การปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อมุ่งสู่ความยั่งยืน โดยวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา การผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก โพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์

Process Improvement of Plastic Product to Strive for Sustainability by Carbon Footprint for Product Calculation Method A Case Study of The Production Container Product Polypropylene Size 22 oz.

สุวัสส์ แพ่งธีระสุขมัย, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล, ปริญญ์ บุญกนิษฐ, สหรัตน์ วงษ์ศิรษะ
suwat.tat@gmail.com, natworapol@yahoo.com, pboonkanit@gmail.com,saharat_w@hotmail.com
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนพิบูลย์สงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างยิ่งเครื่องมือหนึ่งที่จะสามารถช่วยให้ผู้ประกอบการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Greenhouse Gas)ได้อย่างถูกต้อง และช่วยประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคสนใจเรื่องการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากยิ่งขึ้นผ่านฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Label) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์(Carbon Footprint for Product) ที่เกิดขึ้นของภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภท โพลีโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง(Thermoforming) โดยนำวิธีการหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ จากรูปแบบการคำนวณของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand Greenhouse Gas Management Organization ; TGO) และนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาปรับปรุง ระบบการผลิต ระบบการจัดซื้อจัดจ้าง ระบบการขนส่ง เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่า ภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภท โพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 29.63 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งผลการคำนวณที่ได้นำไปใช้เป็นแนวทางในปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตใหม่ (Redesign)เพื่อลดจำนวนวัตถุดิบหลักคือ เม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในกระบวนการผลิต รวมถึงของเสีย(waste)ให้ลดลง แต่ยังคงความแข็งแรงไว้ซึ่งการใช้งาน หลังการปรับปรุงและการพัฒนาทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 25.26 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและต้นทุนการผลิตลดลงจากเดิม 10% ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีระบบห่วงโซ่อุปทานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น (Green Supply Chain) และนำไปสู่อุตสาหกรรมการผลิตที่ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจก; คาร์บอนฟุตพริ้นท์; ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์; พลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน; อุตสาหกรรมการผลิตที่ยั่งยืน

ABTRACT

Carbon footprint is an environmental tool which is important and can help organizations to accurately analyze their greenhouse gas emissions. It will also help increasing consumer awareness about through the carbon footprint label. Therefore, this study aimed to calculate the carbon footprint for the product made of poly propylene (PP) plastics packaging container, size 22 oz forming by thermoforming process using carbon footprint of product calculation method from Thailand greenhouse gas management Organization (TGO). The results of the calculations will then be used to improve procurement systems and transportation systems as well as reduce emissions effectively. The results of the study showed that the 22 oz Poly propylene thermoforming plastic packing contain carbon footprint for product of 29.63 grams carbon dioxide equivalent. The calculated results were used as guidelines in redesigning new product and production processes in order to reduce the number of major poly propylene raw material which is the primary factor in this product carbon footprint. Using less raw materials will also result in reducing wastes in productionprocess, while the product durability is still maintained. The improvement result in carbon footprint for product reduced to 25.26 grams carbon dioxide equivalent and production costs reduction of 10% which will support the packaging industry, and it's supply chain to become more environmentally friendly (Green Supply Chain) and finally lead to sustainable manufacturing industry.

Key word: Greenhouse Gas; Carbon Footprint; Carbon Footprint Label; Plastic Poly – Propylene; Sustainable Manufacturing

1.บทนำ

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกเป็นผลกระทบที่เกิดจาก สภาวะเรือนกระจก ซึ่งสภาวะนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงของชั้นก๊าซบางๆ ในบรรยากาศชั้นบนของโลกที่เรียกว่า "ก๊าซเรือนกระจก" ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนสำคัญ ชั้นก๊าซบางๆ นี้มีคุณสมบัติโปร่งใส และยอมให้รังสีจากดวงอาทิตย์ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ เมื่อรังสีกระทบกับผิวของโลกก็จะเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อนส่งผ่านกลับออกไปสู่บรรยากาศ แต่ในครั้งนี้ก๊าซชั้นบางๆจะไม่ยอมปล่อยให้รังสีคลื่นยาวทะลุผ่านไปได้ทั้งหมดแต่จะดูดรังสีความร้อนไว้บางส่วน และบางส่วนสะท้อนกลับมายังพื้นโลก ในอดีตบรรยากาศโลกมีความอบอุ่นที่พอเหมาะสำหรับการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตต่างๆ แต่ในปัจจุบันพบว่า กระบวนการรับและส่งกลับรังสีความร้อนในชั้นบรรยากาศดังกล่าวกำลังเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การผลิตและใช้พลังงานโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ทำให้การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก และส่งผลกระทบต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีผลต่อปริมาณความร้อนถูกสะท้อนกลับเข้ามาที่ผิวโลกมากขึ้นทุกๆปี ทำให้อุณหภูมิบรรยากาศโลกโดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสม [1] ปัจจุบันพลังงานหลักที่ใช้ในโลกอุตสาหกรรมเป็นเชื้อเพลิงที่มาจากฟอสซิล ซึ่งเชื้อเพลิงชนิดนี้จะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และหมดไปในที่สุด จากบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในรายงานแห่งชาติครั้งที่สอง ปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศ (National Total Emission) มีค่า เท่ากับ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีทั้งส่วนที่เป็นปริมาณจากแหล่ง ปล่อย (Emission by Sources) และปริมาณที่เกิดจากการดูดกลับ (Removal by Sink) โดยปริมาณที่ปล่อยออกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 277.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และค่าดูดกลับมีค่าเท่ากับ 50.22 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การปล่อยจาก ภาคพลังงานมากที่สุดเท่ากับ 159.4 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมา คือภาคการเกษตร 51.88 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม 16.4 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และภาคของเสีย 9.3 ล้าน ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ สามารถดูดกลับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 7.90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า [2] จากผลการวิจัยวิเคราะห์การตลาดแสดงมูลค่าทางการตลาดในภาคส่วนอุตสาหกรรมของพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน

(Polypropylene, PP) ของโลกจะมีมูลค่าถึง 155,000 ล้านเหรียญภายในปี 2562 ซึ่งถือว่ามีการเติบโตอย่างมาก ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมที่สำคัญในการซื้อ พลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน คือผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งความต้องการของตลาดคิดเป็น 50%

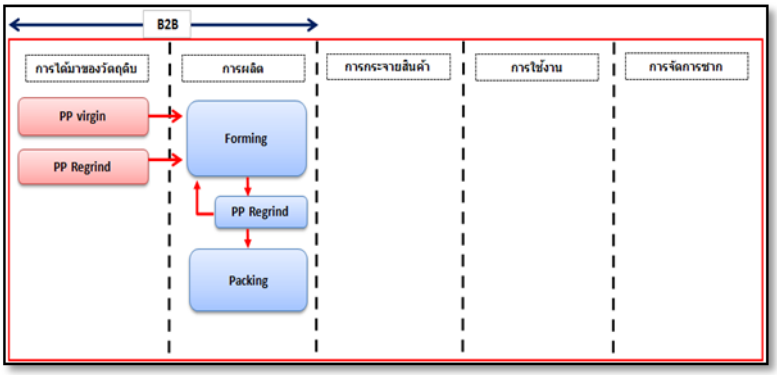
ของตลาดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน [4] จากข้อมูลทำให้มีการคาดการณ์การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยอาศัยการเจริญเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมของทั้งประเทศมีอัตราการเพิ่มขึ้นระหว่างปี 2010-2030 อยู่ระหว่างร้อยละ 3.4 ถึง 4.75 ต่อปี ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในอีก10ปีข้างหน้า(ปี 2020) หากไม่มีมาตรการข้อเสนอเชิงนโยบายและการเจรจาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มเป็น 498 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นเท่าครึ่งของปริมาณที่ปล่อยในปี 2010และในอีก 20 ปีข้างหน้าจะเพิ่มเป็นสองเท่าของปริมาณการปล่อยในปี 2010 (715 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) [1] หากเราสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปัญหาต่างๆด้านสิ่งแวดล้อมและภัยจากธรรมชาติจะลดลงมากกว่านี้ และจะช่วยลดความสูญเสียได้มากขึ้นอีกด้วยดังนั้นการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดปัญหาและหาวิธีแก้ไขย่อมเป็นแนวทางที่ผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม ในฐานะผู้ผลิต ภาคบริการใน ฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภคที่จะร่วมกันลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศและโลก จากปัญหาดังกล่าว จึงเกิดความตระหนักที่จะทำการแก้ไขปัญหา โดยใช้วิธีการประเมินและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม ในบทความนี้ได้เริ่มจากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ประกอบด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการขนส่งของผู้ส่งมอบ (Supplier), การได้มาซึ่งวัตถุดิบ, กระบวนการผลิต และการใช้พลังงานในการผลิต โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิต ให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่ลดลง

2.วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้มีการดำเนินการตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่งโดยพิจารณาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของการขนส่ง , การได้มาซึ่งวัตถุดิบ , กระบวนการผลิต และการใช้พลังงาน พิจารณากระบวนการผลิตในรูปแบบ B2B (Business-to-Business) เท่านั้น โดยขอบเขตการศึกษาพิจารณา สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 1

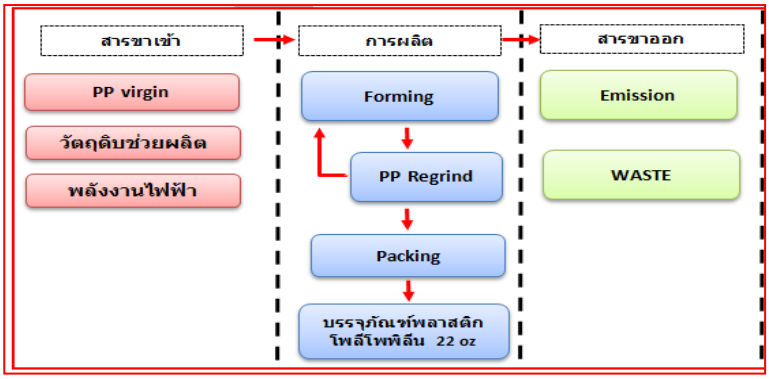


ภาพที่ 1 : การพิจารณาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รูปแบบ B2B (Business-to-Business)

2.2 การวิเคราะห์และทำบัญชีรายการ

การวิเคราะห์และทำบัญชีรายการ เป็นการรวบรวมข้อมูล โดยอ้างอิงข้อมูลจากอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยการรวบรวมข้อมูลของการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยการเผาผลาญเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ กระบวนการผลิต การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร การบรรจุภาชนะสำเร็จรูป จากนั้นจัดทำ สมดุลมวล (Mass Balance) ของบรรจุภัณฑ์พลาสติกโพลีโพพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่งซึ่งเป็นการสรุปข้อมูล ระหว่างจำนวนของ

วัตถุดิบที่ใช้ไปทั้งหมด เปรียบเทียบกับของเสียและปริมาณผลผลิตที่ได้จริงซึ่งเกิดจากการใช้วัตถุดิบ โดยข้อมูลจะสามารถบ่งบอกถึงจำนวนน้ำหนักต่อหน่วยของวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้ในการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็น ถ้วยเปื้อนน้ำมัน ของเสียในรูปของเศษพลาสติกโพลีโพพิลีน (สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้) เศษพลาสติกโพลีโพพิลีนที่มีการปนเปื้อน ก้อนของเสีย วัสดุช่วยผลิตในกระบวนการ และค่าพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 : แสดงสมดุลมวล (Mass Balance) ของภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกโพลีโพพิลีน
ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการการให้ความร้อน

2.3 การประเมินผลกระทบ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ทำให้ทราบถึงข้อมูลการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก บางอย่างมีผลกระทบน้อย ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถช่วยในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการจึงต้องมีการประเมินผลกระทบ ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน โดยการจำแนกประเภท การหาขนาดผลกระทบ และการให้สัดส่วน

2.4 การแปรผลการศึกษา

ขั้นตอนการแปรผลการศึกษา เป็นขั้นตอนการประเมินโอกาสที่จะเป็นไปได้ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตนั้นๆ ทำให้ทราบว่ากระบวนการใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและนำมาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตให้มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้มีปริมาณลดลงจากเดิม

3. ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า (Input) และปริมาณสารขาออก (Output) ในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบ , การขึ้นรูปของภาชนะพลาสติก, การบรรจุภาชนะพลาสติกสำเร็จรูป, พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมถึงวัสดุช่วยผลิตของ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 โดยดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกตัวอย่างแห่งหนึ่ง แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นแสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง ก่อนการปรับปรุงแสดงให้เห็นถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต ตัวแปรที่มีปริมาณมากสุดเมื่อทำการเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่นๆคือ เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP VIRGIN) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 28.32 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 95.62 รองลงมาคือ เศษพลาสติกโพลีโพรพิลีนปนเปื้อน มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.48 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 1.64 ถุงพลาสติก (PE) ที่ใช้บรรจุภาชะสำเร็จรูปมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.39 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 1.33 และกระบวนการอื่นๆ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 0.44 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 1.41 ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 : แสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่งก่อนการปรับปรุง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ค่า LCI		ค่า EF (gCO2 eq./ หน่วย)	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ			
การได้มาของวัตถุดิบ	PP virgin	g	9.70585	2.9187	28.3284625	97.82090
	ถุงพลาสติก (PE)	g	0.26000	1.52	0.3952000	1.36466
	กล่องกระดาษ	g	0.13000	0.7243	0.0941590	0.32514
	เทปใส 12mm. X 50 หลา	g	0.02032	3.19	0.0648185	0.22382
	เทปใส 2.5" x 100 หลาใส	g	0.02386	3.19	0.0761134	0.26283
	สติ๊กเกอร์ข้างกล่อง(label)	g	0.00150	0.51	0.0007650	0.00264
		รวม	10.14153		**28.9595185**	100.00000
การผลิต	Electricity (Forming + Grinding)	Kwh	0.00544	0.561	0.0030538	0.45736
	REGRIND GPPS	g	1.81371	0	0.0000000	0.00000
	Alcohol	g	0.00011	1.26	0.0001339	0.02005
	แผ่นสกรีน	g	0.00062	12.3401	0.0076442	1.14485
	โซดาแอช (สารเคมีน้ำหล่อเย็น)	g	0.00000	1.3015	0.0000001	0.00001
	Phosphoric Acid (สารเคมีน้ำหล่อเย็น)	g	0.00000	0.1380	0.0000001	0.00001
	จารบี	g	0.00007	1.0547	0.0000695	0.01041
	เศษผ้า	g	0.00095	2.11	0.0020066	0.30052
	Silicone Lubricant 400 ML	g	0.05432	2.65	0.1439434	21.55782
	Sonax	g	0.00000	0.6157	0.0000005	0.00008

ตารางที่ 1(ต่อ) : แสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่งก่อนการปรับปรุง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ค่า LCI		ค่า EF (gCO2 eq./ หน่วย)	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ			
การผลิต(ต่อ)	น้ำมันหล่อลื่น	g	0.00013	0.6157	0.0000776	0.01163
	ไฟฟ้าจากระบบแสงสว่าง	Kwh	0.00097	0.561	0.0005434	0.08138
	ไฟฟ้าจากระบบลม	Kwh	0.00384	0.561	0.0021534	0.32250
	ไฟฟ้าจากระบบน้ำหล่อเย็น	Kwh	0.00158	0.561	0.0008877	0.13295
	ไฟฟ้าจากระบบระบายอากาศ	Kwh	0.00067	0.561	0.0003768	0.05642
	ไฟฟ้า Forklift	Kwh	0.00002	0.561	0.0000100	0.00150
	WASTE ถ้วยเปื้อนน้ำมัน	g	0.00511	2.32	0.0118623	1.77656
	WASTE Regrind ปนเปื้อน	g	0.21000	2.32	0.4872000	72.96595
	WASTE ก้อนWaste	g	0.69793	0	0.0000000	0.00000
	WASTE แผ่นสกรีนที่ใช้แล้ว	g	0.00062	0	0.0000000	0.00000
	WASTE แกนกระดาษม้วนเล็ก	g	0.00055	2.9300	0.0016075	0.24074
	WASTE แกนกระดาษม้วนใหญ่	g	0.00032	2.9300	0.0009438	0.14135
	WASTE เศษสติ๊กเกอร์	g	0.00100	2.9300	0.0029300	0.43881
	WASTE จารบี	g	0.00007	1.0547	0.0000695	0.01041
	WASTE เศษผ้าปนเปื้อน	g	0.00095	2.0000	0.0019020	0.28486
	WASTE น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	g	0.00013	2.3200	0.0002925	0.04380
					0.6677087	100.00000
					29.6272271	-

ตารางที่ 2 : แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการการให้ความร้อน ก่อนการปรับปรุง

จากตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการ

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO_2 eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO_2 eq.)	ผลรวม (gCO_2 eq.)	สัดส่วน (%)
การได้มาของวัตถุดิบ	28.959518	0.000040	28.959559	97.75
การผลิต	0.667709	0.000016	0.667725	2.25
รวม	29.63	0.000056	29.63	100.00

ได้มา การใช้ประโยชน์ การขนส่งของ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 29.63 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพพิลีน ขึ้นรูปด้วยเทอร์โมฟอร์มมิ่ง ได้นำเสนอแผนการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิต โดยก่อนทำการปรับปรุงพบว่าวัตถุดิบหลักของการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์ คือ เม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีน (PP VIRGIN) ปริมาณที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อหน่วยมีจำนวนเท่ากับ 9.70 กรัมซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดในกระบวนการผลิต รองลงมาคือ ถุงพลาสติก (PE) ที่ใช้บรรจุภาชนะสำเร็จรูปปริมาณที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อหน่วยมีจำนวนเท่ากับ 0.26 กรัม ตามด้วย ของเสียจากกระบวนการผลิตในรูปของเศษพลาสติกโพลีโพพิลีนปนเปื้อน ปริมาณของเสียต่อหน่วยมีจำนวนเท่ากับ 0.21 กรัม และตัวแปรอื่น มีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากข้อมูลดังกล่าวนำมาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยวิธีการออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ (Redesign) ส่งผลให้สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกระบวนการผลิตลดลงตามไปด้วย โดยกำหนดเป้าหมายการใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีน (PP VIRGIN) ในกระบวนการลดลง 15% ซึ่งจะสามารถส่งผลให้ของเสียมีปริมาณลดลงตามไปด้วย และกำหนดให้ถุงพลาสติก (PE) ในการบรรจุภาชนะสำเร็จรูป มีเป้าหมายลดลง 10% จากนั้นเสนอแผนและทำการปรับปรุงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ซึ่งหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นสามารถ แสดงดังตารางที่ 3 โดยหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต และทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อีกครั้งพบว่า เมื่อมีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตตามข้อเสนอแนะ สามารถลดปริมาณวัตถุดิบเม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีน (PP VIRGIN) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ หลังการปรับปรุงมีปริมาณลดลงเหลือ 8.24 กรัม ถุงพลาสติก (PE) ที่ใช้บรรจุภาชนะพลาสติกสำเร็จรูป หลังการปรับปรุงมีปริมาณลดลงเหลือ 0.23 กรัม ของเสียจากกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุงมีปริมาณลดลงเหลือ 0.17 กรัม คิดเป็นสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของทั้งกระบวนการผลิตหลังปรับปรุงเท่ากับ 14.75 %จากการปรับปรุงดังกล่าวให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ลดลงแสดงดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 : แสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการการให้ความร้อน หลังการปรับปรุง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ค่า LCI		ค่า EF (gCO2 eq./ หน่วย)	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ			
การได้มาของวัตถุดิบ	PP virgin	g	8.24997	2.9187	24.0791932	95.31%
	ถุงพลาสติก (PE)	g	0.23400	1.52	0.3556800	1.41%
	กล่องกระดาษ	g	0.13000	0.7243	0.0941590	0.37%
	เทปใส 12mm. X 50 หลา	g	0.02032	3.19	0.0648185	0.26%
	เทปใส 2.5" x 100 หลา	g	0.02386	3.19	0.0761134	0.30%
	สติกเกอร์ข้างกล่อง(label)	g	0.00150	0.51	0.0007650	0.00%
		รวม	8.65965		**24.6707291**	

ตารางที่ 3(ต่อ) : แสดงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง หลังการปรับปรุง

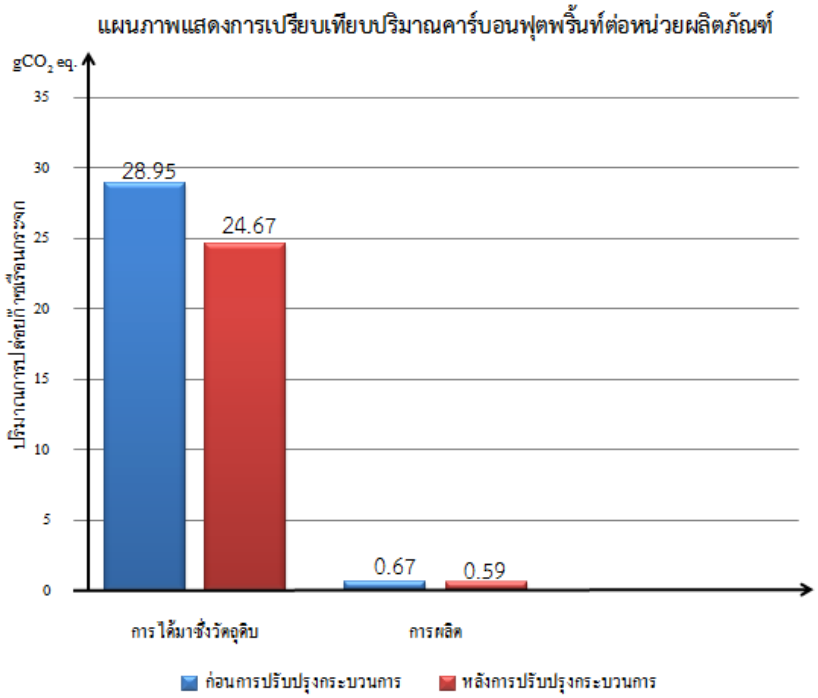
ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ค่า LCI		ค่า EF (gCO2 eq./ หน่วย)	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ			
การผลิต(ต่อ)	Electricity (Forming + Grinding)	Kwh	0.00544	0.561	0.0030538	0.01%
	REGRIND PP	g	1.55763	0	0.0000000	0.00%
	Alcohol	g	0.00011	1.26	0.0001339	0.00%
	แผ่นสกรีน	g	0.00062	12.3401	0.0076442	0.03%
	โซดาแอช (สารเคมีน้ำหล่อเย็น)	g	0.00000	1.3015	0.0000001	0.00%
	Phosphoric Acid (สารเคมีน้ำหล่อเย็น)	g	0.00000	0.1380	0.0000001	0.00%
	จารบี	g	0.00007	1.0547	0.0000695	0.00%
	เศษผ้า	g	0.00095	2.11	0.0020066	0.01%
	Silicone Lubricant 400 ML	g	0.05432	2.65	0.1439434	0.57%
	Sonax	g	0.00000	0.6157	0.0000005	0.00%
	น้ำมันหล่อลื่น	g	0.00013	0.6157	0.0000776	0.00%
	ไฟฟ้าจากระบบแสงสว่าง	Kwh	0.00097	0.561	0.0005434	0.00%
	ไฟฟ้าจากระบบลม	Kwh	0.00384	0.561	0.0021534	0.01%
	ไฟฟ้าจากระบบน้ำหล่อเย็น	Kwh	0.00158	0.561	0.0008877	0.00%
	ไฟฟ้าจากระบบระบายอากาศ	Kwh	0.00067	0.561	0.0003768	0.00%
	ไฟฟ้า Forklift	Kwh	0.00002	0.561	0.0000100	0.00%
	WASTE ถ้วยเปื้อนน้ำมัน	g	0.00435	2.32	0.0100829	0.04%
	WASTE Regrind ปนเปื้อน	g	0.17850	2.32	0.4141200	1.64%
	WASTE ก้อนWaste	g	0.59324	0	0.0000000	0.00%
	WASTE แผ่นสกรีนที่ใช้แล้ว	g	0.00062	0	0.0000000	0.00%
	WASTE แกนกระดาษม้วนเล็ก	g	0.00055	2.9300	0.0016075	0.01%
	WASTE แกนกระดาษม้วนใหญ่	g	0.00032	2.9300	0.0009438	0.00%
	WASTE เศษสติ๊กเกอร์	g	0.00100	2.9300	0.0029300	0.01%
	WASTE จารบี	g	0.00007	1.0547	0.0000695	0.00%
	WASTE เศษผ้าปนเปื้อน	g	0.00095	2.0000	0.0019020	0.01%
	WASTE น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	g	0.00013	2.3200	0.0002925	0.00%
					0.5928493	100.00%
					25.2635784	

ตารางที่ 4 : แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการการให้ความร้อน หลังการปรับปรุง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($gCO_{2\ eq.}$)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (gCO2 eq.)	ผลรวม (kgCO2 eq.)	สัดส่วน
การได้มาของวัตถุดิบ	24.670729	0.00003482	24.670764	97.65
การผลิต	0.592849	0.00000034	0592850	2.35
รวม	25.26	0.000035	25.26	100.00

4. อภิปรายผล

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง นำมาทำการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิตและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 : แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตก่อนและหลังทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณเท่ากับ 28.95 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดลงเหลือเท่ากับ 24.67 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ส่วนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.67 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดลงเหลือเท่ากับ 0.59 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งความแตกต่างของค่าที่แสดงดังในภาพที่ 4 ส่งผลจากการใช้ปริมาณ เม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีน การเลือกใช้วัสดุช่วยผลิตของกระบวนการผลิตซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Emission Factor) ที่มาก อีกทั้งระยะทางการขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบและพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งหากมีการสั่งซื้อวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบที่มีการขนส่งวัตถุดิบหลายต่อหรือสั่งซื้อจากต่างประเทศเข้ามาผลิตจะยิ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลิตภัณฑ์สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำหนดเป้าหมายในการลดลงของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลงได้ตามเป้าหมาย กล่าวคือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 24.67 คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเท่ากับ 14.78% และส่วนการผลิตปริมาณคาร์บอนฟุต พริ้นท์ผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 0.59 คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเท่ากับ 11.94 % โดยการลดลงของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ส่งผลมาจากการลดลงของปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีนในการผลิต นอกจากนี้สามารถทำให้ของเสียมีจำนวนลดลงตามไปด้วย การใช้ถุงพลาสติกที่บรรจุภาชนะสำเร็จรูป ซึ่งจากเดิม 1 ถุงจะมีปริมาณภาชนะสำเร็จรูปทั้งหมด 25 ชิ้น หลังการปรับปรุงกำหนดให้มีการบรรจุภาชนะสำเร็จรูปเพิ่มเป็นจำนวน 28 ชิ้น ซึ่งการเพิ่มจำนวนบรรจุทำให้ต้องมีการสั่งซื้อถุงพลาสติกขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดเดิม แต่ทั้งนี้ก็ยังสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกลงได้ ทางด้านโครงสร้างต้นทุนจะเห็นได้ว่า ต้นทุนหลักจะมาจากวัตถุดิบหลักคือ เม็ดพลาสติกโพลีโพพิลีน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตต้นทุนลดลงเท่ากับ 10 % ซึ่งส่งผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในข้างต้น จากผลการศึกษาดังกล่าว นำมาทำการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทโพลีโพพิลีน ขนาดบรรจุ 13 กรัม หรือ 0.46 ออนซ์ ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่งเช่นเดียวกัน ของบริษัท Total Petrochemicals มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เท่ากับ 45 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า [5] โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภทโพลีโพรพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่าภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกของบริษัท Total Petrochemicals ซึ่งส่งผลมาจากความแตกต่างของการออกแบบปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพพิลีนในกระบวนการผลิต ด้านเครื่องจักรของกระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลที่แตกต่างกัน อีกทั้งระยะทางการขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบที่แตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์มีปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละองค์กร การจัดซื้อจัดจ้างเป็นส่วนที่สำคัญที่จะพิจารณาการจัดสรรผู้ส่งมอบที่มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. สรุปผล

จากการศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประเภท โพลีโพพิลีน ขนาดบรรจุ 22 ออนซ์ ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง ก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ มีปริมาณเท่ากับ 29.63 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต มีปริมาณเท่ากับ 28.95 และ 0.67 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิตลดลงเหลือเท่ากับ 24.67 และ 0.59 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ยังมีข้อจำกัดของความล่าช้าในการเก็บข้อมูลโดยละเอียดเนื่องจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างทำการบันทึกข้อมูลซึ่งจะต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แท้จริงและนำไปสู่การ
ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ที่จะแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถนำผลลัพธ์ไปวางแผนจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทอื่นๆ ให้มีคุณภาพดีขึ้นต่อไปสำหรับผู้ประกอบการทั่วไป การนำ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” มาใช้เป็นเครื่องมือการจัดการคาร์บอนฟุต-

พริ้นท์ผลิตภัณฑ์และบริการขององค์กร นอกจากจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนทางด้านการผลิต และต้นทุนด้านพลังงานอีกด้วย ในขณะเดียวกันองค์กรธุรกิจจะสามารถเล็งเห็นถึง การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ผ่าน“ฉลากคาร์บอน” เป็นการแสดงความจริงจังและในความพยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งย่อมส่งผลดีต่อภาพลักษณ์ขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นความเป็นผู้นำทางด้านสิ่งแวดล้อมการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม ตลอดจนเป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับตราสินค้าได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ในการเตรียมความพร้อม ควรมีการพัฒนาองค์ความรู้ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมรวมทั้งบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิต เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินการตามความต้องการของตลาดในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร. ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล , ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ , ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศิรษะ อาจารย์ประจำหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่กรุณาให้คำปรึกษา รวมทั้งคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงการสละเวลาในการแก้ไขปัญหาต่างๆตลอดจนตรวจแก้ไขงานวิจัยจนเรียบร้อยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์พลาสติกตัวอย่างที่ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชยันต์ ตันติวัสดาการ และ คณะ. (2553). ประเด็นท้าทาย ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการเจรจาของไทย: เรื่องการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศโลก. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[2] รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. (2011). บัญชีก๊าซเรือนกระจก, 4 กันยายน 2555, จากเว็บไซต์ http://www.naomitosy.com

[3] Admin. (2012). สภาวะเรือนกระจก ส่งผลให้โลกร้อน, 4 กันยายน 2555, จากเว็บไซต์ http://www.naomitosy.com

[4] European Plastics News staff. (2012). Global PP market to hit $155bn by 2019, 9 กันยายน 2555, จากเว็บไซต์ http://plastic.oie.go.th

[5] TOTAL PETROCHEMICALS Brussels. (2012). Polypropylene in thermoforming applications, 5 กันยายน 2555, จากเว็บไซต์ http:// www.total.com/EN/total-ecosolutions