

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE

A Carbon footprint assessment of LLDPE water tank

สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์¹* และ ปวีณา แนนกลาง²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัยตำบลสุรนารีอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา 30000

*somsaksi@sut.ac.th, โทรศัพท์ 0-4422-3000 โทรสาร 0-4422-4070

บทคัดย่อ

ปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้มีการพัฒนาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of product) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันนำไปสู่การกระตุ้นให้มีการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลต่อภาพลักษณ์ขององค์กร ในด้านการเป็นผู้นำทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental leadership) การแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate social responsibility) ตลอดจนการสร้างการแข่งขันให้กับแบรนด์สินค้า (Brand enhancement) ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำ จากพลาสติก LLDPE ขนาด 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทรายทะเล ที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิธีหมุน (Rotational molding) โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ แก๊สครั้งที่ 5 (มกราคม 2558) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งจากการศึกษาช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เท่ากับ 70.9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 80.29 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด นอกจากนี้กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานค่อนข้างสูง มีค่าเป็นร้อยละ 71.36 ของขั้นตอนการผลิต ซึ่งผลจากการศึกษาบ่งชี้ว่าควรมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและพัฒนาการใช้วัตถุดิบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

คำหลัก: คาร์บอนฟุตพริ้นท์; ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์; ก๊าซเรือนกระจก; พลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

Abstract

Global warming and climate change are major contributed from increase of greenhouse gases emission. Carbon footprint (CFP) of product was developed to assess greenhouse emission. The CFP was used as tool to stimulate reduction of greenhouse gases emission which reflect on corporate responsibilities; Environmental leadership, Corporate social responsibility and Brand enhancement, etc. Therefore, this research was aimed to assess CFP of LLDPE water tank. The water tank is 2000 dm³, Brand A, sea sand color and produced with rotational molding technique. The CFP assessment was carried out following guideline (5th edition, 2015) from Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The CFP was assessed from raw material gathering, manufacturing and finished goods storage. It was found that CFP of a water tank was 70.9 kg CO₂eq. The highest was raw material gathering 80.29%. It also found that manufacturing processes consumes 71.36% of energy. It was suggested to focus on improvement in raw material and energy efficiency.

AMM-35

Keywords: Carbon Footprint; Carbon Footprint Label; Greenhouse Gases; Plastic LLDPE.

1. บทนำ

ปัจจุบันพบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์อย่างต่อเนื่องทั้งการใช้พลังงานการพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์สิ่งมีชีวิตและนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนดังกล่าวทำให้ประเทศต่างๆทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้มากขึ้น แทนที่จะมุ่งเน้นแต่คุณภาพของตัวสินค้าเพียงอย่างเดียวเหมือนเมื่อก่อน การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of product) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาของผลิตภัณฑ์นั้นๆ อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำพลาสติก ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทรายทะเล ที่ทำจากพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE : Linear low density polyethylene) ของบริษัท ศรีไทย นาโนพลาสติก จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการหมุน (Rotational Molding) ได้แก่ ถังเก็บน้ำพลาสติก ถังแช่ ถังบำบัดน้ำ กรวยจราจรและถังขยะ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าให้มีการลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงอันเป็นการช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้บริษัทสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก เนื่องจากปัจจุบันหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้แล้ว นอกจากนั้นยังช่วยส่งเสริมการแข่งขันทางการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งจะเป็นจุดขายสำคัญนอกเหนือไปจากราคาสินค้าและคุณภาพเพียงเท่านั้นสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจะส่งผลทางด้านภาพลักษณ์ที่ดีและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาที่

ยั่งยืนของประเทศ ทั้งนี้ข้อมูลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังเป็นการเตรียมความพร้อมหากภาครัฐจำเป็นต้องมีรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas reporting) ของผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อใช้เป็นแนวทางบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศและของโลก

2. วิธีการศึกษา

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะดำเนินการตามวิธีการการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) อ้างอิงตามรายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO 14040 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

วัตถุประสงค์ของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้คือเพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันจะนำไปสู่แนวทางการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อมในการจัดทำรายงานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อขอรับรองผลสำหรับติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

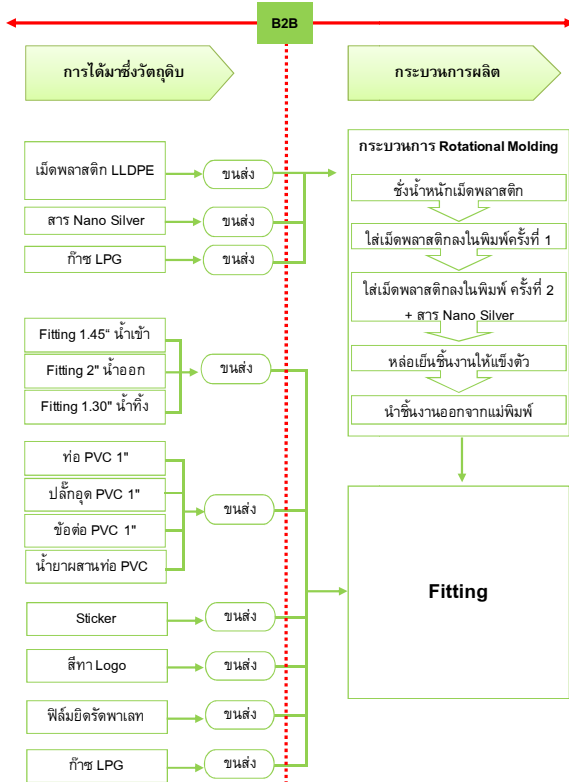
ผลิตภัณฑ์ที่เลือกคือผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำ จากพลาสติก LLDPE สำหรับใช้ตั้งบนพื้นหรือบนอาคารขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทรายทะเล เพื่อเก็บน้ำดื่มใช้ในอาคารบ้านเรือนและที่อยู่อาศัย ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE
Brand A สีทรายทะเล

AMM-35

โดยขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นี้เป็นแบบระหว่างองค์กรธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ (Business-to-Business: B2B) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิตโดยสามารถสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPEภายใต้ขอบเขตการประเมินแบบ B2B

2.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

เป็นการจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory data) ที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า (Inputs) คือ ปริมาณวัตถุดิบและพลังงาน และปริมาณสารขาออก (Outputs) คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์หลัก (Main product) ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจากขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังการไหล (Flow chart) ของกระบวนการผลิตและปริมาณสารขาเข้า สารขาออกของระบบทั้งหมด ซึ่งสามารถจำแนกรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ข้อมูลสารขาเข้า-สารขาออกของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE

2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ทำให้ทราบข้อมูลการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ และรวมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของทุกกระบวนการก็จะได้ออกมาเป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงวิธีการคำนวณดังสมการ

$$CFP = \sum (A_i \times EF_i)$$

เมื่อ

AMM-35

CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

A_i คือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม i (หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EF_i คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละกิจกรรม i (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

2.4 การแปลผลการศึกษา

เป็นการแปลผลการศึกษาจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตนั้นๆ ทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด และทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถชี้ชัดลงไปได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการ

เปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง ณ จุดนั้นๆ เพื่อให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

3. ผลการศึกษา

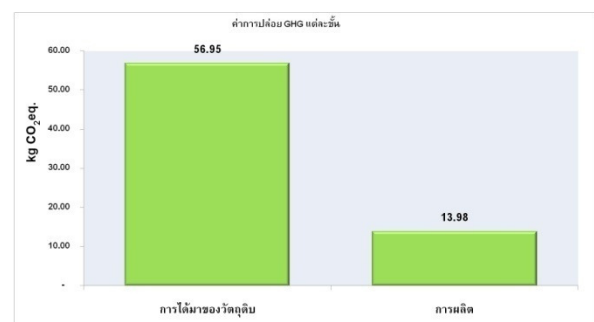
จากการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบ การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การใช้พลังงานในกระบวนการผลิต รวมถึงวัสดุช่วยในการผลิตของผลิตภัณฑ์ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2558 เนื่องจากบริษัทได้เริ่มดำเนินกิจกรรมการผลิตตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2557 โดยดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากบริษัท ศรีไทย นาโนพลาสติก จำกัด โดยแสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำ จากพลาสติก LLDPE ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทราายทะเล แยกรายขั้นตอน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำ จากพลาสติก LLDPE ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทราายทะเล

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์, kg CO ₂ / Functional Unit			สัดส่วน (%)
	ผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE			
	การได้มา และการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร	การขนส่งวัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร	ผลรวม	
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	55.6165	1.3371	56.9536	80.29
การผลิต	13.9784	0.0029	13.9812	19.71
รวม	65.5949	1.3400	70.9348	100

4. อภิปรายผล

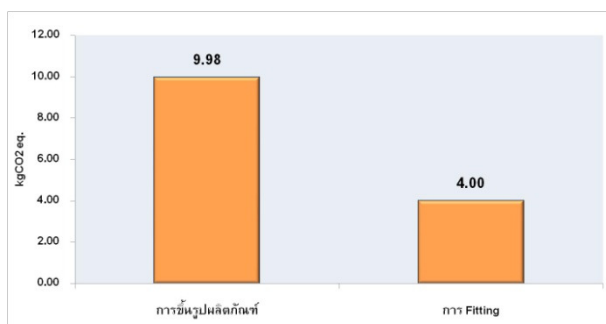
ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทราายทะเล แสดงดังรูปที่ 4



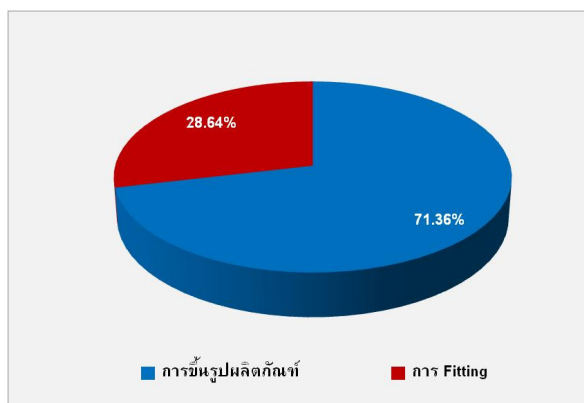
รูปที่ 4 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทราายทะเล

AMM-35

ซึ่งจากการศึกษาพบว่าช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิตจนถึงการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เท่ากับ 70.9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 80.29 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด นอกจากนี้กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการ Rotational molding มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานค่อนข้างสูง มีค่าเป็นร้อยละ 71.36 ของขั้นตอนการผลิต



รูปที่ 5 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE



รูปที่ 6 สัดส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE

5. สรุปผล

จากการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถึงเก็บน้ำจากพลาสติก LLDPE ขนาดความจุ 2,000 ลูกบาศก์เดซิเมตร Brand A สีทรายทะเล พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นหลัก นอกจากนี้ขั้นตอนการผลิต ยังมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานค่อนข้างสูงอันเนื่องมาจากการใช้

พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการขึ้นรูปแบบ Rotation Molding ดังนั้นจึงควรพิจารณาหาแนวทางการจัดการเพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและใช้พลังงาน อย่างไรก็ตามในการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ยังมีข้อจำกัดของความล่าช้าในการเก็บข้อมูลโดยละเอียด เนื่องจากต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แท้จริงและนำไปสู่การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ที่จะแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถนำผลลัพธ์ไปวางแผนจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทอื่นๆ ให้มีคุณภาพดีขึ้นต่อไป สำหรับผู้ประกอบการทั่วไปการนำ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” มาใช้เป็นเครื่องมือการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และบริการขององค์กร นอกจากจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนทางด้านการผลิตและต้นทุนด้านพลังงานอีกด้วย ในขณะเดียวกันองค์กรธุรกิจจะสามารถเล็งเห็นถึงการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ผ่านฉลากคาร์บอน ซึ่งเป็นการแสดงความจริงจังและในการพยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และย่อมส่งผลดีต่อภาพลักษณ์ขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นความเป็นผู้นำทางด้านสิ่งแวดล้อมการแสดง ความรับผิดชอบต่อสังคมตลอดจนเป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับตราสินค้าได้เป็นอย่างดีทั้งนี้ในการเตรียมความพร้อมควรมีการพัฒนาองค์ความรู้ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมรวมทั้งบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิตเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินการตามความต้องการของตลาดในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบริษัท ศรีไทย นาโนพลาสติก จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่องานอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนในการศึกษาในครั้งนี้

AMM-35

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), พิมพ์ครั้งที่ 5. (มกราคม 2558), แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, กรุงเทพฯ
- [2] กรมโรงงานอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม (2556). LCI-LCA แนวปฏิบัติในการจัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย. กรุงเทพฯ. โครงการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์: LCA ภายใต้ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มศักยภาพด้านเทคโนโลยีการผลิตสิ่งแวดล้อม (ความปลอดภัยและประหยัดพลังงานสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร)
- [3] กรมโรงงานอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม (2553). แนวปฏิบัติในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง. กรุงเทพฯ. โครงการการจัดทำคู่มือข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCI-LCA).
- [4] บรรเลง ศรีนิล (2546). เทคโนโลยีพลาสติก (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [5] พิชิตเลี่ยมพัฒน์ (2539). พลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ: ห.จ.ก. ป.สัมพันธ์พาณิชย์.
- [6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2558). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 5 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.tgo.or.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/04/2558.
- [7] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2558). พลาสติก, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.th.wikipedia.org>, เข้าดูเมื่อวันที่ 22/04/2558.