O-EN07

การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา

Life Cycle Assessment of fish Sausage, A Case study

เจนจิรา เปี่ยมดี* พัชรวรรณ สุขสร้อย และ โชติมา โคตรพัฒน์

หน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 โทร 0-4375-4322 ต่อ 1135 โทรสาร 0-4375-4379

*E-mail : energy_jane@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลกระทบถึงสิ่งแวดล้อมโดยสาเหตุหลักๆ ที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนคือก๊าซเรือนกระจก โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่องทั้งการใช้พลังงานการเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่น ๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นเราจึงได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลิตภัณฑ์อื่นตามท้องตลาด การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันโดยได้เก็บข้อมูลในกรณีศึกษาของโรงงานแห่งหนึ่งที่จังหวัดกาฬสินธุ์ การประเมินผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่นำเสนอข้อมูลในรูปของ $CO_{2\text{-eq}}$ ผลของการศึกษาถูกพบว่า กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับเท่ากับ 0.57 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ของผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการชำแหละที่ได้มาซึ่งเนื้อปลาส่งผลกระทบมากที่สุดคือ 0.49 kg $CO_{2\text{-eq}}$ ส่วนกระบวนการสับผสมส่งผลกระทบน้อยที่สุดที่ 2.2 x10-5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างไส้กรอกปลารมควันและไส้กรอกไก่โมกกี้ที่มีขายตามท้องตลาดถูกพบว่าไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งมีค่ามากกว่าไส้กรอกปลารมควันกว่าร้อยละ 10

คำสำคัญ: ประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA), ไส้กรอก, ผลกระทบสภาวะโลกร้อน

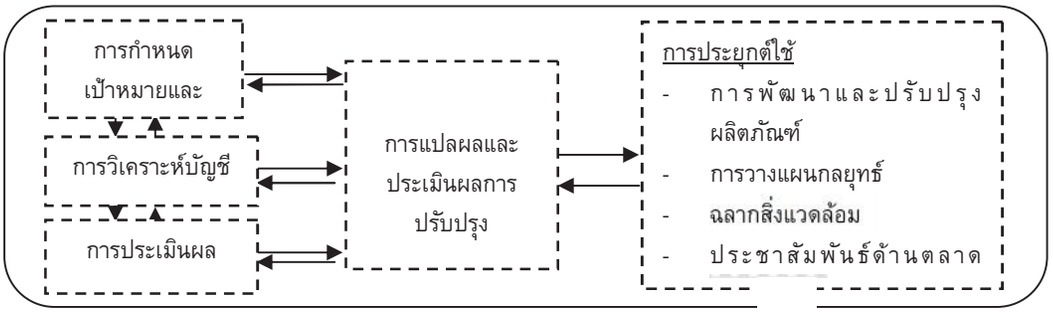
1. บทนำ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลกระทบถึงสิ่งแวดล้อม โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายรูปแบบและยังส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint : CF) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ประโยชน์ของการทำ LCA ถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแง่ อาทิ สามารถนำ LCA ไปใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตว่ากระบวนการใดบ้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการบวนการผลผลิตได้ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปใช้ในการออกแบบทำ Eco-design ตลอดจนทำให้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตไม่ใช่ช่วงใดช่วงหนึ่ง ทำให้สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบทุกด้าน ดังนั้นเราจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรการผลิตไส้กรอกปลารมควันที่ห้างหุ้นส่วนจำกัดแห่งหนึ่งใน จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อนที่นำเสนอในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_{2\text{-eq}}$) และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA นับเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบการแปรรูปวัตถุดิบกระบวนการผลิตการใช้ผลิตภัณฑ์การใช้ซ้ำการบำรุงรักษาหรือการนำกลับมาใช้ใหม่การกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายตลอดจนการขนส่งในทุก ๆขั้นตอนตลอดจนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทำได้โดยการจำแนกชนิด และปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก ที่เกี่ยวข้องกับระบบของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก จะถูกนำมาเชื่อมโยงกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยทำการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณต่อหน่วยหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (Functional unit) ซึ่งพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศน์ และสุขอนามัย เพื่อหาวิธีในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต

3. แนวทางการการศึกษาและประเมิน

3.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขต

เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อคำนวณหาปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยกำหนดหน่วยของการทำงาน (Functional Unit) คือ ไส้กรอกปลากรมควัน 250g/ถุง ขอบเขตของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยจะทำการศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตถึงบรรจุภัณฑ์ และจะไม่รวมค่าผลกระทบอันเนื่องมาจากการได้มาซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันถูกแบ่งออกเป็น 10 กระบวนการคือ ชำแหละ แช่เย็น เตรียมเครื่องปรุงสับผสม ผสม ขึ้นรูปไส้กรอก รมควัน ต้ม ลดอุณหภูมิไส้กรอก และบรรจุภัณฑ์ดังรูปที่ 2

3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ

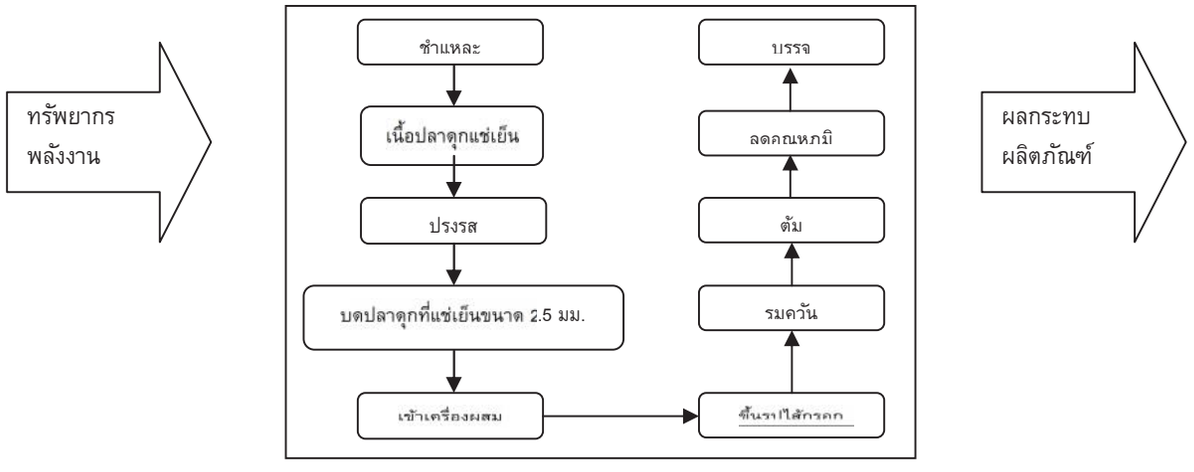
ข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง สารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้มีการจำแนกและกำหนดไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้ ในกรณีที่ระบบผลิตภัณฑ์มีการผลิตผลิตภัณฑ์ข้างเคียง ขั้นตอนนี้ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามและการอ้างอิงข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ สารขาเข้าซึ่งประกอบไปด้วยทรัพยากร พลังงาน ส่วนสารขาออกต้องประกอบไปด้วยมลพิษและผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยให้เก็บข้อมูลทีละขั้นตอนเพื่อสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนได้

3.3 การประเมินผลกระทบ (LCA)

การประเมินผลกระทบโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเพื่อบ่งชี้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(EF) โดยการประเมินถูกนำมาประเมินโดยใช้ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานต่อหน่วยผลผลิต (Emission Factor: EF) เช่น ตลอดวัฏจักรการผลิตไฟฟ้า 1 kWh คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนเท่ากับ 0.6093 $kgCO_2eq$ตัวอย่างค่าค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แสดงได้ดังตารางที่ 1

3.4 การแปลผล

การแปลผล ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมถึงแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



ตารางที่ 1 ค่า EF ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 1 ค่า EF ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

รายการ	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	หมายเหตุ
น้ำประปา	0.7043	Thai national database	การประปาส่วนภูมิภาค
ก๊าซหุงต้ม	0.4232	Thai national database	LPG จากก๊าซธรรมชาติ
เกลือ	0.0052	Thai national database	เกลือสินเธาว์แบบตากลานดิน
ปลา	0.88	Thai national database	เลี้ยงในบ่อดิน
ถุงพลาสติก Polyethylene (PE)	1.5200	LDPE Sheet จาก JEMAI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย	-
ไฟฟ้า	0.6093	Thai national database	Thai Electricity
ชานอ้อย	0.0109	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	โรงผลิตน้ำตาล
เครื่องเทศ	1.0800	Substitute;TGO EF Database, June,2012	-
ไส้คลอลาเจน	2.7297	Highest จากกลุ่มบรรจุภัณฑ์คือถุง PET/LLDPE	-
พริกไทยป่น	0.0682	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	-
น้ำตาลทรายแดง	1.0800	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ฟอสเฟต	6.0400	Sodiumtripolyphosphate; TGO EF Database, June,2012	-
ไขมันปาล์ม	1.06100	Thai national database	-
น้ำแข็ง	0.0421	รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ 2011,หนังสือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร	-
น้ำเสีย	0.625	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)	-

4. ผลการศึกษา

จากการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันทั้ง 10 กระบวนการ คือ กระบวนการชำแหละ กระบวนการแช่เย็น กระบวนการเครื่องปรุง กระบวนการสับผสม กระบวนการผสม กระบวนการขึ้นรูปไส้กรอก กระบวนการรมควัน กระบวนการต้ม กระบวนการลดอุณหภูมิไส้กรอกปลา และกระบวนการบรรจุภัณฑ์ การประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยยึดหลักการตามแนวทางการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก การประมวลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยคิดค่าการปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ต่อไส้กรอกปลา 250 g พร้อมบรรจุภัณฑ์ พบว่าไส้กรอกปลา 250 g จะปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ออกมา 0.57 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ มากที่สุด คือ กระบวนการชำแหละ เพราะมีการใช้วัตถุดิบเป็นปริมาณมากในการผลิตปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.49 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รองลงมาคือ กระบวนการเครื่องปรุง ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.03 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ น้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสม เพราะไม่มีการใช้ทรัพยากรเลย และมีการใช้วัตถุดิบน้อยมาก ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 2.2×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รองลงมา คือ กระบวนการรมควันปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 3.3×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g แต่เมื่อพิจารณาสารขาเข้า ซึ่งประกอบไปด้วย วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารขาออก คือ ของเสีย พบว่ากระบวนการที่ใช้วัตถุดิบมากที่สุด คือ กระบวนการชำแหละปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.49 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้วัตถุดิบน้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสมปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 2.2×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รวมกระบวนการนี้ปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.54 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ใช้ทรัพยากรมากที่สุด คือ กระบวนการบรรจุภัณฑ์ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 8.5×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด กระบวนการรมควันปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 1×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.02 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ กระบวนการแช่เย็นปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4.6×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสมปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4.3×10^{-9} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.01 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ปล่อยของเสียมากที่สุด คือ กระบวนการลดอุณหภูมิปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 1.7×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ปล่อยของเสียน้อยที่สุด คือ กระบวนการชำแหละปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 3.1×10^{-4} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g ดังตารางที่ 2 หากจะพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนส่วนมากอันเนื่องมาจากการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน ดังนั้น ควรเลือกใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่วนพลังงานควรเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานจากพลังงานทดแทนให้สูงขึ้นเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า หากเปรียบเทียบกันแล้ว

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาข้อมูลของบริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ จำกัด ที่ได้ทำการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุต พริ้นของผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกไก่สโมกกี้ 250g ปลดปล่อยค่า $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g มาเปรียบเทียบกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้จากงานวิจัยนี้ ถูกพบว่า การผลิตไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 0.57 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g ในขณะที่ไส้กรอกปลารมควันปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพียง 0.63 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งต่างกัน 10% แสดงว่าไส้กรอกไก่ สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าไส้กรอกปลา

5. สรุป

ประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันโดยได้เก็บข้อมูลในกรณีศึกษาของโรงงานแห่งหนึ่งที่จังหวัดกาฬสินธุ์ กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับเท่ากับ 0.57 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ของผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการชำแหละที่ได้มาซึ่งเนื้อปลาส่งผลกระทบมากที่สุดคือ 0.49 kg $CO_{2\text{-eq}}$ ส่วนกระบวนการสับผสมส่งผลกระทบน้อยที่สุดที่ 2.2 x10-5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างไส้กรอกปลารมควันและไส้กรอกไก่โมกกี้ที่มีขายตามท้องตลาดถูกพบว่าไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งมีค่ามากกว่าไส้กรอกปลารมควันกว่าร้อยละ 10

ตารางที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ต่อ ไส้กรอกปลา 250 g พร้อมบรรจุภัณฑ์

ลำดับ	กระบวนการ	$kgCO_{2\text{-eq}}$/250g				$kgCO_{2\text{-eq}}$/250g
		วัตถุดิบ	ทรัพยากร	พลังงาน	ของเสีย	
1	ชำแหละปลา	0.49	1.1×10^{-3}	-	4×10^{-5}	0.49
2	แช่เย็น	-	-	4.6×10^{-3}	-	4.6×10^{-3}
3	เครื่องปรุง	0.03	-	-	-	0.03
4	สับผสม	2.2×10^{-5}	-	4.3×10^{-9}	-	2.2×10^{-5}
5	ผสม	3.7×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-7}	-	5×10^{-3}
6	ขึ้นรูปไส้กรอก	0.01	-	1.2×10^{-7}	-	0.01
7	รมควัน	-	1×10^{-5}	3.3×10^{-3}	-	3.3×10^{-3}
8	ต้ม	-	2.1×10^{-3}	3.3×10^{-3}	1.4×10^{-3}	6.8×10^{-3}
9	ลดอุณหภูมิ	-	7.5×10^{-3}	-	1.7×10^{-3}	9.2×10^{-3}
10	บรรจุภัณฑ์	-	8.5×10^{-3}	1.2×10^{-7}	-	8.5×10^{-3}
	รวม	**0.54**	**0.02**	**0.01**	**3.1×10^{-3}**	**0.57**

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ และหน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโรงงานไส้กรอกปลารมควัน ที่จังหวัดกาฬสินธุ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. [ออนไลน์]. 20 มิถุนายน 2557 สืบค้นจากhttp://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/products.php?id=1212

[2] สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ; กรุงเทพฯ: 2549.

[3] เจนจิรา พุทธวรชัย. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มกระป๋องโดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2552.

[4] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. [ออนไลน์] .20 มิถุนายน 2557.