

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

An Assessment of Carbon Footprint of Beer Products

สุพรรณิ มีสุข (Supanee Meesuk)* ดร.สุพรรณิกา วัฒนนะ (Dr.Supannika Wattana)**

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเบียร์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เพื่อทำการประเมินผลิตภัณฑ์เบียร์ขวด ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์เบียร์กระป๋อง ขนาดบรรจุ 320 มิลลิลิตร และผลิตภัณฑ์เบียร์ถัง ขนาดบรรจุ 30 ลิตร จากการศึกษาพบว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ขวด เบียร์กระป๋อง และเบียร์ถัง เท่ากับ 0.3602 0.1184 และ 5.9021 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ โดยกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ ลำดับที่สองคือกระบวนการผลิต คิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ และแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรมุ่งเน้นไปที่การนำขวดเก่ามาใช้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น การลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการล้างขวดและการเพิ่มสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติ ในการผลิตไอน้ำแทนการใช้ น้ำมันเตา

ABSTRACT

This paper aimed to assess carbon footprint of beer products and provide recommendations for reducing greenhouse gases emissions from beer production processes. The method employed in this study was the Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) of Life Cycle Assessment (LCA). The assessment was applied to 3 types of beer products including bottled beer (620 ml), canned beer (320 ml) and keg beer (30 liters). The results indicated that the carbon footprint of bottled beer, canned beer and keg beer were 0.3614, 0.1184 and 5.9021 kgCO₂e per product unit. It is further shown that the raw material acquisition process contributed to highest GHG emissions – about 47% of total GHG emissions, followed by manufacturing process – accounting for 36% of total GHG emissions. This paper further recommended that a reuse of glass bottles, a reduction in the damage caused by bottle washing process and an increased proportion of natural gas instead of fuel oil consumption in steam production would be an effective way to help reduce greenhouse gases emissions.

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

Keywords: Carbon footprint of beer products

*นิสิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องตีมีแอลกอฮอล์ของประเทศไทยมีการขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการการบริโภคเครื่องตีมีแอลกอฮอล์ในประเทศที่สูงขึ้น และจากรายงานพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ.2560 (กรมสรรพสามิต, 2561) พบว่า สถิติการบริโภคเครื่องตีมีแอลกอฮอล์ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 โดยผู้ดื่มเครื่องตีมีแอลกอฮอล์ นิยมดื่มเบียร์มากที่สุด คิดเป็น 68.5 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรที่ดื่มเครื่องตีมีแอลกอฮอล์ในประเทศไทย ซึ่งจากพฤติกรรมการดื่มเบียร์ของประชากรที่ดื่มแอลกอฮอล์ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ในประเทศไทยมีการขยายตัวมากยิ่งขึ้น ซึ่งในกระบวนการผลิตเบียร์นั้น มีขั้นตอนและกระบวนการหลายขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานสูง โดยส่วนใหญ่มาจากแหล่งพลังงานฟอสซิล จึงส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงของเสียที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมสูง ซึ่งในปัจจุบันเรื่องข้อบ่งชี้ด้านสิ่งแวดล้อมได้มีบทบาทเข้ามาในเรื่องของการค้า การจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีบริษัทที่ขึ้นทะเบียนฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 4,940 ผลิตภัณฑ์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2564ข) และมีแนวโน้มที่จะกลายเป็นมาตรการที่ส่งผลต่อการค้า ปัจจุบันการแข่งขันในตลาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมามีอิทธิพลต่อการสร้างจุดขาย ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถผลักดันให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ รวมถึงการจัดการกระบวนการผลิตอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทความนี้จึงมีแนวคิดศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตเพื่อใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเบียร์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเบียร์

วิธีการวิจัย

การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีการศึกษาไว้อย่างแพร่หลาย ทั้งการเผยแพร่ในรูปแบบหนังสือ คู่มือ และบทความทางวิชาการ เช่น งานวิจัยของ สุรชัย และอนุสรณ์ (สุรชัย, อนุสรณ์, 2560) ได้จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้ว ใช้หลักการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรแบบเต็มรูปแบบ (Candle to Grave) จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.35 kgCO₂e/ผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้ว 160 กรัม และงานวิจัยของ สุรวุฒิ และคณะ (สุรวุฒิ และคณะ, 2558) ได้ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หม้าหมูของจังหวัดชัยภูมิ ใช้หลักการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรแบบเต็มรูปแบบ (Candle to Grave) จากการศึกษาพบว่า หม้าข้อและหม้าพรมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ 8.2 kgCO₂e/หม้าหมู 1 กิโลกรัม

โดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ใช้หลักการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.), 2562) ซึ่งกำหนด

โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เป็นองค์กรภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

ขอบเขต และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์

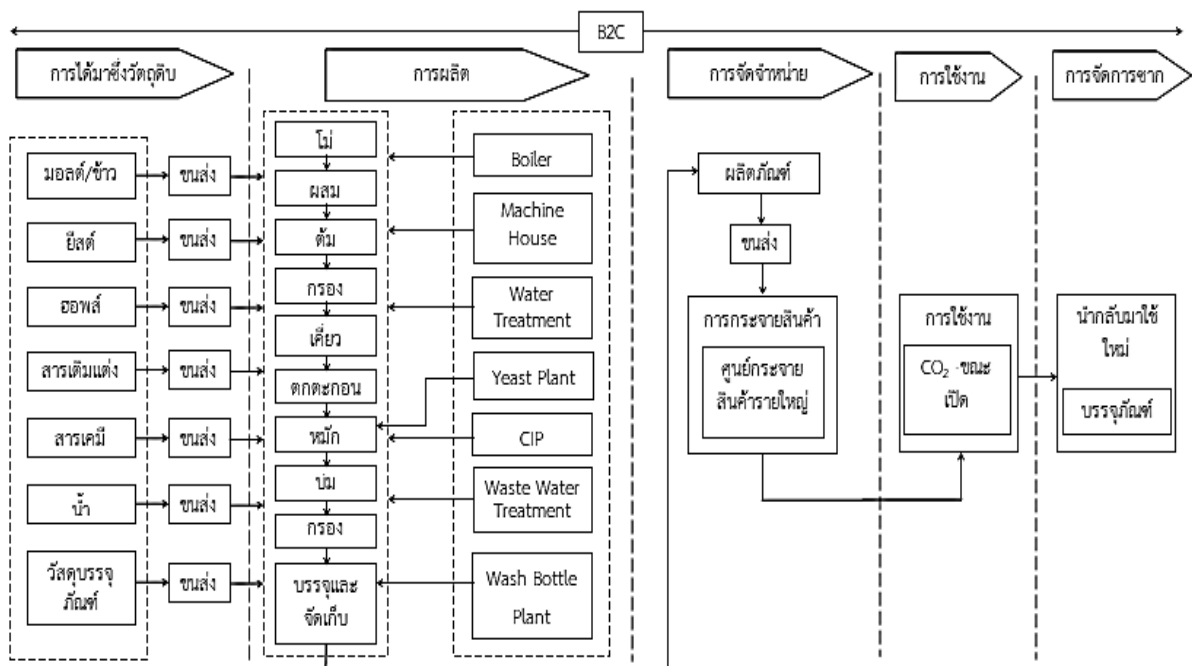
พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยพิจารณา เบียร์ลาเกอร์ ที่บรรจุในขวดแก้วสีเขียว ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร บรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม ปริมาณ 320 มิลลิลิตร และ บรรจุในถังเบียร์สด 30 ลิตร

หน่วยของผลิตภัณฑ์

กำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ ตามผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่าย โดยหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเบียร์ 1 ขวด ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร เบียร์ 1 กระป๋อง ขนาดบรรจุ 320 มิลลิลิตร และเบียร์ 1 ถัง ขนาดบรรจุ 30 ลิตร

ขอบเขตของระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) ดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบไปด้วย กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการกระจายสินค้า การใช้งานและการกำจัดซาก รวมไปถึงกระบวนการช่วยสนับสนุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ไม่นับรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสำนักงาน การขนส่งโดยสัตว์ การขนส่งผ่านท่อ การเดินทางของคนงาน และการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังร้านค้าปลีก (อบก., 2562)



รูปที่ 1 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

หมายเหตุ Boiler คือ อาคารผลิตไอน้ำ Machine House คือ อาคารเตรียมน้ำหล่อเย็น, แอมโมเนีย, คาร์บอนไดออกไซด์, ลมอัด, Yeast Plant คือ อาคารเตรียมยีสต์, Cleaning In Place (CIP) คือ อาคารเตรียมสารทำความสะอาด, Water Treatment คือ อาคารปรับสภาพน้ำ, Waste Water Treatment คือ อาคารบำบัดน้ำเสีย และ Wash Bottle Plant คือ โรงล้างขวด

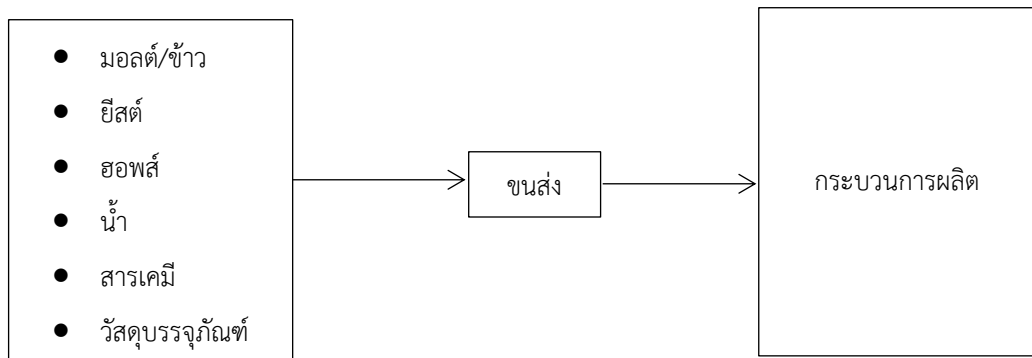
การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือ การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญ และจำเป็นที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ ปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากรต่างๆ ปริมาณการใช้สารเคมี และปริมาณของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเบียร์

การเก็บข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

การเก็บข้อมูลกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

ข้อมูลจะอยู่ในรูปปริมาณวัตถุดิบ สารเคมี และสาธารณูปโภค ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยตลอดการผลิตวัตถุดิบ ข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) ข้อมูลที่กล่าวมาอาจจะเป็นข้อมูลที่ได้รับจากผู้จัดหาวัตถุดิบโดยตรงในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีข้อมูลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว หรือได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบ



รูปที่ 2 กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

จากรูปที่ 2 เป็นการแสดงกรอบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ซึ่งจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบ และจากการขนส่งวัตถุดิบ การเก็บข้อมูลกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบโดยวิธีการใดก็ตาม ทั้ง เครื่องบิน รถยนต์ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ หรือรถไฟ โดยพิจารณาตั้งแต่องานผู้ผลิตวัตถุดิบมายังโรงงานของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน ทั้งต่างประเทศและในประเทศ ซึ่งจะคิดทั้งการขนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ ข้อมูลที่จัดเก็บจะประกอบไปด้วย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยอาศัยข้อมูลของประเภทยานพาหนะ รวมกับข้อมูลระยะการขนส่งและอัตราบรรทุก (อบก., 2562)

การเก็บข้อมูลกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิตจะเริ่มตั้งแต่การนำวัตถุดิบต่างๆ เข้ามาในโรงงาน จากนั้นวัตถุดิบจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจำหน่าย ดังนั้นขอบเขตของการพิจารณากระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วย การรับวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุภัณฑ์ การจัดเก็บสินค้า รวมไปถึงการสนับสนุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) (อบก., 2562)

การกระจายสินค้า

สำหรับกระบวนการกระจายสินค้า จะพิจารณาจากการขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้า จุดกระจายสินค้าหลัก หรือตัวแทนจำหน่ายขนาดใหญ่ โดยข้อมูลที่ต้องรวบรวม ได้แก่ น้ำหนักผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่

ต้องใช้ในการขนส่ง ประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง น้ำหนักบรรทุก สัดส่วนการบรรทุก และระยะทางในการขนส่ง
สินค้าจากผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า (ทั้งเที่ยวมาและกลับ) และ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือน
กระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) (อบก., 2562)

การใช้งาน

ในส่วนกระบวนการใช้งาน จะพิจารณาวัสดุและพลังงานที่ใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ในการบริโภค พิจารณาก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยโดยตรงจากผลิตภัณฑ์เมื่อเปิดบริโภค สำหรับผลิตภัณฑ์เบียร์ จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่
ปล่อยโดยตรงจากผลิตภัณฑ์เมื่อเปิดบริโภค 5.8 g/L (อบก., 2562)

การจัดการซากผลิตภัณฑ์

กระบวนการจัดการซากผลิตภัณฑ์ จะพิจารณาการบำบัดและกำจัดบรรจุภัณฑ์และของเสียที่เหลือภายหลังการ
บริโภคอื่นๆ รวมถึงการขนส่งของเศษซากและของเสียไปยังแหล่งรับบำบัดและกำจัด โดยของเสียที่สามารถติดตามและ
เก็บรวบรวมข้อมูลได้ว่ามีมีการนำกลับมาใช้ใหม่จะไม่ถูกนำมาพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนข้อมูลที่ต้อง
รวบรวมได้แก่ ประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง น้ำหนักบรรทุก สัดส่วนการบรรทุก และ ระยะทางในการขนส่งเศษ
ซากผลิตภัณฑ์ เศษซากบรรจุภัณฑ์และของเสียจากจุดใช้งานไปยัง แหล่งบำบัดและกำจัด (ทั้งเที่ยวมาและกลับ) และค่า
สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) (อบก., 2562)

ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ในการคำนวณค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูก
แปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
(Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) ของประเภทวัตถุดิบ วัสดุ พลังงาน หรือของเสียกระบวนการนั้นๆ และ
บันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561) สามารถ
คำนวณได้จากสมการ (1)

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะมีค่าการ
ปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

กรณีการขนส่งมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของยานพาหนะ ให้นำข้อมูลระยะทางที่เก็บมาได้มา
คูณกับน้ำหนักที่บรรทุกคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor :
GHG EF) ตามประเภทของยานพาหนะดังสมการที่ (2)

$$\text{Carbon Footprint (kgCO}_2\text{e/หน่วย)} = \text{Activity data} \times \text{EF} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{ET} = \text{ระยะทาง (km)} \times \text{น้ำหนักที่บรรทุก (ton)} \times \text{EF ของยานพาหนะที่ใช้} \dots\dots\dots(2)$$

โดย Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่บ่งบอกถึงกิจกรรมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการ
ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมากขึ้นอยู่กับผลผลิตจากกิจกรรมนั้นๆ

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดข้อมูลกิจกรรม (kgCO₂e/หน่วย)

ET คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (kgCO₂e)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

ชื่อ	หน่วย	EF (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
มอลต์	kg	0.2920	อบก., 2564a
ข้าว	kg	0.4940	รัตนารรณ และคณะ, 2558
ฮอปส์	kg	0.0058	อบก., 2564a
ขวดแก้วสีชา	kg	0.8305	อบก., 2564a
ฉลากขวด,คอ (กระดาษพิมพ์เขียนแบบเคลือบผิว)	kg	2.1639	อบก., 2564a
กล่อง, ถาด (กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน)	kg	1.6184	อบก., 2564a
ฝา (Galvanized steel sheet)	kg	2.7073	อบก., 2564a
กระป๋องอลูมิเนียม (Aluminium Sheet)	kg	3.2231	อบก., 2564a
ฝากระป๋อง (AlMg ₃)	kg	6.3369	อบก., 2564a
พลาสติกหุ้มถาด (LDPE)	kg	2.6258	อบก., 2564a
ฝาปิดถัง (Cast iron)	kg	1.6382	อบก., 2564a
ไฟฟ้า (Electricity, grid mix)	kWh	0.5986	อบก., 2564a
ไอน้ำ	kg	0.0514	อบก., 2561
น้ำ	m ³	1.3168	อบก., 2561

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวบรวมจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามชนิดรถที่ใช้ขนส่ง

ชนิดรถ	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	
	น้ำหนักบรรทุก (tkm)	น้ำหนักบรรทุก (km)
เรือบรรทุกคอนเทนเนอร์	0.0107	0.0000
รถตู้บรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน	0.0404	0.7870
รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ 32 ตัน	0.0459	1.0206
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.0454	0.5747
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	0.0533	0.5900
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 16 ตัน	0.0533	0.5900

ที่มา: อบก., 2564a

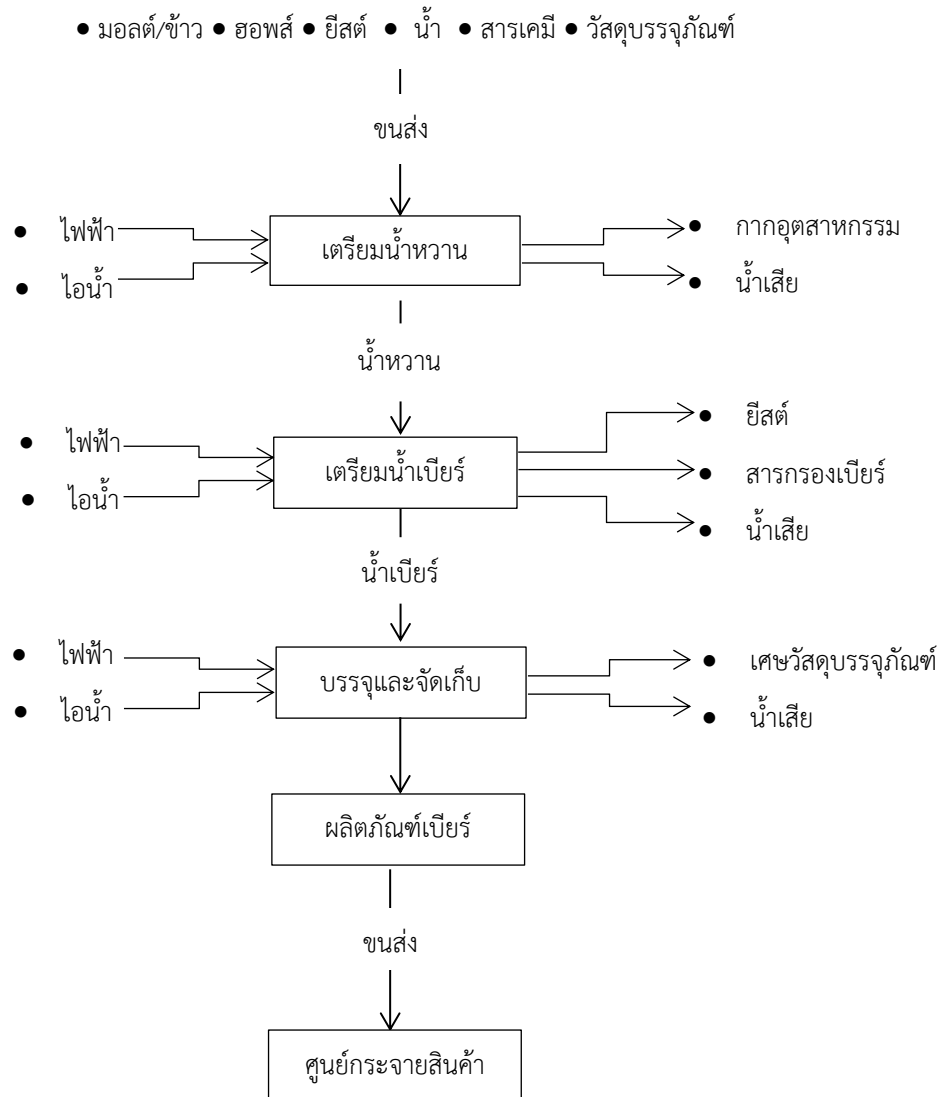
เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เปียร์

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เปียร์ ใช้โปรแกรม Microsoft Excel คือ โปรแกรมประเภทสเปรดชีท (Spreadsheets) หรือโปรแกรมตารางงานซึ่งใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ สูตรคำนวณ ลงบนแผ่นตารางงานคล้ายกับการเขียนข้อมูลลงไปในสมุดที่มีการตีช่องตารางทั้งแนวนอนและแนวตั้ง โดยนำโปรแกรม Microsoft Excel มาใช้สำหรับทำตารางบันทึกข้อมูลและคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และแสดงผลการประเมิน

ผลการวิจัย

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของเปียร์

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญและจำเป็นที่จะต้องใช้ในการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เปียร์ โดยจะแสดงอยู่ในรูปแผนผังสารขาเข้า และสารขาออก ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงภาพรวมบัญชีรายการข้อมูลของผลิตภัณฑ์เปียร์



รูปที่ 3 ภาพรวมบัญชีรายการข้อมูลของผลิตภัณฑ์เปียร์

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ ดังแสดงในตารางที่ 3 เป็นวัตถุดิบที่ซื้อมาจากภายนอก จะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศและในประเทศ ไม่มีกระบวนการผลิตวัตถุดิบเอง

ตารางที่ 3 บัญชีรายการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	แหล่งนำเข้า	การเตรียมวัตถุดิบ
มอลต์/ข้าว	ต่างประเทศและภายในประเทศ	ไม่มีการเตรียมวัตถุดิบ
น้ำ	ภายในประเทศ	ปรับสภาพน้ำ
ฮอปส์	ต่างประเทศ	ไม่มีการเตรียมวัตถุดิบ
ยีสต์	ต่างประเทศ	เพาะเลี้ยงยีสต์
สารเติมแต่ง	ภายในประเทศ	ไม่มีการเตรียมวัตถุดิบ
สารกรองเบียร์	ต่างประเทศและภายในประเทศ	ไม่มีการเตรียมวัตถุดิบ
วัสดุบรรจุภัณฑ์	ภายในประเทศ	ล้างวัสดุบรรจุภัณฑ์

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต ในกระบวนการผลิตเบียร์ จะมีพลังงานหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ ไอน้ำ และ ไฟฟ้า โดยปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจะแสดงผลดังตารางที่ 4 ในส่วนของไอน้ำ จะมีการผลิตเองภายในบริษัท โดยใช้เชื้อเพลิงคือ น้ำมันเตา และก๊าซธรรมชาติ ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าไม่มีการผลิตเองภายในบริษัท

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	พลังงานไอน้ำ (kg)
เตรียมน้ำหวาน (ไม่>>ผสม>>ต้ม>>กรอง>>พัก>>เพิ่มอุณหภูมิ>>เคี่ยว>>ตกตะกอน>>ลดอุณหภูมิ)	2,276,190	43,762,486
เตรียมน้ำเบียร์ (เติมน้ำ>>หมัก>>บ่ม>>กรอง>>)	1,482,866	1,356,228
บรรจุและจัดเก็บ (พาสเจอร์ไรส์>>บรรจุ>>ปิดฝา>>เพิ่มอุณหภูมิ/ลดฟอง>>ติดฉลาก>>บรรจุลงกล่อง>>ลำเลียงใส่พาเลท>>คลังสินค้าภายในบริษัท)	6,784,096	4,583,524
รวม	10,543,152	49,702,238

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆของ ผลิตภัณฑ์เบียร์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆของ ผลิตภัณฑ์เบียร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity data) ดังตารางที่ 5 และจากกระบวนการขนส่ง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

วัฏจักรชีวิต	รายชื่อ	หน่วย	EF (kgCO ₂ e/หน่วย)*	ข้อมูลด้านกิจกรรม (ปริมาณ/ หน่วย)			คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)			
				ขวด	กระป๋อง	ถัง	ขวด	กระป๋อง	ถัง	
การได้มาซึ่ง วัตถุดิบ	วัตถุดิบหลัก	มอลต์/ข้าว/ฮอปส์/ยีสต์	kg	0.3605	0.0720	0.0483	4.8971	0.0260	0.0174	1.7655
		น้ำ	m ³	1.3168	0.0005	0.0004	0.0384	0.0007	0.0005	0.0506
	สารเคมี	kg	0.2870	0.0191	0.0128	1.3007	0.0055	0.0037	0.3733	
	วัสดุบรรจุภัณฑ์	ขวดแก้วสีขา/ฉลากขวด,คอ/กล่อง/ที่ กันขวด/ฝา/กาว/ฟิล์ม	kg	0.5922	0.4231	-	-	0.2505	-	-
		กระป๋องอลูมิเนียม/ฝากระป๋อง/ พลาสติกหุ้มขวด/ขวด/กาว/ฟิล์ม	kg	2.7065	-	0.0227	-	-	0.0614	-
		ถัง/ฝาปิดถัง/สติ๊กเกอร์/แสตมป์/ฟิล์ม	kg	0.0021	-	-	10.190	-	-	0.0213
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)							0.2827	0.0830	2.2107	
การผลิต	เตรียมน้ำหวาน >>	ไฟฟ้า	kWh	0.5986	0.0433	0.0262	3.1092	0.0259	0.0157	1.8612
	เตรียมน้ำเบียร์ >>	ไอน้ำ	kg	0.0514	0.0123	0.0078	0.8550	0.0006	0.0004	0.0440
	บรรจุและจัดเก็บ	น้ำ	m ³	1.3168	0.0012	0.0006	0.0631	0.0015	0.0008	0.0831
		อื่นๆ						0.0044	0.0026	0.2633
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)							0.0324	0.0195	2.2515	
การกระจายสินค้า	ไม่มีข้อมูลด้านกิจกรรม						-	-	-	
การใช้งาน	CO ₂ (5.8 g/L)						0.0038	0.0019	0.1828	
การจัดการซาก	นำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต						-	-	-	
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)							0.3190	0.1045	4.6450	

 หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดข้อมูลกิจกรรม (kgCO₂e/หน่วย) ตามสัดส่วนการใช้วัตถุดิบ

ตารางที่ 6 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่ง

วัฏจักรชีวิต	ชนิดรถ	ระยะทาง (km) *	EF (kgCO ₂ e/หน่วย)		ปริมาณ (kg)/หน่วยผลิตภัณฑ์			คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)		
			เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	ขวด	กระป๋อง	ถัง	ขวด	กระป๋อง	ถัง
			(tkm)	(km)						
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	เรือบรรทุกคอนเทนเนอร์	13,287	0.0107	0.0000						
	รถกระบะบรรทุกฟาง 22 ล้อ 32 ตัน	300	0.0459	1.0206						
	รถตู้บรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน	512	0.0404	0.7870	0.5142	0.0838	16.387	0.0123	0.0048	0.3989
	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	272	0.0454	0.5747						
	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	438	0.0533	0.5900						
การผลิต	รถตู้บรรทุกฟาง 18 ล้อ 32 ตัน	442	0.0404	0.7870						
	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	358	0.0454	0.5747	0.1444	0.0954	9.6732	0.0001	0.0001	0.0083
	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	302	0.0533	0.5900						
การกระจายสินค้า	รถกระบะบรรทุกฟาง 22 ล้อ 32 ตัน	374	0.0459	1.0206	1.0833	0.3333	40.000	0.0287	0.0090	0.8347
	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 16 ตัน	218	0.0459	1.0206						
การใช้งาน		ไม่มีการขนส่ง					-	-	-	
การจัดการซาก	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	40	0.0454	0.5747	0.3902	0.0179	10.189	0.0013	0.0001	0.0331
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (kgCO ₂ e/หน่วยผลิตภัณฑ์)								0.0424	0.0139	1.2751

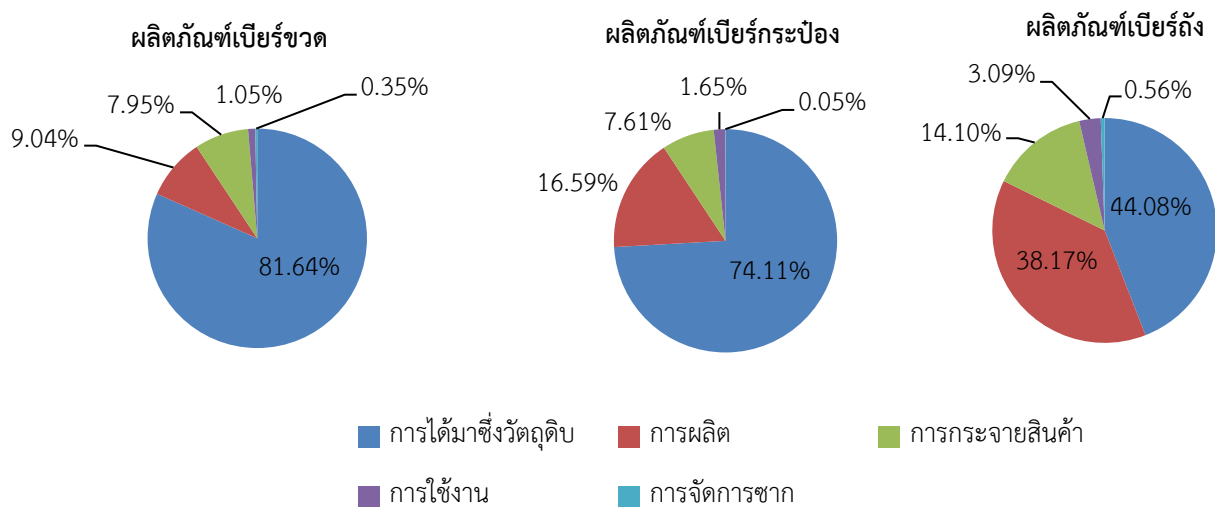
หมายเหตุ : *ระยะทางเฉลี่ยตามชนิดรถที่ใช้ขนส่ง

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เปียร์ งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเปียร์ลาเกอร์ ที่บรรจุในขวดแก้วสีชา ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร บรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม ปริมาณ 320 มิลลิลิตร และ บรรจุในถังเปียร์สด 40 ลิตร แสดงผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เปียร์

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผลิตภัณฑ์เปียร์ขวด			ผลิตภัณฑ์เปียร์กระป๋อง			ผลิตภัณฑ์เปียร์ถัง		
	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.2827	0.0123	0.2950	0.0830	0.0048	0.0877	2.2107	0.3989	2.6096
การผลิต	0.0324	0.0001	0.0326	0.0195	0.0001	0.0196	2.2515	0.0083	2.2598
การกระจายสินค้า	0.0000	0.0287	0.0287	0.0000	0.0090	0.0090	0.0000	0.8347	0.8347
การใช้งาน	0.0038	0.0000	0.0038	0.0019	0.0000	0.0019	0.1828	0.0000	0.1828
การจัดการซาก	0.0000	0.0013	0.0013	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0331	0.0331
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของผลิตภัณฑ์เปียร์	0.3190	0.0424	0.3614	0.1045	0.0139	0.1184	4.6450	1.2751	5.9201
(kgCO ₂ e/หน่วย ผลิตภัณฑ์)		0.3614		0.1184			5.9021		



รูปที่ 4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เปียร์

บทความนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เปียร์ โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) แบบ Cradle-to-Grave (B2C) โดยพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เปียร์ขวดเท่ากับ 0.3614 kgCO₂e/ขวด ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เปียร์กระป๋อง เท่ากับ 0.1184 kgCO₂e/กระป๋อง และ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เปียร์ถัง เท่ากับ 5.9021 kgCO₂e/ถัง และเมื่อพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต พบว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.2950 kgCO₂e/ขวด 0.0877 kgCO₂e/กระป๋อง และ

2.6096 kgCO₂e/ถัง รองลงมาคือกระบวนการผลิต มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0326 kgCO₂e/ขวด 0.0196 kgCO₂e/กระป๋อง และ 2.2598 kgCO₂e/ถัง อันดับที่สามคือ กระบวนการกระจายสินค้า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0287 kgCO₂e/ขวด 0.0090 kgCO₂e/กระป๋อง และ 0.8347 kgCO₂e/ถัง อันดับที่สุดคือ กระบวนการใช้งาน ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0038 kgCO₂e/ขวด 0.0019 kgCO₂e/กระป๋อง และ 0.1828 kgCO₂e/ถัง และ กระบวนการจัดการซากที่ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.0013 kgCO₂e/ขวด 0.0001 kgCO₂e/กระป๋อง และ 0.0331 kgCO₂e/ถัง การที่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เป็นผลมาจาก การใช้วัตถุดิบในการบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลายและเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง คือ ขวดแก้วสีชาที่เป็นขวดใหม่ มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าขวดที่นำมาล้างใช้ซ้ำถึง 45 เท่า (อบก., 2564ก)

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเบียร์ในส่วนนี้ โดยการ นำขวดเก่ามาใช้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ลดการใช้ขวดใหม่ในการบรรจุเบียร์ และ นอกจากนั้นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการล้างขวดในโรงล้างขวด ถือเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตที่มาจากการใช้พลังงานภายในบริษัท เช่น พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ ก็เป็นส่วนสำคัญเช่นกัน ซึ่งในส่วนของกระบวนการผลิตพลังงานไอน้ำนั้น สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยการเพิ่มสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติ ในการผลิตไอน้ำแทนการใช้ น้ำมันเตา เนื่องจาก น้ำมันเตามีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ขอนแก่น บริวเวอรี่ จำกัด ซึ่งเป็นสถานที่ในการทำวิจัย กราบขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานทุกท่านที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำที่มีค่ามาโดยตลอด และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ โครงการยกระดับภาคอุตสาหกรรมด้วยการบริหารจัดการนวัตกรรมองค์กรแบบทั่วถึง หรือ TIME (Total Innovation Management Enterprise) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาจนจบโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- กรมสรรพสามิต. รายงานพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ.2560. กรุงเทพมหานคร: พิมพ์ดีการพิมพ์; 2561.
- รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, แชนเบียร์ กี่วาลา, งามทิพย์ ภู่วโดม, สิริทรเทพ เต่าประยูร. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2558; 24(75): 53-60.
- สุรชัย อนุรักษ์ จันท์ศรี, อนุสรณ์ บุญปก. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้ว. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราช มงคลธัญบุรี 2560; 15(1): 43-49.
- สุรวุฒิ สุดหา, เพชร เฟื่องชัย, นิดา ชัยมูล. ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หม่าหมูของจังหวัดชัยภูมิ. วารสาร วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2558; 22(3): 21-30.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. ครั้งที่ 6 (สิงหาคม 2561) . กรุงเทพมหานคร: 2561.



องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องตีและผงขงตีม (กรกฎาคม 2562).
กรุงเทพมหานคร: 2562.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (มีนาคม 2564).
กรุงเทพมหานคร: 2564ก.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.
กรุงเทพมหานคร: 2564ข.