การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์: กรณีศึกษากระบวนการผลิตถังพลาสติก

Assessing the Carbon Footprint of Product: A Case Study on the Plastic Bucket Production Process

สรวิศ สุวรรณรงค์[1] และ แววบุญ แย้มแสงสังข์[2*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
E-mail: suwansor@gmail.com*

Sorawit Suwannarong[1] and Weawboon Yamsaengsung[2*]

[1]Graduate Student, School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University
[2]School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University
E-mail: suwansor@gmail.com*

Received 1 May 2025; Revised 25 May 2025
Accepted 7 Aug 2025; Available online 30 Dec 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตถังพลาสติก โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment (LCA) ภายใต้กรอบ Cradle-to-Gate ในรูปแบบ Business-to-Business (B2B) ซึ่งครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงกระบวนการผลิต ผลการศึกษาพบว่าถังพลาสติกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.328 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 ใบ โดยกระบวนการผลิตเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด 54.17% รองลงมาคือกระบวนการได้มาของวัตถุดิบ 45.83% ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การเพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิลและการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิต

คำหลัก: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ถังพลาสติก ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This study aims to evaluate the carbon footprint of Plastic Bucket production. The Life Cycle Assessment (LCA) method was applied using a Cradle-to-Gate framework in a Business-to-Business (B2B) system, encompassing processes from raw material acquisition to manufacturing. The findings revealed that the average greenhouse gas emissions per bucket amounted to 0.328 $kgCO_2e$, with manufacturing identified as the major contributor at 54.17%, followed by raw material acquisition at 45.83%. These results provide actionable insights for reducing environmental impact through strategies such as increasing the use of recycled materials and improving energy efficiency in production processes.

Keywords: Carbon Footprint of Product, Plastic Bucket, Greenhouse Gases

1.บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) ได้กลายเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emissions: GHGs) จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การผลิตในอุตสาหกรรม การใช้พลังงาน และการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติในระยะยาว อุตสาหกรรมพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก [1] เนื่องจากการผลิตและการใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกในปริมาณมากก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายมิติ

ในปัจจุบัน แนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ได้รับความสนใจอย่างมากในภาคอุตสาหกรรม การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ Life Cycle Assessment (LCA) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้อุตสาหกรรมสามารถวิเคราะห์จุดที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (Hotspots) และกำหนดแนวทางลดผลกระทบได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดการใช้พลังงาน ประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ต้องเผชิญกับความท้าทายในการปรับตัวให้สอดคล้องกับเป้าหมายระดับโลก เช่น การบรรลุ Carbon Neutrality ภายในปี 2050 [2]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ถังพลาสติกขนาด 9.3 ลิตร ประกอบด้วยตัวถังที่บริเวณปากถัง มีลักษณะเป็นจงอยและส่วนหูถังประกอบเข้าด้วยกัน โดยกำหนดหน่วยหน้าที่การทำงาน Function Unit (FU) เป็นถังพลาสติก 1 ใบ โดยจะใช้คำว่า “ถังพลาสติก” แทน ถังพลาสติกขนาด 9.3 ลิตร การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรอบ Cradle-to-Gate เพื่อนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกและสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย ถังพลาสติกที่ศึกษาแสดงใน รูปที่ 1

รูปที่ 1 ถังพลาสติก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คำนวณจากรวมผลของ ปริมาณกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมต่างๆ เช่น เชื้อเพลิง วัตถุดิบที่ใช้ คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ของกิจกรรมหรือวัตถุดิบนั้นๆ เพื่อให้ได้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม จากนั้นนำค่าทั้งหมดมารวมกันเพื่อหาผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการทั้งหมด หน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย

$$CO_2 \text{ Emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor} \quad (1)$$

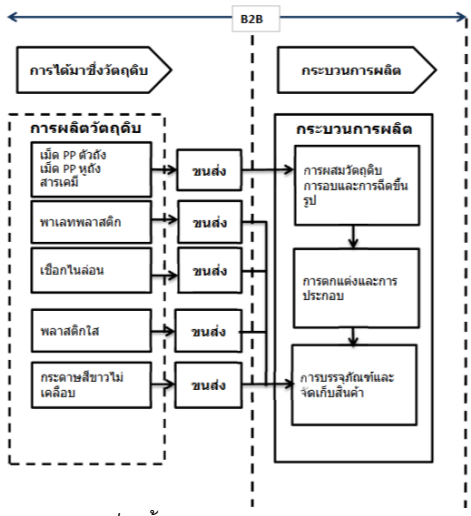
Activity data คือ ปริมาณหรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

Emission factor คือ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการสังเกตและ จดบันทึกข้อมูลการผลิตเป็นตัวเลข เพื่อนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงระเบียบวิธีการประมาณการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล การดำเนินการวิจัยเป็นไปตาม Product Category Rules (PCRs) ด้านบรรจุภัณฑ์พลาสติก [3] โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ควบคู่กับ การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อระบุ จุดที่มีการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (Hotspots) สำหรับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ อ้างอิงจากมาตรฐานและฐานข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ประเทศไทย (TGO) ซึ่งได้รับการยอมรับในระดับสากล เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่แม่นยำและน่าเชื่อถือ ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิต โดยระบุว่าขั้นตอนใดในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด และสามารถใช้เป็นแนวทางในการ ปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การใช้วัสดุรีไซเคิล หรือการลดการใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอน ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวช่วยให้สามารถ กำหนดมาตรการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์พลาสติกได้อย่างเป็นระบบและ ยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตถังพลาสติก

ขั้นตอนการผลิตถังพลาสติกแสดงใน *รูปที่ 2*

4. ผลการศึกษา

4.1 กำหนดเป้าหมายการศึกษา คือ ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก จำนวน 1 ถัง ที่ผลิตโดยบริษัท เพชรสยาม ประเทศไทย จำกัด

4.2 กำหนดขอบเขตการศึกษา คือ ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตถังพลาสติก โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2566 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567

4.3 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม Life Cycle Inventory (LCI) ของถังพลาสติกจำนวน 1 ถัง ตามรูปแบบ Cradle to Gate หรือ B2B ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตถังพลาสติก โดยกระบวนการผลิตประกอบด้วย การเตรียมวัตถุดิบ ฉีดขึ้นรูป การตัดแต่งถัง การประกอบหูถังกับตัวถัง การติดฉลาก การบรรจุถังลงพาเลทพลาสติก จำนวน 2,688 ถัง นำมามัดด้วยเชือก พันด้วยพลาสติกฟิมล์ยืดและจัดเก็บที่คลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบ

ตารางที่ 1 บัญชีรายการวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตถัง

บัญชีรายการวัตถุดิบ	บัญชีรายการต่อ 1 ใบ	ปริมาณ	หน่วย
เม็ดพลาสติก	PP Scrap (ถัง)	0.200	กิโลกรัม
สารเคมี	2 เปอร์เซนต์	4.0	กรัม
กระดาวขาวไม่เคลือบ	กระดาษขาวไม่เคลือบ	1	ชิ้น
แม่พิมพ์ถัง	แม่พิมพ์ถัง	1	ชิ้น
เครื่องฉีดพลาสติก	ขนาด 380 ตัน	35	วินาที
แรงงาน	พนักงาน	2	คน

บัญชีรายการวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตถังพลาสติก แสดงในตารางที่ 1 ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก มีการใช้วัตถุดิบ ได้แก่ เม็ดพลาสติกรีไซเคิล (PP Scrap) และสารเคมี calcium stearate ในอัตราส่วน 2% ของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด กระดาษสีขาวไม่เคลือบสำหรับติดฉลาก แม่พิมพ์ถังพลาสติก เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 380 ตัน และใช้แรงงานคนจำนวน 2 คน ในขั้นตอนนี้ผลิตถังพลาสติกได้ จำนวน 2,688 ถัง จากนั้นจึงนำมาคำนวณและปันส่วนต่อไป

ตารางที่ 2 บัญชีรายการและวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ผลิตหูถัง

บัญชีรายการวัตถุดิบ	บัญชีรายการต่อ 1 ใบ	ปริมาณ	หน่วย
เม็ดพลาสติก	PP Scrap (หู)	0.048	กิโลกรัม
สารเคมี	2 เปอร์เซนต์	0.192	กรัม
แม่พิมพ์หูถัง	แม่พิมพ์หูถัง	1	ชิ้น
เครื่องฉีดพลาสติก	ขนาด 180 ตัน	31	วินาที
แรงงาน	พนักงาน	1	คน

ตารางที่ 3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตถังจงอยพลาสติก ต่อ 1 ใบ ตารางนี้แสดงรายละเอียดการประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ของถังจงอยพลาสติก โดยแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq.$) ต่อ 1 ใบ

ตารางที่ 3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตถังพลาสติก

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการบัญชี	บัญชีข้อมูลวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCI) ปีฐาน มิ.ย.2566-พ.ค.2567			ข้อมูลด้านกิจกรรม			คาร์บอนฟุตพริ้นท์	
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/ FU	ค่า EF $kgCO_2eq.$	ปริมาณ/ หน่วย		$kgCO_2eq.$ /หน่วยผลิตภัณฑ์	
						ถัง2,688 /ใบ	ถัง 1 ใบ	ถัง2,688/ใบ	ถัง 1 ใบ
กระบวนการได้มาของวัตถุดิบ	กระบวนการขึ้นรูป								
	1 เม็ดพลาสติก(ถัง)	kg	656,800	0.206	0.530*	537.60	0.200	143.002	0.106
	2 เม็ดพลาสติก(หูถัง)	kg	56,600	0.018	0.530*	40.32	0.015	10.56	0.008
	3 สารเคมี	kg	24,578.48	0.008	7.580**	11.26	0.004	85.37	0.032
	4 น้ำประปา	m^3	0.37	0.061	0.795***	0.002	0.061	130.32	0.048
	การประกอบ								
	5 เศษพลาสติก	kg	92,610.87	0.0291					
	การบรรจุและจัดเก็บ								
	6 พาเลทพลาสติก	kg	7,429.95	0.002	3.298***	0.82	0.000	2.688	0.001
	7 ฟิล์มพลาสติกยืด	kg	3,266.06	0.001	2.88***	1.292E-07	0.000	2.688	0.001
	8 เชือกไนล่อน	kg	54.48	0.042	9.269***	4.01363E-08	0.000	2.688	0.001
	9 กระดาษสติกเกอร์	kg	661.46	0.000	0.51***	5.27	0.002	2.688	0.001
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ($kgCO_2eq.$ / 1 ใบ)								380.01	0.187
กระบวนการผลิต	1 ไฟฟ้าเครื่องฉีดตัวถัง	kwh	78	2.555	0.5986***	1800kwh	0.0128	20.629	0.0171
	2 ไฟฟ้าเครื่องฉีดหูถัง	kwh	35	2.555	0.5986***	840kwh	0.0286	45.972	0.0077
	3 ไฟฟ้ารถโฟล์คลิฟต์	kwh	3,268	0.001	0.5986***	27.6kwh	0.0003	0.492	0.0002
	4 ไฟฟ้าระบบน้ำหล่อเย็น	kwh	615	2.555	0.5986***	615kwh	0.0016	2.616	0.0009
	5 ไฟฟ้าปั๊มลม	kwh	630	2.555	0.5986***	630kwh	0.0016	2.554	0.0009
	6 ไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	kwh	276	2.555	0.5986***	276kwh	0.0036	5.830	0.0021
	7 ไฟฟ้าระบบระบายอากาศ	kwh	124	2.555	0.5986***	124kwh	0.0081	12.976	0.0048
	8 ของเสียเศษพลาสติก	Kg	95,794.40	0.0301					
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต ($kgCO_2eq.$ / 1 ใบ)								411.00	0.141
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ($kgCO_2eq.$ / 1 ใบ)								769.69	0.328

หมายเหตุ *ค่า EF อ้างอิงจาก The Association of Plastic Recyclers. 2020. Virgin vs. recycled plastic life cycle assessment energy profile and life cycle assessment environmental burdens. December 2018, Table 3-2, 28: https://plasticsrecycling.org/wp-content/uploads/2024/08/2018-APR-LCI-report.pdf

** ค่า EF อ้างอิงจาก Solarte-Toro et al. 2024. Limits for sustainable biosurfactant production: Techno-economic and environmental assessment of a rhamnolipid production process. 25: 101767 (https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101767)

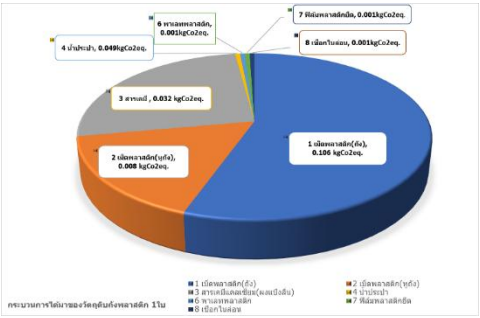
*** ค่า Emission Factor อ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก TGO CFP EF (ก.ค. 2565) แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

บัญชีรายการผลิตหูถังพลาสติก แสดงในตารางที่ 2 โดยวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตหูถังพลาสติก 1 ชิ้น ได้แก่ เม็ดพลาสติกรีไซเคิล PP Scrap สีดำ และสารเคมี calcium stearate อัตราส่วน 2% ของวัตถุดิบ เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 180 ตัน และแรงงาน 1 คน ในกระบวนการผลิต ในขั้นตอนนี้ผลิตหูถังพลาสติกได้ จำนวน 2,688 หู จากนั้นจึงนำมาคำนวณและปันส่วนต่อไป

4.4 ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตถังพลาสติก 1 ใบ แสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถังพลาสติก



รูปที่ 4 สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของได้มาซึ่งวัตถุดิบ

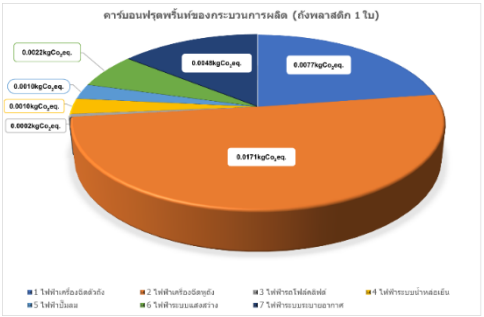
จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตถังพลาสติก 1 ใบ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.328 $kgCO_2eq.$ โดยแบ่งเป็น กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.141 $kgCO_2eq.$ และกระบวนการขึ้นรูป มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.187 $kgCO_2eq.$ โดยกระบวนการขึ้นรูปมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของได้มาซึ่งวัตถุดิบใน กระบวนการฉีดขึ้นรูปถังพลาสติก แสดงในรูปที่ 4

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป วัตถุดิบในการประกอบ และวัตถุดิบวัตถุดิบในการบรรจุและจัดเก็บ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป ได้แก่ เม็ดพลาสติก(ถัง) เม็ดพลาสติก(หู) สารเคมี น้ำประปา วัตถุดิบในการประกอบ ได้แก่ เศษพลาสติก และวัตถุดิบในการบรรจุและจัดเก็บ ได้แก่ พาเลทพลาสติก ฟิล์มพลาสติกยืด เชือกไนล่อน และกระดาษสติกเกอร์

จากผลการศึกษาพบว่า ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.133 $kgCO_2eq.$ ประกอบด้วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก

เม็ดพลาสติก(ถัง) เม็ดพลาสติก(หู) สารเคมี น้ำประปา พาเลทพลาสติก ฟิล์มพลาสติกยืด เชือกไนล่อน และกระดาษสติกเกอร์ มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.053, 0.004, 0.032, 0.048, 0.001, 0.001, 0.001 และ 0.001 $kgCO_2eq.$ ตามลำดับ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ในกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตถังพลาสติก วัตถุดิบเม็ดพลาสติก (ถัง) น้ำประปา และสารเคมี เป็นวัตถุดิบที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 3 ลำดับแรก ในขณะที่ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบในกระบวนการบรรจุและจัดเก็บ ได้แก่ พาเลทพลาสติก ฟิล์มพลาสติกยืด เชือกไนล่อน และกระดาษสติกเกอร์ มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยมาก



รูปที่ 5 สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติก

สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติกแสดงในรูปที่ 5 ในกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติก มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.187 $kgCO_2eq$. ซึ่งในกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติก มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดตัวถัง การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดหูถัง การใช้ไฟฟ้าของรถโฟล์คลิฟต์ การใช้ไฟฟ้าของระบบน้ำหล่อเย็น การใช้ไฟฟ้าของปั๊มลมแขนกล การใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และการใช้ไฟฟ้าของระบบระบายอากาศ

จากการศึกษาพบว่า ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจจาการใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดตัวถังพลาสติก การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดหูถัง การใช้ไฟฟ้าของรถโฟล์คลิฟต์ การใช้ไฟฟ้าของระบบน้ำหล่อเย็น การใช้ไฟฟ้าของปั๊มลมแขนกล การใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง การใช้ไฟฟ้าของระบบระบายอากาศ มีค่าเท่ากับ 0.0171, 0.0077,0.0001, 0.0001, 0.0001, 0.002 และ 0.004 $kgCO_2eq$. ตามลำดับ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ในกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติก การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดตัวถังพลาสติก การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดหูถัง เป็นกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 2 ลำดับแรก ในขณะที่การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องจักรอื่นๆ มีค่าการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Robert M. H. [6] และคณะซึ่งได้ศึกษา LCA ของถังน้ำพลาสติกขนาด 14 ลิตร ที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน ด้วยกระบวนการดันขึ้นรูปและการขึ้นรูปสามมิติ

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถังพลาสติกขนาด 9.3 ลิตร จำนวน 1 ถัง จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตถังพลาสติก 1 ใบ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.328 $kgCO_2eq$. โดยกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.141 $kgCO_2eq$. กระบวนการขึ้นรูป มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.153 $kgCO_2eq$. โดยกระบวนการผลิตมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเล็กน้อย

ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.141 $kgCO_2eq$. โดยกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตถังพลาสติก ได้แก่ วัตถุดิบเม็ดพลาสติก (ถัง) น้ำประปา และสารเคมี เป็นวัตถุดิบที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 3 ลำดับแรก

ในกระบวนการขึ้นรูปถังพลาสติก มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.187 $kgCO_2eq$. โดยกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 2 ลำดับแรก ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดตัวถังพลาสติก การใช้ไฟฟ้าของเครื่องฉีดหูถัง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมักจะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระบวนการผลิต [4, 5] แต่ในงานวิจัยนี้พบว่ากระบวนการผลิตมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ อาจอธิบายได้ว่า เนื่องจากงานวิจัยนี้ทางโรงงานใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ทั้งส่วนถัง และส่วนหูแยกกัน จึงทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการใช้ไฟฟ้าในการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งหลอด [7] อีกทั้งในงานวิจัยนี้ ทางโรงงานพลาสติกได้ดำเนินการเชิงรุก ในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการ ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล และการนำเศษพลาสติกที่เหลือจากการตัดแต่ง มาใช้ในการขึ้นรูปทั้งตัวถังและหูถัง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเม็ดพลาสติกรีไซเคิล และ เศษพลาสติกดังกล่าวจึงเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ค่าไม่สูงมากนัก จึงทำให้งานวิจัยนี้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบจึงมีค่าน้อยกว่าการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต

6.ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตถังพลาสติก เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนฉีดขึ้นรูปถังพลาสติก ดังนั้น

แนวทางการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้สามารถดำเนินการได้โดยการปรับเปลี่ยนแหล่งผลิตพลังงานงานไฟฟ้าที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำลง เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้ง การติดตั้งเครื่องฉีดขึ้นรูปที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (CBA) สำหรับการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล 100% ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปถังพลาสติก การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (CBA) [8] จึงควรมุ่งเน้นที่มาตรการเพิ่มเติม ซึ่งสามารถยกระดับประสิทธิภาพการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่สูงขึ้น หนึ่งในแนวทางที่มีศักยภาพคือการลดของเสียในกระบวนการผลิต (Scrap Reduction) จาก 5% เหลือ 2% โดยพบว่ามาตรการนี้ให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ถึง 50% และคืนทุนได้ภายใน 2 ปี ซึ่งนับว่าเป็นระยะเวลาที่สั้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรการอื่น เช่น การปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน หรือการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Rooftop) ที่แม้จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ แต่จำเป็นต้องใช้เวลาในการคืนทุนที่ยาวนานกว่า อย่างไรก็ตาม การลงทุนด้านโซลาร์รูฟท็อปจะช่วยลดต้นทุนพลังงานในระยะยาว โดยลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง อีกทั้งอาจลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้ถึง 41.8% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยี Industrial Internet of Things (IIoT) เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูป จะช่วยลดการใช้พลังงานส่วนเกิน และเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าการผสานมาตรการลดของเสียเข้ากับการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในกระบวนการผลิต จึงเป็นแนวทางที่สมดุลระหว่างการลดต้นทุนและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตอบโจทย์เป้าหมายการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท เพชรสยาม ประเทศไทย จำกัด ที่สนับสนุนข้อมูลและทรัพยากรที่จำเป็น รวมถึงคำแนะนำจากบุคลากรในองค์กร ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันมีคุณค่า ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมงานที่เป็นกำลังใจสำคัญตลอดระยะเวลาการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] จิตลดา หมายมั่น บัณฑิต รัตนไตร และสมบัติ ทีฆทรัพย์. ระบบอุตสาหกรรมสีเขียว. วารสารมหาวิทยาลัยอีสเทอร์นเอเชีย, ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559; 10(3): กันยายน-ธันวาคม.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ลดโลกร้อนด้วย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions, ข้อมูลจาก https://shorturl.at/wGxjy (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มกราคม 2568)

[3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, ข้อกำหนดและแนวการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกลุ่มผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก, ข้อมูลจาก https://shorturl.at/W4x0P (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มกราคม 2568)

[4] ประภัตร ไทยประดิษฐ์. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้. วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา. 2566; 8(3): 178-188.

[5] ภฤศมน แจ่มสว่าง, เสรีย์ ตู้ประกาย, ชลีพรณ์ ธรรมพรรัมย์, ชัยวัฒน์ ภู่วรกุลชัย, ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์ และมงคล รัชชะ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน. 2567; 9(4): 749-758.

[6] Robert M., Riya R., Joshua M., Environmental life cycle analysis of manufacturing options For humanitarian supplies: drinking water containers. Clean Technologies and Environmental Policy.https://doi.org/10.1007/s10098-024-02902-2

[7] กิตติเทพ เครือชะเอม, เสรีย์ ตู้ประกาย, วรานนท์ คงสง, อนุวัต เจริญสุข, มงคง รัชชะ, สมพร ธเนศวาณิชย์ และวันเพ็ญ วิโรจกูฏ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตน้ำแข็ง ณ โรงงานน้ำแข็งสมุทรปราการ. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน. 2567; 9(4): 44-51.

[8] Junaid S., Furqan T., Moghal Z.K.B., Tareq Al-A., Gordon M. ,Assessing the environmental footprint of recycled plasticpellets: A life-cycle assessment perspective. Environmental Technology & Innovation. 32(2023) 103289 https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103289