

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หม่ามูของจังหวัดชัยภูมิ

Carbon Footprint of Mum Moo, Chaiyaphum Case Study

สุรวุฒิ สุดหา*¹ เพชร เพ็งชัย² และ นิดา ชัยมูล²

Surawut Sudha*¹, Asst.Prof.Petch Pengchai² and Nida Chaimool²

¹มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง

อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kham Rieng,
Kantarawichai, Mahasarakham 44150

E-mail: *yimwow@hotmail.com, Tel: +669 182 79710

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแสดงในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม่ามู ซึ่งเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดชัยภูมิ ผู้วิจัยได้แบ่งประเมินตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 6 ขั้นตอน คือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุภัณฑ์ การใช้ผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซาก โดยรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ คิดค้นวิธีการคำนวณ และคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ปัจจัยหลักที่ใช้ในการคำนวณคือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ซึ่งใช้ค่าจากฐานข้อมูลด้านก๊าซเรือนกระจกที่ได้มีการรวบรวมเอาไว้ โดยเป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization : TGO) เป็นต้น ผลที่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์หม่ามู จากการเก็บข้อมูลปฐมภูมิของร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่ายที่เป็นตัวแทนจากแหล่งผลิตหม่ามูที่สำคัญของจังหวัดชัยภูมิจำนวน 5 ราย พบว่า หม่ามูแช่และหม่ามูพอกมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันคือ 8.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ามู 1 กิโลกรัม ขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 3.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ามู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 46.2 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ส่วนหม่ามูที่ใช้ภาชนะบรรจุคือหม้อดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ซม. มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ 36.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ามู 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หม่ามู ซึ่งมีปริมาณรวมมากถึงประมาณ 28.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ามู 1 กิโลกรัมหรือคิดเป็นร้อยละ 78.5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

ABSTRACT

The objective of this study is to determine greenhouse gas emission in terms of carbon footprint for Mum Moo, the famous OTOP food of Chaiyaphum province. The greenhouse gas emission was determined in 6 parts of Mum Moo's life cycle which were raw material acquisition

process, transportation process, production process, packaging process, product usage process, and waste disposal process. The study was proceeded by collecting primary and secondary data, developing calculation method and calculating carbon footprint. Main factors involved in this calculation were emission factors expressed in terms of kg carbon dioxide equivalent per 1 kg of Mum Moo. Secondary data was derived from published worldwide database such as Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO). Five Mum Moo manufacturers were chosen as the representative of Mum Moo factories in Chaiyaphum province. The result revealed that 2 types of Mum Moo i.e., Mum Kor, Mum Pok, had total carbon footprint of 8.2 kg CO₂ equivalent per 1 kg Mum Moo. Comparing to other processes, transportation process dominated largest proportion (46.2%) of the total footprint. Another type of Mum Moo, namely Mum Mor, is the Mum Moo packed in 6-diameter earthenware pots. The carbon footprint of Mum Mor was calculated as 28.8 kg CO₂ equivalent per 1 earthenware pot. In this case, packaging process was the largest contributor accounting for 78.5% of the total footprint.

1. บทนำ

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั่วโลก ที่เห็นได้ชัดคือภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงฉับพลัน เกิดภัยพิบัติที่รุนแรงขึ้นมากมายและต่อเนื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) เป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อนโดยเป็นปรากฏการณ์ที่ความร้อนถูกกักเก็บไว้ในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิในโลกสูงขึ้นมากกว่าปกติ^{[2][3]}ตัวการสำคัญที่ทำให้โลกมีการสะสมความร้อนมากขึ้น คือ ก๊าซเรือนกระจก (GHG) [1] เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) เป็นต้นซึ่งปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ได้แก่ การผลิตสินค้าหรือการบริการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint: CFP) [4] เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งและกระบวนการผลิตโดยจะคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2553) [4] [5] ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นการวัดผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อ

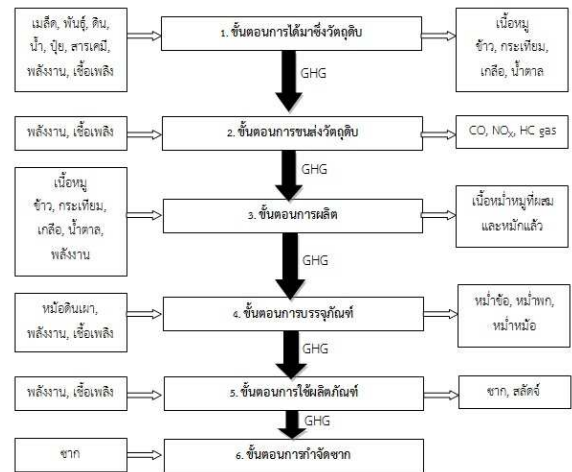
ระบบสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สร้างขึ้นมาจากกิจกรรมนั้นๆ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจะถูกนำมาเทียบให้อยู่ในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำมาใช้สำหรับประเมินว่ากิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่สนใจมีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากน้อยเพียงใดอาหารจัดเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งซึ่งมนุษย์ให้ความสำคัญ เพราะปฏิเสธไม่ได้ว่าทุกคนต้องรับประทานอาหารทุกวัน เป็นที่น่ายินดีว่า ข้าว ซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทยนั้น มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 7.74 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อข้าวหนึ่ง กิโลกรัม (รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, 2554) หมาหมู เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อหมักพื้นบ้านชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคอีสานแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ หม่าซ้อ หม่าพก และหม่าหม้อ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2539) เป็นที่รู้จักดีทั่วไปว่า จังหวัดชัยภูมิ มีชื่อเสียงในการผลิตหม่าออกจำหน่ายเป็นสินค้า OTOP โดยมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์หม่ารวมทั้งจังหวัดมีค่าประมาณ 72 ล้านบาท ในปี 2555 (สุระพงษ์ สวัสดิ์ผล, 2556) โดยมีแหล่งผลิตและจำหน่ายเป็นของฝากระดับ OTOP ที่มีชื่อเสียงของชัยภูมิอยู่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง (ตลาดสดเทศบาลและแหล่งจำหน่าย OTOP ห้าแยกโนนโฮ) อำเภอบ้านเขว้า อำเภอเกษตรสมบูรณ์ และอำเภอแก้งคร้อ แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์หม่าหมู

ผู้เขียนได้เล็งเห็นความสำคัญของหม่าหมู และการทราบค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตหม่าหมู จึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หม่าหมูทั้งปริมาณรวมและปริมาณแยกตามขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบว่าแต่ละขั้นตอนมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่าใด และสามารถวิเคราะห์หาแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 ขอบเขตของงานวิจัย

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้ประเมินด้วยหลักการของ Life Cycle Assessment (LCA) [6] รวมถึง PAS 2050 (BSI, 2008; Sinden 2009) ของผลิตภัณฑ์หม่าหมูที่ต้องการศึกษาโดยวิเคราะห์ใน 6 ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนการกำจัดซาก ส่วนขั้นตอนการกระจายสินค้าและการขนส่งซากจะไม่นำมาคิดในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีความไม่แน่นอนสูงในพฤติกรรมและวิธีการกระจายสินค้า สินค้าหม่าหมูชัยภูมิมีผู้มาซื้อเป็นจำนวนมากในแต่ละปี แต่ก็เป็นผู้ซื้อที่เดินทางมาจากภูมิลำเนาที่แตกต่างกันไป อีกทั้งยังเดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดชัยภูมิในช่วงเวลาที่ไม่แน่นอน จึงทำให้ไม่สามารถประเมินระยะทางหรือช่วงเวลาในการกระจายสินค้าได้ นอกจากนี้ด้วยเหตุผลเดียวกัน เมื่อผู้ซื้อได้นำสินค้าไปบริโภคที่ภูมิลำเนาของตนเองแล้ว แต่ละพื้นที่ก็มีระยะทางในการขนส่งซากไปยังแหล่งกำจัดแตกต่างกันไป จึงไม่สามารถประเมินระยะทางขนส่งซากที่แน่นอนได้ในงานวิจัยนี้ขอบเขตการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงขอบเขตการศึกษาหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม่าหมูในงานวิจัยนี้

ส่วนประเภทของหม่าหมูที่สนใจและนำมาวิเคราะห์จะครอบคลุมทั้ง 3 ประเภท คือ หม่าซ้อ หม่าพก และหม่าหม้อดังแสดงในภาพที่ 2



รูปที่ 2 หม่าหมูจำแนกตามชนิด ได้แก่

(ก) หม่าซ้อ (ข) หม่าพก และ (ค) หม่าหม้อ [10] [11] [12]

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์หม่าหมูเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านในแต่ละพื้นที่ละแวกเดียวกันก็จะมีสูตรคล้ายคลึงกัน เนื่องจากเป็นสูตรที่คิดค้นกันขึ้นในครอบครัว ชุมชน เพื่อนบ้านมาตั้งแต่ในอดีต แต่เมื่อพื้นที่ต่างกัน สูตรก็แตกต่างกันออกไป ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกร้านค้าผู้ผลิตหม่าหมูที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีชื่อเสียงในการผลิตและจำหน่ายหม่าหมูที่สำคัญของจังหวัดชัยภูมิจำนวน 5 พื้นที่ เพื่อให้ครอบคลุมสูตรหม่าหมูทั้งหมดที่มีในจังหวัดชัยภูมิ อันได้แก่ตลาดสดเทศบาลเมืองชัยภูมิ อ.เมือง จำนวน 1 ร้าน ห้าแยกโนนไฮ-เมืองเก่า อ.เมือง จำนวน 1 ร้าน อำเภอบ้านเขว้า จำนวน 1 ร้าน อำเภอแก้งคร้อจำนวน 1 ร้าน และอำเภอเกษตรสมบูรณ์

จำนวน 1 ร้าน โดยทำการเลือกร้านที่ผลิตและจำหน่ายหม่าหมูครบทั้ง 3 ประเภทและเป็นร้านที่มีสัญลักษณ์การเป็นสินค้า OTOP ของจังหวัดชัยภูมิทั้งหมด โดยข้อมูลในงานวิจัยนี้จะแสดงชื่อร้านทั้งหมดเป็นสัญลักษณ์ภาษาอังกฤษ เช่น A, B, C, D และ E

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้มีการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทั้งสองส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิได้แก่ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่ายหม่าหมูจำนวน 5 ร้าน และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงฐานข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากแหล่งต่างๆ ที่เป็นฐานข้อมูลตีพิมพ์เผยแพร่ที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับสากลทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาทิเช่น ฐานข้อมูลจาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [1] [2] และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (Thailand Greenhouse Gas Management Organization; TGO) [4] เป็นต้นโดยจะรวบรวมข้อมูลค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ในหน่วยของกิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปริมาณหม่าหมู 1 กิโลกรัม

2.4 การคำนวณ CFP

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในทุกขั้นตอนของงานวิจัยนี้ หาได้จากการสมการที่ (1) และ (2)

$$CFP = \sum_{i=1}^n GHG_i \quad (1)$$

$$GHG_i = Activity Data_i \times Emission Factor_i \quad (2)$$

โดยที่

Activity Data คือ มวล หรือ ปริมาตร หรือกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือกิโลเมตร ของกิจกรรมที่สนใจ

Emission Factor คือ ค่าคงที่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมที่ได้จากฐานข้อมูลต่างๆ มีหน่วยเป็น kg CO₂ equivalent per

GHG คือ ปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

I คือ กิจกรรมที่ i

n คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่สนใจ

2.5 หน่วยการวิเคราะห์ (Functional Unit)

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนนั้น จะคำนวณออกมาในหน่วยของ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม ทั้งกรณีหม่าซื้อ หม่าพัก และหม่าหม้อ โดยที่หม่าหม้อนั้น จะเปรียบเทียบเป็น 1 กิโลกรัมของเนื้อหม่าที่บรรจุภายในหม้อ โดยจะไม่รวมน้ำหนักหม้อ (จากการเก็บข้อมูลทั้ง 5 รายหม่าหม้อ 1 หม้อ มีเนื้อหม่าอยู่ 0.25 กิโลกรัม)

3. ผลการวิเคราะห์

3.1 ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ในขั้นตอนนี้วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตหม่าหมูทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ เนื้อหมู ข้าวสาร กระเทียม น้ำตาล และเกลือถูกเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่ายหม่าหมูทั้ง 5 ร้าน โดยตรง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหม่าหมูหนัก 1 กิโลกรัม (หน่วย: กิโลกรัมต่อกิโลกรัมหม่าหมู)

วัตถุดิบ	A	B	C	D	E
เนื้อหมู	0.690	0.810	0.700	0.720	0.740
กระเทียม	0.120	0.100	0.120	0.140	0.130
ข้าว	0.028	0.000	0.034	0.040	0.036
เกลือ	0.018	0.000	0.020	0.025	0.022
น้ำตาล	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000
อื่นๆ *	0.144	0.090	0.118	0.075	0.072

หมายเหตุ: * ได้แก่ ตับ ม้าม ใส้ กระเพาะปัสสาวะหมู

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหม่าหมูในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมหม่าหมู) [4] [8] [9]

วัตถุดิบ	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
เนื้อหมู	2.47	3.08	2.32	2.74	2.81
กระเทียม	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
ข้าว	0.50	0.00	1.32	1.55	1.39

วัตถุดิบ	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
เกลือ	0.01	0.00	0.46	0.08	0.07
น้ำตาล	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
รวม	2.99	3.09	2.38	4.39	4.30

เห็นได้ว่าวัตถุดิบสองชนิด ได้แก่ เนื้อหมูและข้าวมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ส่วนร้านค้าผู้ผลิตหม่าหมูที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงสุดคือร้าน D และ E เนื่องจากมีสัดส่วนปริมาณวัตถุดิบเนื้อหมูและข้าวมากกว่าร้านอื่น

3.2 ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตวัตถุดิบในข้อ 3.1มายังร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่ายหม่าหมูทั้ง 5 ราย จากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้ผลิตหม่าหมูเป็นผู้เดินทางไปจัดซื้อวัตถุดิบเองถึงแหล่งที่วางขาย ในการเก็บข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลระยะทางการเดินทางจริงจากร้านที่ผลิตไปยังแหล่งจำหน่ายสินค้าวัตถุดิบแต่ละชนิด และชนิดของพาหนะจริงที่ใช้ในแต่ละราย โดยผู้ผลิตทั้ง 5 รายใช้ยานพาหนะประเภทเดียวกันคือรถบรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก 1.5 ตัน บรรทุกแต่ละครั้งประมาณที่ 50% ของขนาดบรรจุของรถ ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงคือน้ำมันดีเซลทั้งหมด จำนวนทั้งขาไปและขากลับได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบจากร้านค้าผู้ผลิตหม่าไปยังแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบแต่ละชนิด แยกตามร้านค้าผู้ผลิตหม่า แสดงเป็นระยะทางแบบไป-กลับ

ร้านค้า	ระยะทางไปกลับ (กิโลเมตร)				
	A	B	C	D	E
เนื้อหมู	2.0	4.0	12.0	1.4	1.0
กระเทียม	12.0	-	0.2	15.0	2.0
ข้าว	2.0	4.0	0.2	80.0	80.0
เกลือ	2.0	-	0.2	80.0	80.0
น้ำตาล	-	-	0.2	-	-

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหม่าหมูในขั้นตอนของการขนส่งวัตถุดิบ (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมหม่าหมู) [4]

วัตถุดิบ	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
เนื้อหมู	0.05	0.04	0.15	0.04	0.03
กระเทียม	0.05	0.04	0.03	1.55	1.39
ข้าว	0.30	0.00	0.03	0.76	0.06
เกลือ	0.02	0.00	0.03	4.25	4.38
น้ำตาล	0.00	0.00	0.03	4.33	4.45
รวม	0.42	0.08	0.27	9.37	8.91

จากตารางที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า เกลือและน้ำตาลของร้านค้า D และ E มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เนื่องจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดทั้งสองร้านค่านั้นมีระยะทางการขนส่งไกลมากกว่าร้านอื่นมาก จากการสัมภาษณ์ พบว่า เป็นระยะทางที่มาซื้อวัตถุดิบไกลจากอำเภอเกษตรสมบูรณ์มายังอำเภอเมืองเป็นระยะทางกว่า 80 กิโลเมตร ในขณะที่ร้านอื่นที่เหลือซื้อวัตถุดิบดังกล่าวจากแหล่งที่ใกล้ร้านของตนเอง

3.3 ขั้นตอนการผลิต

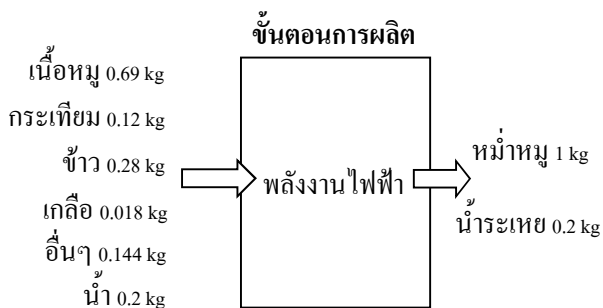
ในขั้นตอนการผลิตหม่าหมูนั้น จะเป็นการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตหม่าหมูจากวัตถุดิบที่ได้มาจากข้อ 3.1 และ 3.2 แล้ว จากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้ผลิตหม่าหมูมีขั้นตอนการผลิตอยู่ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบขั้นตอนการผสมขั้นตอนการหมัก ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหม่าหมูในขั้นตอนของการผลิตหม่าหมู (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมหม่าหมู)[4] [10]

ขั้นตอน	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
1. ล้าง	0.002	0.007	0.005	0.009	0.009
2. เตรียม	0.019	0.017	0.062	0.030	0.030
3. ผสม	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ขั้นตอน	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
4. หมัก	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวม	0.021	0.024	0.067	0.039	0.039

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ประกอบไปด้วย การบด/สับวัตถุดิบเนื้อหมูและกระดูกที่ต้องใช้เครื่องบดไฟฟ้า และรวมการหุงข้าวด้วย จึงเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากกว่าขั้นตอนอื่นๆ ในการผลิต ส่วนขั้นตอนการผสมนั้นเป็นการผสมด้วยแรงงานคน จึงไม่มีการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการหมักนั้น งานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานการหมักเนื้อหมูแบบมีเชื้อจุลินทรีย์ที่หมักให้ได้กรดแลกติกแบบทั่วไป ไม่ได้พิจารณาการปนเปื้อนแบบอื่นๆ ได้ข้อสรุปกระบวนการที่ไม่เกิดก๊าซเรือนกระจก (ไชยวัฒน์ นพแก้ว, 2553) จึงไม่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการหมักในรูปแบบที่ 3 แสดงตัวอย่าง Mass Balance ส่วนหนึ่งในขั้นตอนการผลิตของร้าน A



รูปที่ 3 แผนผัง Mass Balance ของร้าน A ในขั้นตอนการผลิต

3.4 ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์จะเป็นการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของหม้าหมูที่พิจารณาการบรรจุหม้าในหม้อดินเป็นหลัก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากจากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตหม้อดินที่ผู้ผลิตหม้าซื้อโดยตรงจำนวน 2 แห่ง คือ อำเภอด่านเกวียน จังหวัด

นครราชสีมา และหมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาทุ่งหลวง จังหวัดสุโขทัย รวมถึงจากข้อมูลทฤษฎีภูมิจากคู่มือการทำเครื่องปั้นดินเผา ของศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ พบว่า การผลิตหม้อดินเผาขนาด 6 ซม.ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ของหม้าหมู มีขั้นตอนการผลิตอยู่ 2 ขั้นตอนหลัก คือ การผลิตหม้อดิน และการขนส่งมายังร้านค้าผู้ผลิตหม้าหมู ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรวมแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหม้าหมูในขั้นตอนของการบรรจุภัณฑ์หม้าหมู (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อดิน) [4]

ขั้นตอน	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
ผลิต	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54
ขนส่ง	1.80	1.27	1.29	1.99	1.97
หม้อ 1 ใบ	7.34	6.81	6.83	7.53	7.51
ปริมาณรวมเมื่อเปรียบเทียบกับหม้าหมู 1 กิโลกรัม					
รวม	29.37	27.24	27.31	30.10	30.03

จากตารางที่ 6 พบว่า ในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หม้อดินเผาของหม้าหมูหม้อนั้น การผลิตหม้อปั้นดินเผามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปลดปล่อยออกมามากกว่าการขนส่งมาก เนื่องจาก การผลิตหม้อปั้นดินเผามีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนหลายรายการในแต่ละขั้นตอน เช่น เครื่องนวดดิน เครื่องรีดน้ำ เครื่องนวดดิน เป็นหมุนขึ้นรูป เป็นต้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของร้าน D และ E มีค่าสูงกว่าร้านอื่น เพราะมีระยะทางการขนส่งหม้อดินไกลกว่าร้านอื่นมากนอกจากนี้ในการผลิตหม้อดิน ยังมีการเผาในเตาที่ต้องมีการใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาเป็นจำนวนมากในแต่ละครั้งที่ผลิต จึงส่งผลให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงมากขึ้นตามไปด้วย

3.5 ขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์นั้น เป็นขั้นตอนในการบริโภคหม้าหมูซึ่งมี 2 วิธีการบริโภค คือ กินแบบดิบ และ

กินแบบทำให้สุก เช่น การอบ ย่าง เป็นต้น ซึ่งวิธีการบริโภคด้วยการกินดิบๆ นั้น ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงเพิ่มเติมจึงไม่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ วิธีการบริโภคแบบอบให้สุกนั้นเป็นวิธีการที่นิยมสำหรับผู้บริโภคโดยทั่วไปที่นิยมซื้อทานที่บ้านหรือนำไปเป็นของฝาก ดังนั้น กลุ่มลูกค้าที่ผู้วิจัยมุ่งสนใจจึงเป็นกลุ่มคนระดับกลางที่ซื้อไปบริโภคที่บ้านกับครอบครัว หรือซื้อกลับไปเป็นของฝากสำหรับบุคคลอื่น ดังนั้น วิธีการบริโภคที่สนใจวิเคราะห์ คือ วิธีการอบด้วยเตาอบที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้วิเคราะห์จากเตาอบประเภทฮาโลเจนแบบฝาปิดด้านบน ที่มีวางขายทั่วไปและนิยมใช้ในครัวเรือน ขนาดกำลัง 1,300 วัตต์ อบหม่าปริมาณ 1 กิโลกรัม อบด้วยไฟเต็มกำลัง 1,300 วัตต์ ในระยะเวลาประมาณ 15 นาที จึงสุกพร้อมรับประทาน ได้ผลการวิเคราะห์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ผลิตภัณฑ์หม่าหมูประมาณ 0.73 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม

3.6 ขั้นตอนการกำจัดซาก

หม่าหมูโดยทั่วไปแล้ว จัดเป็นอาหารที่ไม่มีซากเหลือทิ้ง เนื่องจากหม่าหมูเป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีพฤติกรรมผู้บริโภคบางกลุ่มที่นิยมบริโภคเฉพาะเนื้อหม่าหมูเพียงอย่างเดียว ไม่นิยมทานไส้หมูหรือกระเพาะปัสสาวะที่เป็นเปลือกห่อหุ้ม ดังนั้นงานวิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่ขยะที่เหลือจากการบริโภค ได้แก่ ไส้หมู หรือกระเพาะปัสสาวะ ที่เป็นขยะสดประเภทอาหาร (Food/Sludge) แต่ไม่ได้พิจารณา รวมถึงขยะประเภทถุงพลาสติกห่อหุ้ม (เช่น ถุง PE) เนื่องจากมีความไม่แน่นอนในการเลือกใช้ปริมาณ ขนาด และชนิดของถุง ส่วนหม้อดินเผา นั้นเนื่องจากเป็นขยะที่สามารถแตกสลายเป็นวัตถุดินตามธรรมชาติได้โดยปกติ จึงไม่มีการกำจัดในลักษณะอื่นและไม่มีการย่อยสลาย นอกจากนี้ การขนส่งซากยังสถานที่ทิ้งขยะ ก็ไม่ได้รวมในงานวิจัยนี้ เนื่องจากว่าเป็นข้อมูลที่มีขอบเขตกว้างและมีลักษณะของข้อมูลที่ไม่แน่นอนยากในการตั้งสมมติฐาน สรุปผลการวิเคราะห์ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัด

ซากหม่าหมูเท่ากับ 0.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม (เปลือกห่อหุ้มหม่าหมูมีปริมาณ 0.08 กิโลกรัมต่อปริมาณหม่าหมู 1 กิโลกรัมโดยประมาณ)

3.7 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหม่าแต่ละชนิด

จากข้อ 3.1 ถึง 3.6 ได้ผลสรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในตารางที่ 5 กรณีหม่าซ้อ/หม่าพอก และตารางที่ 6 กรณีหม่าหม้อ ส่วนค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนของหม่าหมูทั้ง 3 ชนิดนั้น ได้นำมาพล็อตกราฟดังรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 หม่าที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ หม่าหม้อที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยอยู่ที่ 36.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม ในขณะที่หม่าซ้อและหม่าพอกมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 8.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม สาเหตุที่หม่าหม้อมีปริมาณ สูงแตกต่างกันมากเนื่องจากกระบวนการผลิตหม้อดินเผาเพื่อใช้เป็นพาชนะหม่าหม้อ รวมถึงระยะทางขนส่งหม้อดินมีระยะทางไกลมาก จึงมีการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงเป็นปริมาณสูงตามไปด้วย

สำหรับหม่าซ้อหรือหม่าพอกนั้น ขั้นตอนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณ 3.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 46.47 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม รองลงมา คือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 3.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 46.02 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม ส่วนขั้นตอนที่มี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ขั้นตอนการผลิตซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยเพียง 0.04 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่าหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 0.46 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม สำหรับหม่าหม้อนั้น มีปริมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีปริมาณ

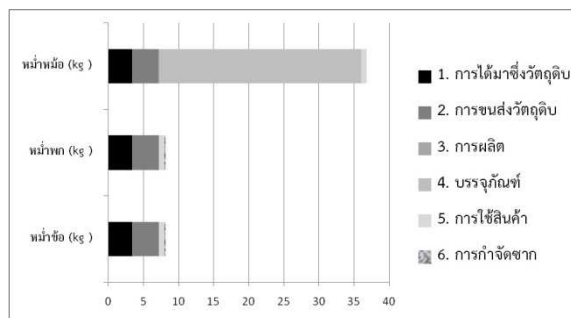
เฉลี่ยมากถึง 28.9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 78.46 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม รองลงมา คือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบที่มีปริมาณการปล่อยเท่ากับหม้อซื้อและหม้อพัก ส่วนขั้นตอนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุด คือ ขั้นตอนการใช้สินค้าที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 1.98 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม

ตารางที่ 7 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหม้อหมูรวมทั้งหมดกรณี หม้อซื้อ/หม้อพัก (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมหม้อหมู)

วัฏจักร	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
วัตถุดิบ	2.99	3.09	2.38	4.39	4.30
ขนส่ง	0.42	0.08	0.27	9.37	8.91
ผลิต	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04
บรรจุ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ใช้สินค้า	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
กำจัด	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
รวม	4.36	4.12	3.40	14.73	14.18
เฉลี่ย	8.16				

ตารางที่ 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของหม้อหมูกรณีหม้อหม้อ (หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมหม้อหมู)

วัฏจักร	ร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่าย				
	A	B	C	D	E
วัตถุดิบ	2.99	3.09	2.38	4.39	4.30
ขนส่ง	0.42	0.08	0.27	9.37	8.91
ผลิต	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04
บรรจุ	29.37	27.24	27.31	30.10	30.03
ใช้สินค้า	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
กำจัด	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
รวม	33.53	31.16	30.51	44.63	44.01
เฉลี่ย	36.77				



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหม้อหมูแต่ละชนิด

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

หม้อซื้อและหม้อพักมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ยเท่ากัน คือ 8.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม ขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 3.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 46.2 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ส่วนหม้อหม้อนั้น มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 36.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หม้อ ซึ่งมีปริมาณรวมมากถึงประมาณ 28.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 78.5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

หากเปลี่ยนชนิดของบรรจุภัณฑ์หม้อหม้อจากหม้อดินเผาเป็นวัสดุอื่นๆ ที่มีการใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่า หรือใช้บรรจุภัณฑ์วัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายง่าย จะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ได้มากถึง 7.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหม้อ 1 หม้อ หรือคิดเป็น 28.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม้อหมู 1 กิโลกรัม อีกแนวทางหนึ่งคือการปรับสัดส่วนวัตถุดิบที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น เนื้อหมูและข้าวให้ลดลง แต่เนื่องจากสินค้าหม้อหมูของชัยภูมิเป็นสินค้า

OTOP ที่มีชื่อเสียง การเปลี่ยนรูปแบบภาษา หรือ เปลี่ยนแปลงสัดส่วน วัตถุดิบย่อมไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ผลิตและผู้บริโภคอย่างแน่นอน แนวทางข้างต้นจึงไม่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง ดังนั้น แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นไปได้มากที่สุดคือการส่งเสริมให้ผู้ผลิตห่อหุ้มเลือกซื้อวัตถุดิบรวมถึงหม้อดินเผาที่เป็นบรรจุภัณฑ์จากแหล่งผลิตที่ใกล้ร้านค้ามากขึ้น หรือเป็นผลิตภัณฑ์ในชุมชนใกล้เคียง จะทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่ง และส่งผลช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากร้านค้าผู้ผลิตและจำหน่ายห่อหุ้มทั้ง 5 ร้าน คณาจารย์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตลอดจนนักวิจัยในสถาบันต่างๆ ที่ได้จัดทำและเผยแพร่ฐานข้อมูล Emission Factor แก่สาธารณชน คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่นของผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, 2006, Japan.
- [2] Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, m., Miller, H.L. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University, United Kingdom and New York, 2007, Chapter 2, Table 2.14.
- [3] IPCC Working Group. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC fifth Assessment Report (AR5), Switzerland, 2013, Chapter 2, Table 2.14.
- [4] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization, TGO), CFP Guideline and Emission Factors Database, Thailand, 2010. Available online at <http://www.tgo.or.th>
- [5] The National Technical Committee on Product Carbon Footprinting (Thailand). The National Guideline on Product Carbon Footprint. Amarin Publishing, 2010, Bangkok, Thailand.
- [6] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA. Available online at <http://www.mtec.or.th/ecodesign2010/>
- [7] Yuttitham, M. Carbon Footprint of Sugar Produced from Sugarcane in Eastern of Thailand. Journal of Cleaner Production, 2011; 19: 2119–2127.
- [8] รัตนาวรรณ มั่งคั่ง. ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว. วิศวกรรมสาร มก., ฉบับที่ 75 ปีที่ 24 มกราคม - มีนาคม 2554, 53–59.
- [9] นพเก้า ไชยวัฒน์. รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาองค์ประกอบของอาหารและสภาวะการหมักที่เหมาะสมในการผลิตกรดแลคติกจากเวย์โดยแบคทีเรียกรดแลคติก. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- [10] ท่องไทยแลนด์ทอคอม. ตลาดเข้ามีกับข้าวแปลกๆ. 2556. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.thongthailand.com/index.php?lite=article&qid=42053747>
- [11] โอเคนชั่น. ตะลุดงหมา. 2550. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.oknation.net/blog/Goojoe/2007/11/17/entry-1>

[12] ชาตรี ทวีนาท และ ธนะ ศุภรวัชรินทร์. หม่าหมุหม้อดินแม่ละม้าย สร้างมูลค่าเพิ่มเป็นสินค้า OTOP กลุ่มสตรีบ้าน
เขว้า จ.ชัยภูมิ. 2556. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา

<http://www.banmuang.co.th/2013/03/%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%B3%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E2%80%A6%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B9%89/>