

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์

กรณีศึกษา ฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อในจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

Carbon Footprint Assessment from Methane and Nitrous Oxide Emissions:

A Case Study of a Broiler Farm in Chonburi Province, Thailand

จิรพันธ์ จันฤชัย^{1*} อรุณย์ภัค พิทักษ์พงษ์¹ ชุตติชัย ลิ้มสุภสิน² และ ปพิชญา บุรกีจภาชัย³

Jiraphan Janluechai^{1*} Arunpak Pitakpong¹ Chutichai Limsupasin² and Paphichaya Burakitphachai³

¹สาขาวิชานาฏยสังคีต คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

²สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

³สาขาวิชานาฏยสังคีต คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Program of Environmental Health, School of Public Health, University of Phayao,
Phayao Province, 56000

² Program of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University,
Chonburi Province, 20131

³ Program of Environmental Health, Faculty of Public Health, Naresuan University,
Phitsanulok Province, 65000

*Corresponding author E-mail: 64224738@up.ac.th

Received 29 April 2025, Accepted 16 July 2025, Published 17 July 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทก๊าซมีเทน (CH₄) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) รวมถึงคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากกิจกรรมการจัดการมูลไก่เนื้อที่กักเก็บในโรงเลี้ยง ณ ฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อในจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย การประเมินดำเนินการโดยใช้วิธีการคำนวณตามหลักการของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่า การปลดปล่อย CH₄ มีค่าอยู่ในช่วง 2,576.21 – 2,674.97 kgCH₄ และ N₂O อยู่ในช่วง 2,596.22 – 2,813.88 kgN₂O-N ต่อรุ่น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกองมูลไก่ที่ศึกษา พบว่า N₂O คิดเป็น 91% ในขณะที่ CH₄ คิดเป็น 9% การปลดปล่อย N₂O ที่สูงนี้สอดคล้องกับคุณสมบัติของมูลไก่ที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงและสภาพแวดล้อมภายในกองมูลที่เอื้อต่อการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและเดนนิตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต N₂O นอกจากนี้ การที่ N₂O มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) สูงถึง 298 เท่าของ CO₂ ทำให้การปลดปล่อย N₂O จากกองมูลไก่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพของมนุษย์ ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับองค์กรในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint for Organization, CFO) และใช้ประกอบการขอรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. นอกจากนี้ งานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) ในการประเมินเบื้องต้น และเสนอแนะให้มีการศึกษาในอนาคตเพื่อจัดทำค่า (EF) ที่เฉพาะเจาะจงตามสายพันธุ์ไก่และช่วงเวลาการปลดปล่อย (กลางวันและกลางคืน)

รวมถึงการวัดภาคสนามจริง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินและพัฒนากลยุทธ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์ได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ภาวะโลกร้อน กองมูลไก่ การจัดการมูลสัตว์ ฟาร์มไก่เนื้อ

ABSTRACT

This research aimed to assess methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) emissions and to calculate the organizational carbon footprint from activities related to outdoor poultry litter storage at a broiler farm in Chonburi Province, Thailand. The assessment was conducted using calculation methods based on the principles of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and emission factors from relevant research. The results showed that CH_4 emissions ranged from 2,576.21 – 2,674.97 kg CH_4 per batch, and N_2O emissions ranged from 2,596.22 – 2,813.88 kg N_2O -N per batch. When considering the proportion of total greenhouse gas emissions from the studied poultry litter piles, N_2O accounted for 91%, while CH_4 accounted for 9%. The high N_2O emissions are consistent with the characteristics of poultry litter, which contains a high nitrogen content, and the heterogeneous micro-environments within the litter piles that facilitate both nitrification and denitrification processes, which are key factors in N_2O production. Furthermore, given that N_2O has a Global Warming Potential (GWP) 298 times greater than that of CO_2 , its emission from poultry litter significantly impacts climate change and human health. The findings of this study provide fundamental data for the organization's Carbon Footprint for Organization (CFO) assessment and for obtaining carbon footprint labels in accordance with the requirements of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) or TGO. This research also highlights the utility of emission factors (EF) for preliminary assessments and suggests future studies to develop more specific (EF) based on broiler breeds and emission periods (day and night). Additionally, on-site measurements are recommended to enhance the accuracy of assessments and to develop sustainable strategies for reducing greenhouse gas emissions in the livestock sector.

Keyword: Carbon footprint, Global warming, Poultry manure, Animal Manure Management, Broiler Farm

บทนำ

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมกำลังได้รับความสนใจทั่วโลก ทำให้ประเทศต่าง ๆ เริ่มตระหนักและให้ความสำคัญในการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมีเป้าหมายเพื่อหาวิธีลดผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ หนึ่งในปัญหาสำคัญที่ได้รับ ความสนใจอย่างมากในขณะนี้คือ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ผลจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคอุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีบทบาทสำคัญในการดักจับความร้อนในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้นำไปสู่ผลกระทบด้าน

สิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ภัยแล้ง ฝนตกหนัก ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ทวีความรุนแรง รวมถึงการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (United Nations Environment Programme, 2020)

ภาคการเกษตรเป็นอีกหนึ่งแหล่งสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพน้ำ สุขภาพดิน และองค์ประกอบของอากาศ (Aneja et al., 2009; Wyer et al., 2022) ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศหลักที่เกิดจากการเกษตร ได้แก่ การปลดปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) และก๊าซเรือนกระจก เช่น ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และมีเทน (CH_4) โดยรวมแล้วภาคการเกษตรมีส่วนรับผิดชอบต่อการปลดปล่อย NH_3 มากกว่า 80% ของการปลดปล่อยทั่วโลก (Wyer et al., 2022) การจัดการมูลสัตว์เป็นแหล่งหลักของการปลดปล่อย NH_3 , N_2O และ CH_4 มูลสัตว์จะถูกเก็บในหลายรูปแบบ เช่น การกองในที่โล่งแจ้ง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป โดยเฉพาะในฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ

แม้ว่าการศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมูลสัตว์จะมีการดำเนินการมาบ้าง เช่น การศึกษาในเดนมาร์กที่พบว่า การปลดปล่อยแอมโมเนียจากการจัดการมูลไก่เนื้อคงที่ (Nielsen et al., 2022) และการศึกษาอื่นที่แสดงว่าอุณหภูมิภายในกองเก็บมูลไก่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ (Clemens et al., 2006; Lemes et al., 2023) และความสูงของการกองมูลไก่มีผลต่อการปลดปล่อย CO_2 , CH_4 และ N_2O (Dong et al., 2011) อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาผลลัพธ์จากการศึกษาขนาดเล็กหรือในห้องปฏิบัติการอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากอุณหภูมิและการปลดปล่อยก๊าซในการกองมูลไก่ขนาดเล็กอาจเบี่ยงเบนไปจากสภาพจริงในฟาร์มขนาดใหญ่ได้อย่างมาก การศึกษาการปลดปล่อยจากกองมูลไก่ขนาดใหญ่เผชิญกับความท้าทายทั้งทางปฏิบัติและทางเทคนิค จึงมีการศึกษาน้อยมากที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการปลดปล่อยที่สัมพันธ์กับขนาดกองมูลไก่ในสภาพฟาร์มจริง

ดังนั้น จึงยังคงมีช่องว่างการวิจัย (Research Gap) ที่สำคัญในองค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยเฉพาะจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากการจัดการมูลไก่เนื้อในฟาร์มขนาดใหญ่ภายใต้สภาพการเลี้ยงและภูมิอากาศจริงในประเทศไทย แม้ว่าการผลิตไก่ทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย (Mottet and Tempio, 2017; FAOSTAT, 2024) แต่กลับมีการศึกษาน้อยมากที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากความสัมพันธ์ของขนาดกองมูลไก่ในสภาพฟาร์มจริง (field-scale) การขาดข้อมูลที่แม่นยำในบริบทเฉพาะของประเทศไทยนี้ อาจทำให้การประมาณการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ไม่สะท้อนความเป็นจริง และส่งผลกระทบต่อพัฒนาการลดการปลดปล่อยก๊าซที่ไม่มีประสิทธิภาพ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสามารถประเมินได้จากการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริงหรือจากการวัดและแปลงหน่วยให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 eq) โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี (Global Warming Potential: GWP) ของ IPCC ของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญต่าง ๆ ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (KgCO_2eq) โดยระบุสูตรโมเลกุลและค่า GWP ของแต่ละก๊าซ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถูกใช้เป็นค่าฐานอ้างอิงด้วยค่า GWP เท่ากับ 1 ในขณะที่ก๊าซมีเทน (CH_4) มีค่า GWP อยู่ที่ 28 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) มีค่า GWP อยู่ที่ 265 นอกจากนี้ ตารางยังแสดงค่า GWP ของก๊าซฟลูออรีนต่าง ๆ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาก เช่น เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน ($\text{C}_n\text{F}_{2n+2}$) มีค่า GWP ระหว่าง 7,390-12,200, ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ($\text{C}_n\text{H}_m\text{F}_p$) มีค่า GWP ระหว่าง 124-14,800, ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) มีค่า GWP ที่ 22,800, และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) มีค่า GWP ที่ 16,100 ข้อมูลค่า GWP (IPCC, 2014)

แนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา มีความเสี่ยงสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และอยู่ในอันดับที่ 9 ของประเทศที่มีความเสี่ยงสูง (UNDP, 2022) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยน้อยกว่า 1% ของปริมาณการปล่อยทั่วโลก และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลกเมื่อพิจารณาต่อหัวประชากร ในปี 2561 ภาคพลังงานเป็นส่วนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 69.06 ของการปล่อยมลพิษทั้งหมด ประเทศไทยตั้งเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 30 จากระดับที่คาดการณ์ไว้ภายในปี 2030 และอาจเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40 โดยขึ้นอยู่กับกรอบการสนับสนุนด้านการพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยี แหล่งเงินทุน และการสร้างขีดความสามารถที่เพียงพอและเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ประเทศไทยจะยังคงพยายามอย่างเต็มที่เพื่อบรรลุเป้าหมายระยะยาวของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในปี 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2065

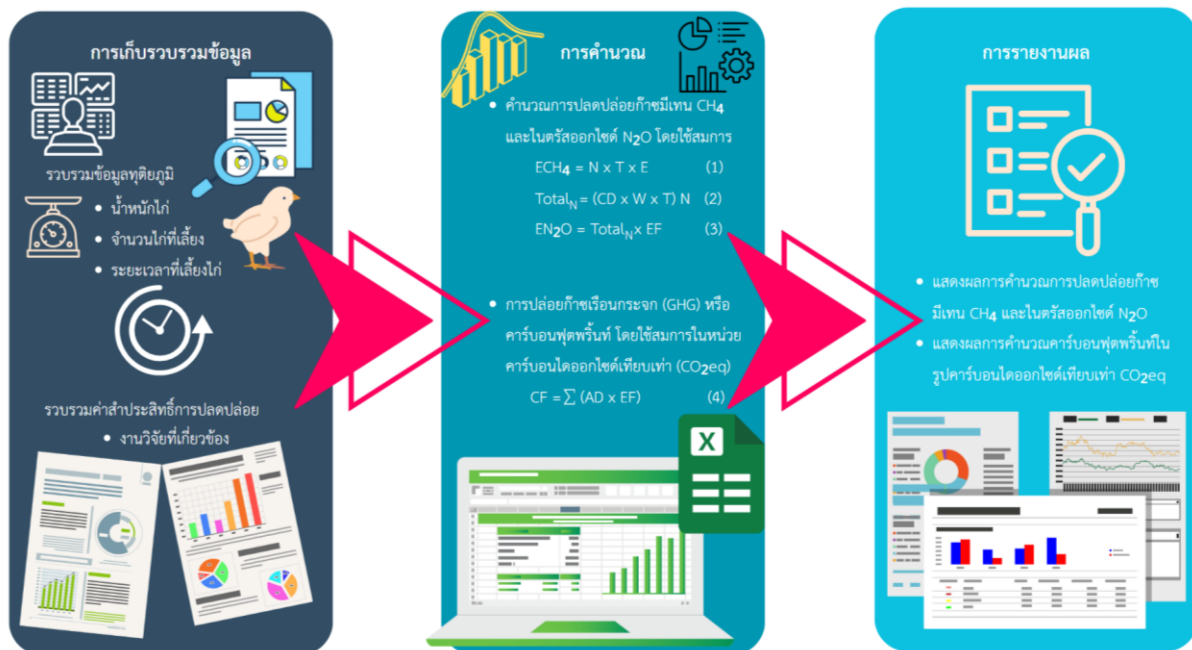
ดังนั้น การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ กรณีศึกษาฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อในจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อประเมินก๊าซมีเทน CH_4 และไนตรัสออกไซด์ N_2O จากกองมูลไก่ ของฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี
- 2) เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรจากกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า CO_2eq

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการหาค่าก๊าซเรือนกระจกจากกองมูลไก่ ก๊าซเรือนกระจกที่ศึกษาและคำนวณได้แก่ ก๊าซมีเทน CH_4 และไนตรัสออกไซด์ N_2O เพื่อนำมาคำนวณค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในหน่วย CO_2eq ของฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยทำการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทน CH_4 และไนตรัสออกไซด์ N_2O จากการจัดการมูลไก่ อีกทั้งสูตรในการคำนวณการปลดปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกองมูลไก่ได้จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกองมูลไก่ และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากฝ่ายบัญชีของฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)	แหล่งที่มา (Source)	แนวทางการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification Approaches)
จำนวนไก่	ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี (Accounting Department Data)	1) เปรียบเทียบกับบันทึกการเลี้ยงประจำวันของฟาร์ม (Farm Daily Logbooks) และบันทึกการรับเข้า-ส่งออกไก่ (Inflow/Outflow Records) เพื่อยืนยันความสอดคล้องของตัวเลข 2) ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลในแต่ละรอบการลงไก่ในเล้าของแต่ละรุ่นตลอดช่วงเวลาศึกษา 3) สัมภาษณ์ผู้จัดการฟาร์มหรือพนักงานที่รับผิดชอบการบันทึกข้อมูลเพื่อยืนยันความถูกต้องของกระบวนการบันทึก
ระยะเวลาในการเลี้ยง	ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี (Accounting Department Data)	1) ตรวจสอบความสอดคล้องกับกำหนดการเลี้ยงไก่ของฟาร์มและบันทึกการเริ่มต้น-สิ้นสุดรอบการผลิตจริง 2) ตรวจสอบว่ามีข้อมูลระยะเวลาเลี้ยงสำหรับทุกรอบการผลิตที่ทำการศึกษา
น้ำหนักไก่	ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี (Accounting Department Data)	1) เปรียบเทียบกับบันทึกการชั่งน้ำหนักไก่สุ่มตัวอย่าง หรือข้อมูลน้ำหนักไก่เฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดรอบการเลี้ยง (Harvest Weight) 2) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของน้ำหนักไก่เทียบกับอายุที่ระบุตามมาตรฐานการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ไก่เนื้อ 3) สอบถามขั้นตอนการบันทึกน้ำหนัก และวิธีการชั่งน้ำหนักที่ใช้ในฟาร์มเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล

1. ขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท CH_4 และ N_2O จากกองมูลไก่เนื้อ ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor, EF) ตามหลักการที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และมีการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล

1.1 การจัดการมูลสัตว์ (กองมูลไก่)

1.1.1 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4)

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) สำหรับแต่ละรุ่นการเลี้ยงคำนวณตามสมการที่ 1 โดยใช้ข้อมูลจำนวนไก่ที่เลี้ยงและระยะเวลาในการเลี้ยงจากข้อมูลทุติยภูมิ และอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยจาก (Zhu, Z. et al., 2020) และ IPCC (2006) ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ ตามสมการที่ (1)

สูตรการหาการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄)

$$E_{CH_4} = N \times T \times EF \quad (1)$$

เมื่อ	E_{CH_4}	คือ การปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH ₄) (kgCH ₄)
	T	คือ ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)
	N	คือ จำนวนไก่ที่เลี้ยง (ตัว)
	EF	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย 0.02 kgCH ₄ /ตัว/ปี (Zhu, Z. et al, 2020; ICPP, 2006)

1.1.2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ดำเนินการเป็นสองขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total_N) ในมูลสัตว์ ในขั้นตอนนี้ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ขับถ่ายออกมาโดยไก่แต่ละรุ่นจะถูกคำนวณ โดยอาศัยข้อมูลอัตราการขับถ่ายไนโตรเจน (CD) น้ำหนักไก่เฉลี่ย ระยะเวลาการเลี้ยง และจำนวนไก่ทั้งหมดในแต่ละรุ่น ตามสมการที่ (2)

สูตรการหาการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ N₂O

$$Total_N = (CD \times W \times T) N \quad (2)$$

เมื่อ	Total _N	คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (kgN)
	CD	คือ อัตราการขับถ่ายของไก่ 1.10 kgN/1,000 kg animal mass/วัน
	W	คือ น้ำหนักตัวไก่ (kg/ตัว)
	T	คือ ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)
	N	คือ จำนวนไก่ในการเลี้ยง (ตัว)

ขั้นตอนที่ 2: การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (E_{N₂O}) เมื่อได้ค่า Total_N จากขั้นตอนที่ 1 แล้ว ปริมาณการปลดปล่อย N₂O จะถูกคำนวณโดยการคูณ Total_N ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยที่เหมาะสมตามสมการที่ (3) โดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์จาก Zhu, Z. et al. (2020) และ IPCC (2006)

$$E_{N_2O} = Total_N \times EF \quad (3)$$

เมื่อ	E_{N_2O}	คือ การปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)
	Total _N	คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (kgN)
	EF	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย 0.02 kgN ₂ O-N/kgN (Zhu, Z. et al, 2020; IPCC, 2006)

1.1.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint, CF)

ขั้นตอนสุดท้ายคือการรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง CH₄ และ N₂O จากแต่ละรุ่น แล้วแปลงให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂eq) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและรวมผลได้ การแปลงนี้ทำโดยการคูณปริมาณก๊าซแต่ละชนิดด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ในรอบ 100 ปี ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานจาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) โดยใช้ค่า GWP ของ CH₄ เท่ากับ 28 และ N₂O เท่ากับ 265 ดังแสดงในสมการที่ (4)

สูตรการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF)

$$CF = AD \times EF \quad (4)$$

เมื่อ	CF	คือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO ₂ eq)
	DA	คือ กิจกรรม (ค่าของ E _{CH₄} และ E _{N₂O}) จาก (1) และ (2)
	EF	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีศักยภาพในการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (CH ₄ =28, N ₂ O=265)

2. ข้อจำกัดและความไม่แน่นอนของวิธีการและผลลัพธ์

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณตามค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) มีข้อจำกัดและความไม่แน่นอนบางประการที่ควรพิจารณา ดังนี้

2.1 ความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF Variability): ค่า EF ที่ใช้ในการคำนวณ (0.02 KgCH₄/ตัว/ปี และ 0.02 kgN₂O-N/kgN) เป็นค่ามาตรฐานที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งอาจไม่สะท้อนถึงความผันแปรของปัจจัยเฉพาะถิ่นของฟาร์มที่ศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ชนิดของสายพันธุ์ไก่ที่เลี้ยงโดยละเอียด, รูปแบบการจัดการมูลไก่ที่แตกต่างกัน, อุณหภูมิและความชื้นในสภาพภูมิอากาศจริงของจังหวัดชลบุรีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันหรือฤดู ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีและชีวภาพที่ผลิตก๊าซเรือนกระจก

2.2 ข้อจำกัดของการคำนวณ (N₂O): การคำนวณ N₂O ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ไม่ได้รวมถึงปัจจัยด้านสภาพอากาศบางประการอย่างละเอียด เช่น ผลกระทบโดยตรงของปริมาณฝนหรือความชื้นในอากาศที่อาจส่งผลให้การปลดปล่อย N₂O ลดลงจากค่าที่คำนวณได้ (Kamp and Feilberg, 2024) ซึ่งอาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการประเมินปริมาณ N₂O ที่ปลดปล่อยจริง

2.3 ลักษณะข้อมูลทุติยภูมิ: แม้จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุติยภูมิแล้ว แต่ข้อมูลที่ได้จากบันทึกทางการเงินหรือการจัดการฟาร์มอาจมีรายละเอียดไม่เพียงพอเท่ากับการเก็บข้อมูลปฐมภูมิด้วยเครื่องมือวัดโดยตรงซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของตัวแปรนำเข้าบางตัวในสมการ

2.4 การประเมินเชิงระบบ (System Boundary): การศึกษานี้มุ่งเน้นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลไก่เป็นหลัก ซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยที่สำคัญ แต่ไม่ได้ครอบคลุมแหล่งปลดปล่อยอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในฟาร์มไก่เนื้อ เช่น การผลิตอาหารสัตว์ การใช้พลังงาน หรือการขนส่ง ซึ่งอาจมีส่วนในการก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของฟาร์ม

ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ควรถูกพิจารณาว่าเป็นค่าประมาณการ (estimation) ที่เป็นไปตามหลักการมาตรฐานสากล แต่ยังคงมีความไม่แน่นอนที่เกิดจากความผันแปรของปัจจัยเฉพาะถิ่น ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นของการศึกษาภาคสนามโดยตรงในอนาคตเพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลในบริบทของประเทศไทย

1. ภาพรวมผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ขององค์กร ดำเนินการตามแนวทางการประเมินของ IPCC (2006) โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ในรอบ 100 ปี จาก IPCC (2014) ซึ่งได้แก่ CH_4 เท่ากับ 28 และ N_2O เท่ากับ 265

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ในแต่ละรุ่นการเลี้ยง และคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

รุ่น	ปริมาณการปลดปล่อย (kgCH_4)	ปริมาณการปลดปล่อย ($\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$)	ปริมาณการปลดปล่อยรวม (kgCO_2eq)
1	2,576.21	2,596.22	760,132.18
2	2,637.02	2,975.12	862,243.36
3	2,629.19	3,029.63	876,470.27
4	2,636.77	2,710.18	792,027.26
5	2,567.52	2,556.49	749,360.41
6	2,674.97	2,813.88	820,678.36
รวม	15,721.68	16,681.52	4,860,911.84

2. ผลการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH_4

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH_4 จากข้อมูลไก่ของในแต่ละรุ่น ดังนี้ 2,576.21 kgCH_4 , 2,637.02 kgCH_4 , 2,629.19 kgCH_4 , 2,636.77 kgCH_4 , 2,567.52 kgCH_4 และ 2,674.97 kgCH_4 ตามลำดับ มีการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่า 14–51% ของคาร์บอนอินทรีย์รวม (TOC) ในวัสดุตั้งต้นระหว่างการทำปุ๋ยหมักหรือมูลไก่สามารถถูกปล่อยออกมาในรูปของก๊าซ CH_4 และ CO_2 สู่ชั้นบรรยากาศ (Wang et al., 2015) โดยการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ของมวลคาร์บอนที่สูญเสียไปทั้งหมด ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซ CH_4 อาจคิดเป็นสัดส่วนน้อยกว่า 10% (Hao et al., 2004; Mulbry and Ahn, 2014) อีกทั้งยังมีหลายปัจจัยต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH_4 เช่น ระยะเวลาในการเก็บ (การกองไว้ในโรงเลี้ยง) สภาพภูมิอากาศ (อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น) เป็นต้น (Pardo et al., 2015) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบขององค์ประกอบของกองหมักต่อการปล่อยมีเทน CH_4 ของกองมูลไก่ ในระดับอุตสาหกรรมการเกษตร การเลี้ยงไก่เนื้อ ยังมีอย่างจำกัด

3) ผลการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ N_2O

การคำนวณก๊าซไนตรัสออกไซด์ N_2O จากข้อมูลไก่ของในแต่ละรุ่นดังนี้ 2,596.22 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$, 2,975.12 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$, 3,029.63 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$, 2,710.18 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$, 2,556.49 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$ และ 2,813.88 $\text{kgN}_2\text{O}-\text{N}$ ซึ่งการคำนวณไม่นับปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ N_2O เนื่องจากในภาวะที่มีฝนตกหรือความชื้นในอากาศทำให้การปลดปล่อยอาจลดลงจากการคำนวณ (Kamp and Feilberg, 2024) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดขึ้นตามธรรมชาติในดินผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) โดยไนตริฟิเคชันคือการออกซิเดชันของแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรตในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจน และดีไนตริฟิเคชันคือการลดไนเตรตไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในสภาวะไม่มีออกซิเจน ไนตรัสออกไซด์เป็นสารระหว่างทางที่เกิดปฏิกิริยาของดีไนตริฟิเคชันและเป็นผลพลอยได้จากไนตริฟิเคชันที่รั่วไหลออกจากเซลล์จุลินทรีย์ไปยังดินและในที่สุดก็เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ หนึ่งในปัจจัยหลักที่ควบคุมการเกิดปฏิกิริยานี้คือความพร้อมของไนโตรเจนอินทรีย์ในดิน

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ผลการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากกองมูลไก่ โดยพิจารณาสูตรคำนวณ

ก๊าซเรือนกระจก	มีเทน (CH_4)	ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
สูตรการคำนวณที่ใช้	$E_{\text{CH}_4} = N \times T \times \text{EF} \quad (1)$ โดย $\text{EF} = 0.02 \text{ kgCH}_4/\text{ตัว/ปี}$ (Zhu, Z. et al, 2020; ICPP, 2006)	1) คำนวณปริมาณไนโตรเจนรวม $\text{Total}_N = (\text{CD} \times \text{W} \times \text{T}) \text{ N} \quad (2)$ 2) คำนวณการปลดปล่อย N_2O $E_{\text{N}_2\text{O}} = \text{Total}_N \times \text{EF}$ โดย $E_{\text{N}_2\text{O}} = 0.02 \text{ kgN}_2\text{O-N/kgN}$ (Zhu, Z. et al, 2020; IPCC, 2006)
ปริมาณที่คำนวณได้ (ต่อรุ่น)	- ค่าต่ำสุด: 2,567.52 kgCH_4 - ค่าสูงสุด: 2,674.97 kgCH_4 - ค่าเฉลี่ยโดยประมาณ: 2,620.28 kgCH_4 (จาก 6 รุ่น) - มีการกระจายตัวของค่าใกล้เคียงกันในแต่ละรุ่น	- ค่าต่ำสุด: 2,556.49 $\text{kgN}_2\text{O-N}$ - ค่าสูงสุด: 3,029.63 $\text{kgN}_2\text{O-N}$ - ค่าเฉลี่ยโดยประมาณ: 2,797.42 $\text{kgN}_2\text{O-N}$ (จาก 6 รุ่น) - มีความผันผวนของค่าระหว่างรุ่นมากกว่า CH_4 เล็กน้อย
ตัวแปรหลักที่มีผลต่อผลลัพธ์ (จากสูตร)	- จำนวนไก่ (N) เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการปลดปล่อย - ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) ถูกกำหนดเป็นค่าคงที่	- จำนวนไก่ (N) ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total_N) - น้ำหนักไก่ (W) ยิ่งน้ำหนักมากยิ่งขับถ่ายไนโตรเจนมาก - ระยะเวลาในการเลี้ยง (T) ยิ่งเลี้ยงนานยิ่งขับถ่ายไนโตรเจนมาก - อัตราการขับถ่ายไนโตรเจน (CD) เป็นค่าคงที่ที่กำหนดปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่าย - ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) ถูกกำหนดเป็นค่าคงที่
ข้อสังเกตและข้อจำกัดของการคำนวณ	- การคำนวณใช้ค่า EF คงที่ ซึ่งอาจไม่สะท้อนความผันแปรจริงที่เกิดจากปัจจัยอื่น ๆ - ข้อมูลระบุอายุอนุกรม, ความชื้น, ระยะเวลาการเก็บ, และองค์ประกอบกองมูล เป็นปัจจัยสำคัญ แต่ไม่ได้ถูกรวมในการคำนวณโดยตรงผ่านสูตรนี้ - งานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ว่า CH_4 เป็นสัดส่วนน้อยของคาร์บอนที่สูญเสีย	- การคำนวณไม่ได้รวมปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปลดปล่อย N_2O เช่น ฝนตกหรือความชื้นในอากาศ ซึ่งอาจลดการปลดปล่อยจริง (Kamp and Feilberg, 2024) - ความพร้อมของไนโตรเจนอนินทรีย์ในดิน เป็นปัจจัยควบคุมสำคัญแต่ไม่ได้เป็นตัวแปรในสูตรคำนวณโดยตรง - ค่า EF เป็นค่าคงที่เช่นเดียวกับ CH_4

ก๊าซเรือนกระจก	มีเทน (CH ₄)	ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)
นัยยะสำคัญสำหรับการวิจัยและ คาร์บอนฟุตพริ้นท์	- ความผันผวนของปริมาณการปล่อย CH₄ ที่คำนวณได้ส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างของจำนวนไก่และระยะเวลาเลี้ยงในแต่ละรุ่น - แม้สัดส่วนการปล่อย CH₄ จะน้อย แต่ด้วยค่า GWP ที่ 28 เท่าของ CO₂ การลด CH₄ จึงมีความสำคัญต่อการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวม	- ความผันผวนของ N₂O คำนวณได้จากตัวแปรที่ซับซ้อนกว่า (จำนวนไก่, น้ำหนัก, ระยะเวลา, อัตราขับถ่าย N) - N₂O มีค่า GWP สูงมากที่ 265 เท่าของ CO₂ ทำให้ปริมาณ N₂O ที่ปลดปล่อยมีผลกระทบอย่างมากต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของฟาร์ม และควรเป็นเป้าหมายหลักของการลดการปล่อย

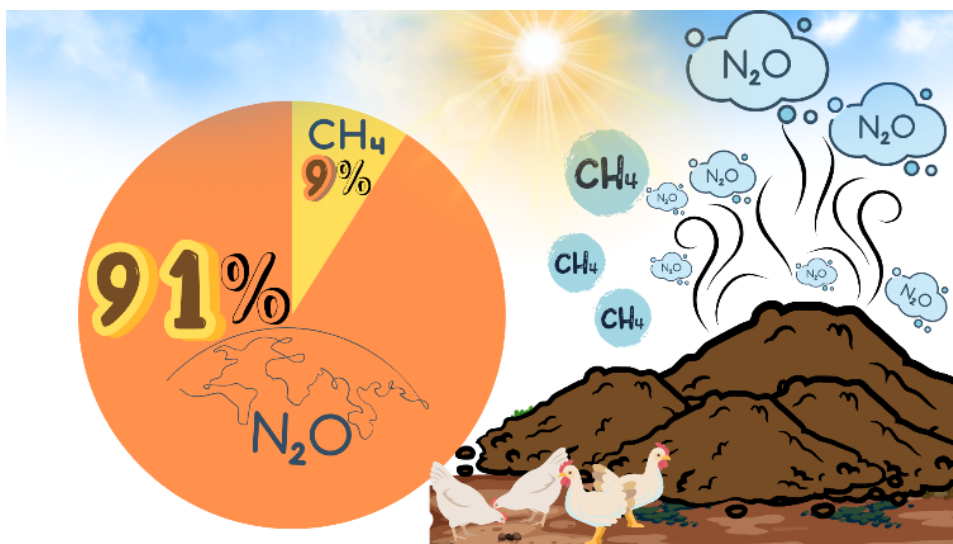
สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยการประเมินการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ และก๊าซไนตรัสออกไซด์ N₂O จากกองมูลไก่ ของฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี การคำนวณใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยตามที่ ICPP (2006) และสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ จากนั้นนำผลสัมฤทธิ์ที่ได้ มารวมกันเพื่อที่จะหาค่าศักยภาพการก่อก๊าซเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า CO₂eq ไก่ที่เลี้ยงทั้งหมดในรอบ 1 ปี คือ 7,550,537 ตัวต่อปี และมีทั้งหมด 6 รุ่นการเลี้ยง โดยรุ่นที่ รุ่นที่ 1 ถึง รุ่นที่ 6 มีจำนวนไก่ 1,237,263 ตัว 1,266,464 ตัว 1,262,704 ตัว 1,266,348 ตัว 1,233,068 ตัว และ 1,284,690 ตัว ตามลำดับ โดยผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ดังนี้

ส่วนที่ 1 การหาค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ มีการปลดปล่อยอยู่ที่ 15,721.68 kgCH₄

ส่วนที่ 2 การหาค่าการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ N₂O มีการปลดปล่อยอยู่ที่ 16,681.52 kgN₂O-N

ส่วนที่ 3 การหาค่าศักยภาพการก่อก๊าซเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า CO₂eq 4,860.911 tCO₂eq

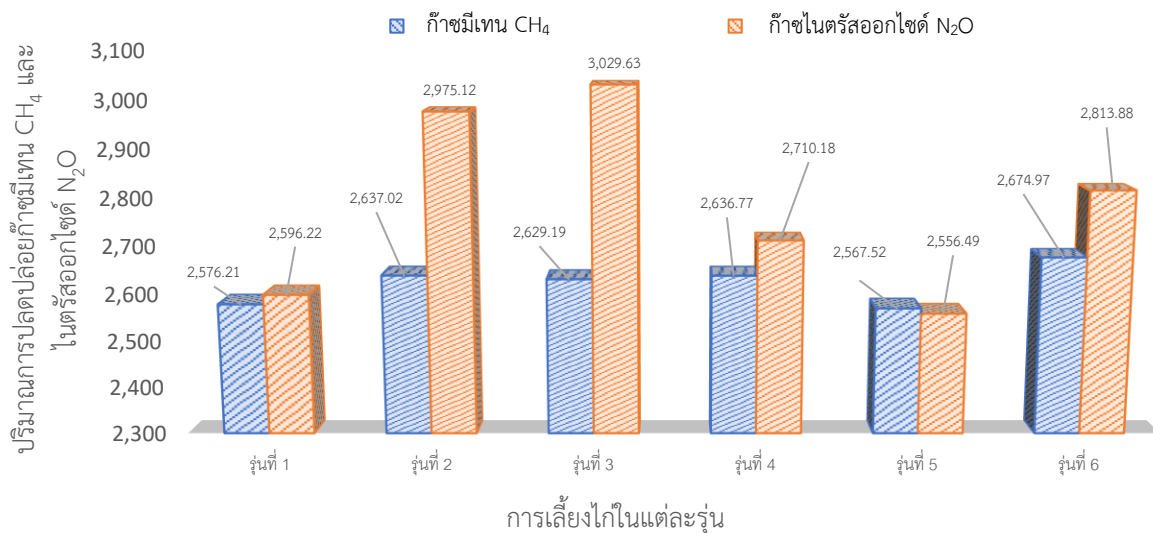


ภาพที่ 2 สัดส่วนของก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์

ซึ่งทำให้เห็นว่ามูลไก่ที่กองไว้ในที่โล่งแจ้งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 4,855.883 tCO₂eq ในการวิจัยนี้เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ และไนตรัสออกไซด์ N₂O เพียงแค่กิจกรรมเดียวเท่านั้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการประเมินก๊าซมีเทน CH₄ และก๊าซไนตรัสออกไซด์ N₂O และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในหน่วยเทียบเท่า CO₂eq ซึ่งการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกองมูลไก่เป็นการศึกษาครั้งแรกขององค์กรแห่งนี้ พบว่าการปลดปล่อย CH₄ มีค่าอยู่ในช่วง 2,576.21 – 2,674.97 kg CH₄ และ N₂O อยู่ในช่วง 2,596.22 – 2,813.88 kg N₂O -N ต่อรุ่นตามลำดับ (ภาพที่ 4) โดยเมื่อพิจารณาสัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกองมูลไก่ที่กองไว้ในที่โล่งแจ้ง โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Zhu et al., 2020) เนื่องด้วยมูลไก่ที่กองไว้ในที่โล่งแจ้งนั้นยังมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ และไนตรัสออกไซด์ N₂O 9% และ 91% ตามลำดับ มูลไก่มีปริมาณไนโตรเจน (N) สูง (3-5% ของน้ำหนักแห้ง) อยู่ในรูปของกรดยูริก (C₅H₄N₄O₃) (40-70%) โปรตีนในอาหารสัตว์ (10-40%) ยูเรีย (CH₄N₂O) (4-12%) และแอมโมเนีย (NH₃) (4-20%) (Bhatnagar et al., 2022) โดยจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาหารและสายพันธุ์ไก่ (Nahm, 2003) เป็นที่ทราบกันดีว่ามูลสัตว์ปีกมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่ามูลสัตว์เคี้ยวเอื้อง การย่อยสลายยูเรีย กระบวนการย่อยสลายยูเรีย (urea hydrolysis) โดยเอนไซม์ urease ที่มีอยู่ในมูลสัตว์ เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการเปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์ให้เป็นแอมโมเนียม (NH₄⁺) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับไนตริฟิเคชัน (Nitrification) การเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออน (NH₄⁺) ไปเป็นแอมโมเนียมไอออน (NH₃⁺) โดยแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจนดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) (ไร้ออกซิเจนบางส่วน) การเปลี่ยน NO₃⁻ ไปเป็น N₂ โดยมี N₂O เป็นสารตัวกลาง ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน ในกองมูลไก่ขนาดใหญ่จะมีสภาพที่ทับซ้อน โดยมีชั้นที่มีออกซิเจน (ด้านบน) และชั้นที่ขาดออกซิเจน (ด้านล่าง) ทำให้เกิดสภาวะที่เอื้อต่อทั้งสองกระบวนการพร้อมกัน และนำไปสู่การปลดปล่อย N₂O สูงสุดในงานวิจัยนี้



ภาพที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ และไนตรัสออกไซด์ N₂O

ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ส่งผลกระทบบต่อสภาพแวดล้อม สภาพเศรษฐกิจรวมถึงสภาพทางสังคม และการทำงานของมนุษย์ เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อการเกิดเหตุการณ์ได้บ่อยมากขึ้น เช่น พายุ อากาศร้อนจัด น้ำท่วม ภัยแล้ง และไฟป่า อันตรายจากสภาพอากาศเหล่านี้ส่งผลต่อสุขภาพทั้งทางตรงและทางอ้อม เพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากโรคไม่ติดต่อ และการแพร่กระจายของโรคติดเชื้อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกำลังส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งปรากฏการณ์ด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นและรุนแรง เช่น ความผันผวนของของอุณหภูมิ การตกของฝนที่แปรปรวน และการระเหยของน้ำทะเลที่สูงขึ้น (WHO, 2023) นอกเหนือไปจากผลกระทบต่อสตรีที่มีครรภ์ในสังคมหลายแห่ง กับความเสี่ยงดังกล่าวแตกต่างกันนั้นเกี่ยวข้องกับแนวทางการดำรงชีพ การตั้งครุฑและการเป็นแม่ทำให้มีความเสี่ยงต่อความร้อน โรคติดเชื้อ การติดเชื้อจากอาหาร และมลพิษทางอากาศมากขึ้น (Arroyo et al., 2016; Ngo and Horton, 2016; Zhang et al., 2017) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะ N_2O ที่มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนสูงถึง 298 เท่าของ CO_2 ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งนำไปสู่ปรากฏการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม รวมถึงประเด็นความเสี่ยงต่อสตรีมีครรภ์ ดังที่ WHO (2023) และงานวิจัยอื่น ๆ ได้เน้นย้ำไว้ ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงตอกย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการจัดการแหล่งปลดปล่อย N_2O จากภาคปศุสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกองมูลไก่ ซึ่งในกรณีนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทน CH_4 และไนตรัสออกไซด์ N_2O ได้โดยการสร้างสิ่งปกคลุมมูลไก่ เช่น หญ้าแห้ง ฟางข้าว หรือแม้กระทั่งสร้างอาคารสถานที่เก็บโดยเฉพาะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kamp J. N. and Feilberg A., 2024) โดยศึกษากองมูลไก่ไว้ในที่กลางแจ้งจากกองมูลไก่เนื้อขนาด 22 ตัน ในระยะเวลา 44 วัน โดยการวัดการปล่อยก๊าซในระดับฟาร์มจากกองมูลไก่ที่มีการคลุมและไม่มีการคลุม โดยใช้วิธีการวัดแบบ Backward Lagrangian Stochastic ผลการศึกษาพบว่า มีรูปแบบการปล่อยก๊าซที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละช่วงเวลาของการวัด โดยการปล่อยก๊าซในช่วงที่มีการคลุมกองมูลไก่อ่ต่ำกว่าช่วงที่ไม่ได้คลุมอย่างมีนัยสำคัญ การลดลงของการปล่อยก๊าซจากการคลุมกองมูลไก่อ่มีค่าอยู่ระหว่าง 92–95% สำหรับ NH_3 , 25–40% สำหรับ CH_4 และ N_2O 82–89% แม้งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาครั้งแรกขององค์กร แต่ก็อาจมีข้อจำกัด เช่น การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (EF) ที่เป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งอาจไม่ได้สะท้อนความผันแปรของปัจจัยเฉพาะถิ่นอย่างเต็มที่ (เช่น ชนิดของไก่ที่เลี้ยงละเอียด การจัดการมูลเฉพาะ สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละวัน/ฤดู) หรือการที่การคำนวณ N_2O ไม่ได้นับรวมปัจจัยความชื้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

1) ค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากกองมูลไก่ที่ประเมินได้ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญประกอบการขอรับรองผลและขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (TGO) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นครั้งแรกขององค์กรในการประเมินแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการมูลไก่ ผลการประเมินนี้จะช่วยให้องค์กรมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และเป็นก้าวแรกที่สำคัญในการกำหนดเป้าหมายและวางแผนกลยุทธ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

2) งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor, EF) ในการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากกิจกรรมการจัดการมูลไก่ โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้

- **ประโยชน์ของค่า Emission Factor (EF):** ค่า EF เป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ซึ่งทำให้การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาอื่น ๆ ได้ นอกจากนี้ การใช้ค่า EF ยังช่วยให้การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ข้อมูลการวัดภาคสนามโดยตรงมีจำกัดหรือไม่สามารถดำเนินการได้ การมีค่า EF ช่วยให้องค์กรสามารถระบุและทำความเข้าใจได้อย่างชัดเจนว่ากิจกรรมใด (ในกรณีนี้คือการจัดการมูลไก่) เป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นที่จำเป็นสำหรับการพิจารณาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซต่อไป

- การนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO): การใช้ค่า EF ที่ได้จากงานวิจัยนี้ร่วมกับข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) เช่น จำนวนไถที่เลี้ยง หรือ ปริมาณมูลไก่ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้องค์กรสามารถคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการจัดการมูล ไก่ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดทำ CFO โดยผลลัพธ์ที่แปลงเป็นหน่วยเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂eq) จะเป็น ข้อมูลเชิงปริมาณที่ใช้ในการจัดทำรายงานการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อวัตถุประสงค์ภายใน (เช่น การติดตามและ ประเมินผล) และภายนอก (เช่น การยื่นขอการรับรองจาก อบก. หรือการเปิดเผยข้อมูลต่อสาธารณะ) ซึ่งเป็นการแสดงความมุ่งมั่น และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กร

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

จัดทำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซมีเทน CH₄ และไนตรัสออกไซด์ N₂O ของแต่ละสายพันธุ์ไก่เนื้อหรือการ พัฒนาค่าสัมประสิทธิ์ที่ยังไม่มีการจัดทำ เช่น การปลดปล่อยในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ข้อมูลจากฝ่ายบัญชีของฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี และ นางสาวปพิชญา บุรกิจภายัย ในการผลักดัน และคอยให้คำแนะนำ ตลอดการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- พรพรรณ โพธิ์ประสิทธิ์, อีริวิทย์ เปี้ยคำภา, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, วิริยา ลุ่งใหญ่ และ เซาร์วิทย์ ระฆังทอง. (2556). การประมาณ ค่าการปลดปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากไก่ไข่ใน 13 ฟาร์ม. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 44 (1) (พิเศษ) 231-234 ค้นจาก https://ansku.files.wordpress.com/2013/04/p09_oral.pdf
- Aneja, V. P., Schlesinger, W. H., and Erisman, J. W. (2009). Effects of agriculture upon the air quality and climate: Research, policy, and regulations. *Environmental Science and Technology*, 43(12), 4234–4240. doi: 10.1021/es8024403
- Bhatnagar, N., Ryan, D., Murphy, R., and Enright, A. M. (2022). A comprehensive review of green policy, anaerobic digestion of animal manure and chicken litter feedstock potential–Global and Irish perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111884. doi: 10.1016/j.rser.2021.111884
- Clemens, J., Trimbom, M., Weiland, P., and Amon, B. (2006). Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112(2–3), 171–177. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.016
- Dong, H., Zhu, Z., Zhou, Z., Xin, H., and Chen, Y. (2011). Greenhouse gas emissions from swine manure stored at different stack heights. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 557–561. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.039
- Food and agriculture organization of the United Nations (FAOSTAT). (2024). *FAO statistical database*. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Hao, X., Chang, C., and Larne, F. (2004). Carbon, Nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*. 33 (1), 37–44. doi: 10.2134/jeq2004.3700

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). **Global Warming of 1.5°C: Summary for Policymakers**. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2014). **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Retrieved from chrome- https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). **Guidelines for national greenhouse gas inventories: Prepared by the national greenhouse gas inventories**. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Jiang, J., Stevenson, D. S., Uwizeye, A., Tempio, G., and Sutton, M. A. (2021). A climate dependent global model of ammonia emissions from chicken farming. **Biogeosciences**, 18(1), 135–158. doi:10.5194/bg-18-135-2021
- Kamp J.N. and Feilberg A., (2024). Covering reduces emissions of ammonia, methane, and nitrous oxide from stockpiled broiler litter. **Biosystems Engineering** 248 (2024) 73–81. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2024.10.002
- Lemes, Y. M., Nyord, T., Feilberg, A., and Kamp, J. N. (2023). Effect of covering deep litter stockpiles on methane and ammonia emissions analyzed by an inverse dispersion method. **Agricultural Science and Technology**, 3(5), 399–412. doi: 10.1021/acsagscitech.2c00289
- Mottet, A., and Tempio, G. (2017). Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. **World's Poultry Science Journal**, 73(2), 245–256. doi: 10.1017/S0043933917000071
- Mulbry, W., and Ahn, H.K., (2014). Greenhouse gas emissions during composting of dairy manure: Influence of the timing of pile mixing on total emissions. **Biosystem Engineering** 126, 117–122. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2014.08.003.
- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkaerne, S., Mikkelsen, M. H., et al. (2022). Denmark's national inventory report 2022. Emission inventories 1990-2020 - submitted under the unitednations framework convention on climate change and the kyoto protocol. Aarhus university, DCE – Danish centre for environment and energy. **Scientific Report** 494, 969.
- Nahm, K. H. (2003). Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. **World's Poultry Science Journal**, 59(1), 77–88. doi: 10.1079/WPS20030004
- Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E. and Del Prado, A. (2015). Gaseous emissions from management of solid waste: A systematic review. **Glob. Chang. Biol.** 21, 1313–1327. doi: 10.1111/gcb.12806
- United Nations Environment Programmer (UNEP). (2020). **Emission Gap Report 2020**. Retrieved from <https://www.unep.org/emissions-gap>
- UNDP. (2022). **Global Climate Promise, Thailand Asia and the Pacific**. Retrieved from <https://climatepromise.undp.org/What-we-do/where-we-work/Thailand>
- Wyer, K. E., Kelleghan, D. B., Blanes-vidal, V., Schauburger, G., and Curran, T. P. (2022). Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health. **Journal of Environmental Management**, 323, Article 116285. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116285>
- World health organization (WHO). (2023). **Climate Change**. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

- Wang, X., Cui, H., Shi, J., Zhao, X., Zhao, Y., and Wei, Z. (2015). Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. **Bioresource Technology**, 198, 395–402. doi: 10.1016/j.biortech.2015.09.041
- Zhu, Z., Li, L., Dong, H., and Wang, Y. (2020). Ammonia and greenhouse gas emissions of different types of livestock and poultry manure during storage. **Transactions of the ASABE**. 63(6): 1723-1733. doi: 10.13031/trans.14079