรตุเกสของ Gonzalez-Gracia และคณะ [7] ซึ่งพบว่ากระบวนการผลิตและการได้มาของส่วนผสมของอาหารสัตว์ที่นำมาเลี้ยงไก่เนื้อ เป็นกิจกรรมที่สำคัญที่เกี่ยวข้องการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะการผลิต และการใช้ปุ๋ยเพื่อปลูกพืชอาหารสัตว์เหล่านี้เมื่ออ้างอิงถึงการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฟาร์มไก่เนื้อของประเทศมาเลเซียของ Suffian และคณะ [8] ซึ่งมีการศึกษาก๊าซเรือนกระจกแยกเป็นรายชนิด พบว่าการจัดการมูลไก่เป็นกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนอาหารสัตว์เป็นแหล่งสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ส่วนวัสดุที่ใช้รองพื้นในการเลี้ยงไก่เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์

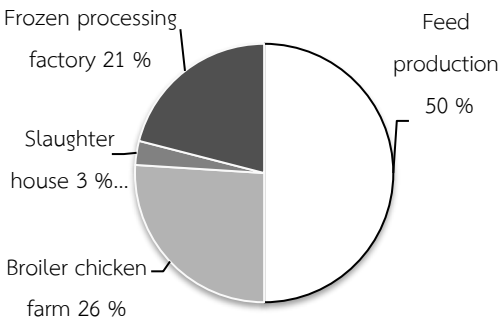

Figure 3 Contribution of greenhouse gas emission of each stage in the life cycle of processed frozen chicken

สำหรับในงานวิจัยนี้ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของการผลิตอาหารสัตว์จะพบว่าสัดส่วนของวัตถุดิบสำคัญ 2 ประเภท ที่มีผลต่อสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกว่า 80 % นั้น ได้แก่ ข้าวโพดและกากถั่วเหลือง ซึ่งมีสัดส่วน 48 และ 34 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาลงไปในรายละเอียดแล้วพบว่า

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากข้าวโพดและกากถั่วเหลือง นั้นได้มาจากขั้นตอนการได้มาหรือกระบวนการปลูกข้าวโพดและถั่วเหลือง สอดคล้องกับการศึกษาของ Raucci และคณะ [9] ที่พบว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการปลูกถั่วเหลืองมาจาก การย่อยสลายของเศษซากพืชในแปลงปลูก 36 % และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและใช้ปุ๋ย 19 และ 16 % ตามลำดับ โดย Patthanaissaranukool และ Polprasert [10] รายงานว่าแหล่งการปลดปล่อยคาร์บอนที่สำคัญจากการปลูกถั่วเหลืองมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในระบบการให้น้ำและการใช้ปุ๋ย ซึ่งมีสัดส่วน 37 และ 25 % ของการปลดปล่อยคาร์บอนทั้งหมดตามลำดับ

3.4 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง

ผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมสำคัญที่มีสัดส่วนมากที่สุดในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็งเกี่ยวข้องกับการได้มาและการผลิตอาหารสัตว์ ดังนั้นการพิจารณาทางเลือก/มาตรการในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงควรเน้นให้ความสำคัญไปที่การจัดการในกระบวนการได้มาและผลิตอาหารสัตว์ โดยมีแนวทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ เช่น การปรับเปลี่ยนส่วนผสมของวัตถุดิบในอาหารสัตว์ โดยการไม่ใช้วัตถุดิบที่มาจากสัตว์ในส่วนผสมของอาหารสัตว์นั้น สามารถลดผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก [5] ขณะที่การพิจารณาโปรตีนอื่น ๆ มาทดแทนถั่วเหลืองก็จะสามารถลดผลกระทบได้เช่นเดียวกัน [11] ซึ่ง สุชน และบุญล้อม [12] ได้เคยศึกษาการใช้กากงาเมล็ดสีขาวมาทดแทนการใช้ถั่วเหลืองในการผลิตเป็นอาหารไก่เนื้อ โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตน้อยลง การนำเมล็ดถั่วมาทดแทนการใช้วัตถุดิบจากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ได้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากการปลูกพืชตระกูลถั่วไม่ต้องการปุ๋ยเคมี รวมถึงการเสนอให้ใช้พืชในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งที่ใช้ระยะทางไกลจากแหล่งอื่น ๆ [13] การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นปริมาณโปรตีน ทำให้ใช้ปริมาณอาหารที่น้อยลงได้ โดยคุณภาพของเนื้อไก่ไม่ได้ลดลง นอกจากนั้นการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตในส่วนอื่น ๆ นอกเหนือจากส่วนผสมของอาหารสัตว์ก็สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การจัดการการปลดปล่อย N_2O สามารถควบคุมทั้งในการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมในการเพาะปลูกพืชอาหารสัตว์ รวมถึงการควบคุมวิธีการจัดการมูลไก่ในฟาร์มไก่เนื้อเพื่อลดการปลดปล่อย N_2O สู่บรรยากาศ [5,8] นอกจากนั้นการปรับเปลี่ยนน้ำมันจากดีเซลเป็นไบโอดีเซลสำหรับใช้เครื่องยนต์สำหรับไถพรวนและระบบให้น้ำในกระบวนการปลูกถั่วเหลืองสามารถลดการปล่อยคาร์บอนลง 38 % นอกจากนั้นการเพิ่มผลผลิต (yield) ของการปลูกถั่วเหลืองมากขึ้นเป็น 32 % จากปกติสามารถลดการปล่อยคาร์บอนลง 16.3 % และการใช้ปุ๋ยคอกจากมูลไก่แทนปุ๋ยเคมีสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนลง 14.6 % [9]

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง โดยมีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์จนถึงการผลิตไก่แปรรูปแช่แข็ง พบว่ากระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 2.51 kg CO_2-eq กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์เป็นกิจกรรมที่มีสัดส่วนสูงที่สุดในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคิดเป็น 50 % ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง ตามด้วยการใช้ไฟฟ้าใน

กระบวนการแปรรูปเป็นไก่แปรรูปแช่แข็ง และการใช้น้ำมันเบนซินในฟาร์มไก่เนื้อ ที่มีสัดส่วนประมาณ 19 และ 12 % ตามลำดับ โดยแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็งนั้นดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การไม่ใช้วัตถุดิบที่มาจากสัตว์ในส่วนผสมของอาหารสัตว์ การนำโปรตีนชนิดอื่น ๆ มาทดแทนบางส่วนของการใช้ถั่วเหลืองในส่วนผสมของอาหารสัตว์ การควบคุมการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมในการเพาะปลูกพืชอาหารสัตว์การควบคุมวิธีการจัดการมูลไก่ในฟาร์มไก่เนื้อนอกจากนั้นการเพิ่มผลผลิตของการปลูกถั่วเหลืองสามารถลดการปล่อยคาร์บอนลงเช่นกัน

4.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสูตรอาหารสัตว์ที่แตกต่างกัน/รูปแบบการอนุรักษ์พลังงานแบบต่าง ๆ ในการแช่แข็ง/การผลิตไก่แบบ organic เปรียบเทียบกับแบบ inorganic

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

6. References

[1] Cheewapunyaroj, R. and Sutameung K., 2011, Influence on trust of Bangkokian on frozen food: case study on consumers in Bangkok, J. Fin. Bank Invest. 1: 128-145. (in Thai)

[2] Petchseechuang, W., 2016, Frozen and Processed Chicken Industry and Business Trend in 2016- 2018, Available source: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/b183a13a-002b-4aa3-8318-ae74566d89b6/IO_Chicken_2016_TH.aspx, July 8, 2018. (in Thai)

[3] Tongpool, R., Phanichavalit, N., Yuvaniyama, C. and Mungcharoen, T., 2012, Improvement of the environmental performance of broiler feeds: A study via life cycle assessment, J. Clean. Prod. 35: 16-24.

[4] Pelletier, N., 2018, Changes in the life cycle environmental footprint of egg production in Canada from 1962 to 2012, J. Clean. Prod. 176: 1144-1153.

[5] Pelletier, N., Barburu, M. and Xin, H., 2013, A carbon footprint analysis of egg production and processing supply chains in the Midwestern United States, J. Clean. Prod. 54: 108-11.

[6] Pelletier, N., 2017, Life cycle assessment of Canadian egg products, with differentiation by hen housing system type, J. Clean. Prod. 152: 167-180.

[7] González-García, S., Gomez-Fernández, Z., Dias, A., Feijoo, G., Moreira, M.T. and M., Arroja, L., 2014, Life cycle assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study, J. Clean. Prod. 74: 125-134.

[8] Suffian, S. A. ,Sidek, A. A., Matsuto, T., Muataz, A.L., Yusof, H. and Abdullah, Z.H., 2018, Greenhouse gas emission of broiler chicken production in Malaysia using life cycle assessment guidelines: A case study, Int. J. Eng. Mat. Manu. 3, 87-97.

[9] Raucci, G.S., Moreira, C.S., Alves, P.A., Mello, FF.C., Almeida Frazão, L. and de Cerri, C., 2015, Greenhouse gas assessment of Brazilian soybean production: A case study of MatoGrosso State, J. Clean. Prod. 96: 418-425.

[10] Patthanaissaranukool, W. and Polprasert, C., 2016, Reducing carbon emissions from soybean cultivation to oil production in Thailand, J. Clean. Prod. 131: 170-178.

[11] Cesari, V. , Zucali, M. , Sandrucci, A. , Tamburini, A., Bava, L. and Toschi, I., 2017, Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a life cycle approach, J. Clean. Prod. 143: 904-911.

[12] Tangtaweevipat, S. and Cheewaissarakul B., 1992, Seasame meal as soybean meal substitute in broiler diets, J. Agric. 11: 27-38. (in Thai)

[13] Baumgartner, D., de Baan, L., Nemecek, T., Pressenda, F. and Crépon, K., 2008, Life cycle assessment of feeding livestock with European grain legumes, pp. 352- 359, Proceedings of the 6th International Conferences on LCA in the Agri- Food Sector, Zurich.