การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

การศึกษาค้นคว้าอิสระ

ของ

สุพรรณี มีสุข

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

เมษายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

การศึกษาค้นคว้าอิสระ
ของ
สุพรรณี มีสุข

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
เมษายน 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

An Assessment of Carbon Footprint of Beer Products

Supannee Meesuk

A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

April 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระของ นางสาวสุพรรณี มีสุข แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. อดิเรก จันตะคุณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. สุพรรณนิกา วัฒนะ)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. นวรัตน์ พิลาแดง)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ชัยยงค์ เสริมผล)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์
ผู้วิจัย สุพรรณี มีสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณนิกา วัฒนะ
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเบียร์ 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 การลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการล้างขวด และการเพิ่มสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติ ในการผลิตไอน้ำแทนการใช้น้ำมันเตา

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

TITLE An Assessment of Carbon Footprint of Beer Products

AUTHOR Supannee Meesuk

ADVISORS Assistant Professor Supannika Wattana , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

This study 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 kgCO_2e 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.

Keyword : Carbon footprint of beer products

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก บริษัท ขอนแก่น บริวเวอรี่ จำกัด ซึ่งเป็นสถานที่ในการให้ข้อมูลสำหรับทำวิจัยในครั้งนี้ กราบขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานทุกท่านที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำที่มีค่ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณนิกา วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้ แนวคิด และคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่มีคุณค่าต่อการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนการทำวิจัยและให้ความช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอขอบคุณ โครงการยกระดับภาคอุตสาหกรรมด้วยการบริหารจัดการนวัตกรรมองค์กรแบบทั่วถึง หรือ TIME (Total Innovation Management Enterprise) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาจนจบโครงการ

สุพรรณี มีสุข

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพประกอบ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน 2

1.4 กรอบงานวิจัย 3

1.5 แผนการดำเนินงาน 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 8

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ผลิตภัณฑ์เบียร์ 8

2.2 กระบวนการผลิตเบียร์ 16

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต 18

2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 20

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 41
วิธีดำเนินการวิจัย 41
3.1 ขอบเขตของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 41
3.2 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 42
3.3 การเก็บข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 44
3.4 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 53
บทที่ 4 56
ผลการวิจัยและการอภิปราย 56
4.1 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของเบียร์ 56
4.5 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ 65
บทที่ 5 67
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 67
5.1 สรุปผลการประเมิน 67
5.2 แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 68
บรรณานุกรม 70
ประวัติผู้เขียน 74

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบงานวิจัย 3
ภาพประกอบ 2 การบริโภคแอลกอฮอล์ของเพศชายและเพศหญิง ปี พ.ศ. 2560 12
ภาพประกอบ 3 กระบวนการผลิตเบียร์ 18
ภาพประกอบ 4 เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 21
ภาพประกอบ 5 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 43
ภาพประกอบ 6 กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 45
ภาพประกอบ 7 แผนผังกระบวนการผลิตเบียร์ 46
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของกระบวนการผลิต 46
ภาพประกอบ 9 เก็บข้อมูลของกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ 48
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต โดยโปรแกรม Microsoft Excel 50
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่ง โดยโปรแกรม Microsoft Excel 51
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างตารางสรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยโปรแกรม Microsoft Excel 52
ภาพประกอบ 13 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 58
ภาพประกอบ 14 รายการด้านสิ่งแวดล้อมกระบวนการผลิตไอน้ำ 59
ภาพประกอบ 15 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการกระจายสินค้า 60
ภาพประกอบ 16 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์ 65
ภาพประกอบ 17 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 66
ภาพประกอบ 18 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต 66

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย 4
ตาราง 2 ประเภทของเบียร์ 11
ตาราง 3 ปริมาณการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์แต่ละประเภทต่อหัวนักดื่ม พ.ศ.2560 13
ตาราง 4 โรงงานเบียร์ (โรงใหญ่) ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2557 14
ตาราง 5 ผลิตภัณฑ์เบียร์ในตลาดเบียร์ไทย 15
ตาราง 6 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต 21
ตาราง 7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 32
ตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามชนิดรถที่ใช้ขนส่ง 54
ตาราง 9 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม 55
ตาราง 10 ผลิตภัณฑ์เบียร์ที่ทำการประเมินคาร์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 56
ตาราง 11 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ 57
ตาราง 12 การกระจายสินค้าของผลิตภัณฑ์เบียร์ 60
ตาราง 13 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ของการใช้งานผลิตภัณฑ์ 61
ตาราง 14 การจัดการซากผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ 62
ตาราง 15 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 63
ตาราง 16 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่ง 64
ตาราง 17 สรุปการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ 65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของประเทศไทยมีการขยายตัวมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความต้องการการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศสูงขึ้น และจากรายงานพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร [1] ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่า สถิติเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในประเทศไทยในปี พ.ศ.2560 ผู้ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์นิยมดื่มเบียร์มากที่สุด คิดเป็น 68.5 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรที่ดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศไทย จะเห็นได้ว่าจำนวนผู้ที่ดื่มเบียร์มีปริมาณมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของประชาชนที่ดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศไทยทั้งหมด ซึ่งจากพฤติกรรมการดื่มเบียร์ของคนที่ดื่มแอลกอฮอล์ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ในประเทศไทย ได้มีการผลิตเบียร์ที่เจาะตลาดเฉพาะกลุ่มตามความต้องการของผู้บริโภค ทำให้มีผลิตภัณฑ์เบียร์ใหม่ๆ เกิดขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละช่วงวัย ส่งผลให้เกิดการแข่งขันทางการตลาดมากขึ้น

ในกระบวนการผลิตเบียร์นั้น มีขั้นตอนและกระบวนการหลายขั้นตอนและค่อนข้างซับซ้อน จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานสูง รวมถึงมีการปล่อยของเสียที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมสูง ซึ่งในปัจจุบันเรื่องขอบข่ายด้านสิ่งแวดล้อมได้มีบทบาทเข้ามาในเรื่องของการค้า เช่น ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ฉลากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งการจัดทำฉลาก มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโรงงานผลิตเบียร์จึงต้องมีการแสดงผลและการรับรองทางด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจที่ให้ความสำคัญในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการจัดทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยทำการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม มีหน่วยเป็น กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเบียร์ขวด ($kgCO_2e$/ขวด) เบียร์กระป๋อง ($kgCO_2e$/กระป๋อง) และเบียร์ถัง($kgCO_2e$/ถัง) ทำการประเมินด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเบียร์ ซึ่งจะจัดทำบัญชีรายการกระบวนการผลิตเบียร์ เพื่อใช้ในการวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเบียร์ต่อไปไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมถึงกระบวนการผลิตเบียร์

1.2.2. เพื่อจัดทำบัญชีรายการของกระบวนการผลิตเบียร์ เพื่อใช้ในการวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2.3. เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตเบียร์

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle – to – Grave ของ ผลิตภัณฑ์ เบียร์ลาเกอร์ ที่บรรจุในขวดแก้วสีชา ปริมาณ 620 มิลลิลิตร บรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม ปริมาณ 320 มิลลิลิตร และ บรรจุในถังเบียร์สด 30 ลิตร โดยมีขอบเขตการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1.3.1 ศึกษากระบวนการการผลิตเบียร์ในโรงงงานอุตสาหกรรม รวมถึง ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

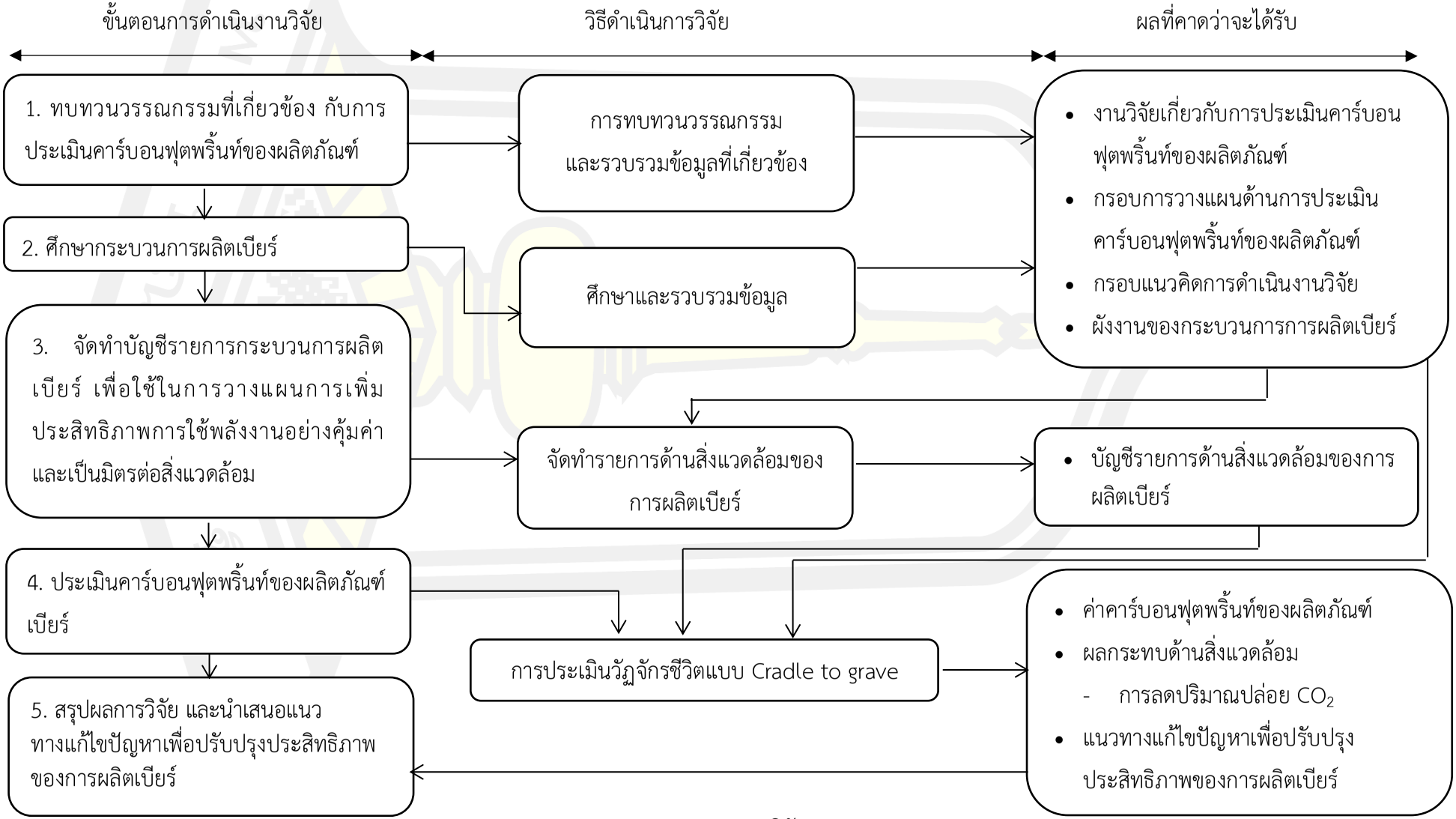
1.3.2 ศึกษาหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

1.3.3 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน วัตถุดิบ และของเสียที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตเบียร์ รวมถึงจัดทำบัญชีรายการกระบวนการผลิตเบียร์

1.3.4 ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

1.3.5 สรุปผลการวิจัย และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตเบียร์

1.4 กรอบงานวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบงานวิจัย

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย																		
	ปี พ.ศ.2563						ปี พ.ศ.2564											ปี พ.ศ.2565	
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง																			
2.เข้าศึกษากระบวนการผลิตเบียร์																			
3. จัดทำรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเบียร์																			
4. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง																			
5. ดำเนินการวิจัย																			
6. วิเคราะห์ผลการวิจัย																			
7. สรุปผลการวิจัย																			
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																			
9. นำเสนอผลงานวิจัยเพื่อตีพิมพ์																			

1.6 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.6.1. ได้ทราบถึงกระบวนการการผลิตเบียร์

1.6.2. ได้เรียนรู้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต และการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเบียร์

1.6.3. สามารถประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหา และปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการการผลิตเบียร์

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

นิยามศัพท์เฉพาะสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต [2]

1.7.1 การเก็บกักคาร์บอน (Carbon Storage) การเก็บคาร์บอนด้วยขั้นตอนทางชีวภาพหรือมีอยู่ในอากาศ ให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่พบในชั้นบรรยากาศ

1.7.2 การชดเชย (Offsetting) การนำค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ ขององค์กรที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินมาทำการหักออก เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

1.7.3 การปันส่วน (Allocation) การแบ่งสัดส่วนของปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออกของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์

1.7.4 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศใน ช่วงเวลาหนึ่ง

1.7.5 การดูดกลับของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal) มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศ ในช่วงเวลาหนึ่ง

1.7.6 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงต้นน้ำ (Upstream emissions) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในช่วงก่อนเข้าสู่วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขององค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.7.7 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงปลายน้ำ (Downstream Emissions) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายหลังจากเข้าสู่กระบวนการผลิตของ

ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นหลังภายหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายออกจากโรงงานหรือองค์กรที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.7.8 ขอบเขตของระบบ (System Boundary) ขอบเขตการประเมินของกระบวนการที่อยู่ภายในระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประเมิน

1.7.9 ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules: PCRs) กฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ได้ถูกกำหนดขึ้นตามแนวทางของการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Type III environmental declarations) และมีความเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์

1.7.10 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กรหรือกิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่องค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

1.7.11 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลด้านปฐมภูมิ

1.7.12 ชีวมวล (Biomass) วัตถุที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต แต่ไม่รวมถึงวัตถุที่ถูกทับถมจนเป็นฟอสซิลหรือมีต้นกำเนิดจากฟอสซิล

1.7.13 ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbondioxide Equivalent, CO_2e) ค่าแสดงในการทำให้โลกร้อน จะถูกเทียบออกมาในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซ เรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

1.7.14 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) คือค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อน โดยจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซชนิดนั้น ๆ ในบรรยากาศ โดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.7.15 ไบโอเจนิก (Biogenic) สารชีวมวลที่ยังไม่เป็นฟอสซิลหรือเกิดมาจากฟอสซิล

1.7.16 สินค้าทุน (Capital Doods) อุปกรณ์เครื่องจักร และตัวอาคารรวมไปถึงสิ่งก่อสร้างที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

1.7.17 ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) เป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ตัวหลักที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระบวนการนั้นๆ และมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.7.18 หน่วยการทำงาน (Functional Unit) หน่วยของการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์

1.7.19 หน่วยผลิตภัณฑ์ (Product Unit) หน่วยของผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจกำหนดแยกตามน้ำหนัก ปริมาตรหรือขนาดบรรจุ จำนวนย่อยพื้นที่หรือตามรูปแบบที่วางจำหน่ายอื่นๆ

1.7.20 สัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material Contribution) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่ามากกว่าร้อยละ 1 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

1.7.21 การตัดออก (Cut Off) คือการไม่นำค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกจากระบบมาใช้ในประเมินหรือการคำนวณ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ สำหรับการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำเป็นต้องศึกษากระบวนการผลิตเบียร์ ตั้งแต่กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ กระบวนการการขนส่ง รวมไปถึงกระบวนการการบำบัดหรือจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต แล้วนำมาประเมินและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังต้องศึกษาหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อีกด้วย ดังนั้น ในบทนี้จึงทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เบียร์ในหัวข้อที่ 2.1 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตเบียร์ ในหัวข้อที่ 2.2 หัวข้อที่ 2.3 นำเสนอหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) หัวข้อที่ 2.4 นำเสนอขั้นตอนของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ในหัวข้อที่ 2.5

2.1 ผลิตภัณฑ์เบียร์

ประวัติศาสตร์ของเบียร์ เบียร์เป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ชนิดแรกของโลก เริ่มผลิตราวหกพันปีก่อนคริสตกาล โดยชนชาติ บาบิโลเนียน โดยใช้ข้าวบาร์เลย์ เป็นวัตถุดิบหลัก ได้มีการผสมพืชอีกหนึ่งชนิดเข้าไปคือ ฮอพส์ ทำให้มีกลิ่นหอมและรสชาติขม ทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของเบียร์ให้เก็บได้นานขึ้น แต่เบียร์เหล่านี้แตกต่างจากเบียร์ในปัจจุบัน เนื่องจากการที่มีเครื่องปรุงและจะมีวิธีในการผลิตเบียร์ที่แตกต่างกันในแต่ละแหล่งการผลิต ลักษณะของเบียร์ จึงมีความแตกต่างกันในแต่ละท้องที่

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของเบียร์

เรื่องราวประวัติความเป็นมาของเบียร์นั้นมีการผลิตเบียร์เป็นเครื่องดื่มมาเป็นเวลานานเกือบห้าพันปีแล้ว โดยมีการค้นพบบันทึกเรื่องราวพูดถึงการแบ่งปันเบียร์และขนมปังให้กับผู้ใช้แรงงานในสมัยนั้น การทำเบียร์เพื่อบริโภคในสมัยนั้นพบว่า คล้ายคลึงกับข้อกำหนดที่ได้ใช้ในสมัยของกษัตริย์ฮัมมูราบี แห่งแคว้นบาบิโลเนีย และในสมัยอียิปต์โบราณก็มีการผลิตเบียร์ และนิยมดื่มเบียร์กันอย่างกว้างขวาง โดยการพบหลักฐานที่เป็นภาพเขียน และภาพสลักที่มีความเกี่ยวข้องกับการผลิตเบียร์ โดยในประเทศอียิปต์ได้ทำการผลิตเบียร์จากการนำขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวบาร์เลย์ เอามาบด ผสมกับน้ำปั้นเป็นลักษณะ

กลม ต่อจากนั้นจะทำการเอาไปย่างและหมักทิ้งค้างคืนไว้ จะทำให้เชื้อยีสต์จะทำให้เกิดอากาศและแอลกอฮอล์ขึ้น เมื่อนำเข้าไปกรองได้น้ำเบียร์สีขุ่นเกิดฟองอากาศและมีรสชาติเปรี้ยว ซึ่งอาจมีการเติมสมุนไพรลงไปเพื่อทำให้มีกลิ่นที่หอม

ในเขตปกครองของชาวอินเดียนแดง ในทวีปอเมริกาใต้ก่อนที่จะมีการยึดอำนาจชาวอินเดียนแดงรู้จักผลิตสุรา โดยใช้แป้งข้าวโพดมาทำเป็นส่าหมัก

ในทวีปยุโรป เบียร์เป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันในชนชาติเยอรมัน ซึ่งในสมัยก่อน จะผลิตกันภายในครอบครัว เหมือนการเตรียมอาหารประจำวัน โดยผู้หญิงจะมีหน้าที่ผลิตด้วยวิธีการง่ายๆ ต่อมาการผลิตเบียร์ได้กระจายเข้าไปยังในเรื่องของศาสนาคริสต์ โดยจะผลิตน้ำเบียร์ออกมาให้ได้ปริมาณที่มากพอจะแจกจ่ายให้กับสมาชิกของศาสนา

ชาวเยอรมันในสมัยโบราณ ได้มีคนรู้จักการผลิตเบียร์ขึ้น ก่อนประเทศอื่นๆในทวีปเดียวกันโดยจะนำเอาแป้งมา ต้ม และนำไปหมักว่า บิเออร์ เครื่องดื่มบิเออร์นี้ มีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยวผสมกับรสชาติหวานและใช้ดื่มร่วมกับอาหารหลัก หลักฐานทางโบราณคดียังพบว่า เมื่อนำกากข้าวแห้งที่อยู่ติดอยู่ในภาชนะดินเผาที่พบในซากเมืองโบราณ นำมาวิเคราะห์พบว่าเป็นเบียร์ที่มีดีกรีสูงผลิตจากข้าวสาลีผสมน้ำผึ้ง เบียร์ชนิดนี้ ถูกเรียกว่า อโล (Alo) ซึ่งน่าจะเพี้ยนมาเป็น เอล (Ale) ในยุคต่อมา

ในสมัยก่อนมีการนำพืชชนิดต่างๆ ที่มีกลิ่นหอม เช่น เครื่องเทศ และดอกไม้แห้งมาผสมเข้าด้วยกัน แล้วใส่ลงไป เพื่อให้เบียร์มีกลิ่นหอม ต่อมา มีการนำดอกฮอพส์มาใช้เป็นส่วนผสมสำคัญของการทำเบียร์ รสและกลิ่นหอมของดอกฮอพส์เป็นที่โปรดปราณของผู้บริโภค จึงเป็นที่นิยมอย่างมาก จนดอกฮอพส์ลายเป็นของที่มีราคาราคาสูง และนิยมปลูกกันมาก ในศตวรรษที่ 15 วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการผลิตเบียร์มีปริมาณน้อยลง เนื่องจากผลกระทบจากสภาพธรรมชาติ ทำให้เก็บเกี่ยวข้าวบาร์เลย์และฮ็อพส์ได้ในปริมาณน้อย จึงมีการนำพืชอย่างอื่นมาใช้แทนฮ็อพส์ และมีการนำธัญพืชชาติอื่น ที่ใช้สำหรับการทำขนมปังมาใช้แทนข้าวบาร์เลย์ ดังนั้น ในปี พ.ศ.2059 จึงได้มีการตั้งกฎแห่งความบริสุทธิ์ (Purity law) ในประเทศเยอรมนี เพื่อกำหนดให้ผู้ผลิตเบียร์ต้องใช้เฉพาะข้าวมอลต์ ฮ็อพส์ และน้ำเท่านั้นในการผลิตเบียร์ ซึ่งมาจากการที่ต้องการให้ผู้บริโภคได้รับความเท่าเทียมในเรื่องของราคา รวมไปถึงคุณภาพของเบียร์ ซึ่งข้อกำหนดนี้ยังมีการใช้มาจนถึงปัจจุบัน แต่ในประเทศอื่นไม่ได้มีการนำมาใช้ จึงมีการนำเอาข้าวเจ้า ข้าวโพด มัน หรือน้ำตาล มาใช้เป็นส่วนผสมปนกับข้าวมอลต์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์

ประวัตความเป็นมาของเบียร์ในประเทศไทย เริ่มขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 7 โดยมีพระยาภิรมย์ภักดี ได้ทำการยื่นขอจัดตั้งบริษัทในปี พ.ศ. 2473 ซึ่งโรงงานถูกก่อสร้างในปี พ.ศ. 2476 ที่บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา ในชื่อ บริษัท บุญรอด บริวเวอรี่ จำกัด จัดจำหน่ายเบียร์

จำหน่ายในปี พ.ศ. 2477 คือ เครื่องหมายการค้า ตราสิงห์ขาว ตราหมี ตราสิงห์แดง ตราแหม่ม ตราพระปรางค์ทอง ตราว่าวปักเป้า ตรากุญแจ ตรารถไฟ และในจนปัจจุบันภายใต้เครื่องหมายการค้า ตราสิงห์ ในปี พ.ศ. 2504 ได้มีบริษัทเบียร์เกิดขึ้น คือ บริษัทบางกอกเบียร์ ผลิตเบียร์ตราหนุมาน ตราแผนที่ และตรากระทิง และต่อมาในปี พ.ศ. 2509 ได้ทำการเปลี่ยนชื่อเป็น บริษัท ไทยอมฤต บริวเวอรี่ จำกัด ผลิตเบียร์อมฤต และได้ทำการซื้อลิขสิทธิ์ยี่ห้อเบียร์ของต่างชาติ ชื่อ คลอสเตอร์ มาผลิตเมื่อ พ.ศ. 2521

ในประเทศไทยภาครัฐไม่มีนโยบายอนุญาตก่อตั้งโรงงานเพิ่มจากเดิมที่ได้ทำการจัดตั้งขึ้น เนื่องจากเห็นว่าผลิตภัณฑ์เบียร์เป็นสินค้าที่ไม่พอเพียง และกำหนดภาษีเพื่อให้ความคุ้มครองกับผู้ผลิตในประเทศไทย จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2535 ภาครัฐมีนโยบายใหม่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการก่อนตั้ง โดยการเปลี่ยนเงื่อนไขของผู้ผลิตเบียร์ จากเดิมคือกำหนดให้ผู้ถือหุ้นใหญ่ต้องเป็นบุคคลสัญชาติไทย เปลี่ยนเป็นนิติบุคคลสัญชาติไทย เพื่อจูงใจให้นักลงทุนต่างชาติเข้ามาลงทุนสร้างโรงงานผลิตเบียร์ภายในประเทศ [3]

2.1.2 ชนิดของเบียร์

ประเภทของเบียร์จะสามารถแบ่งได้หลายกรณี ในส่วนของกรณีแบ่งตามประเภทของชนิดยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังมีการแบ่งตามกรณีอื่น ๆ เช่น การแบ่งประเภทตาม สี แหล่งผลิตยีสต์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยีสต์ กระบวนการผลิตยีสต์ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้น เป็นต้น [4]

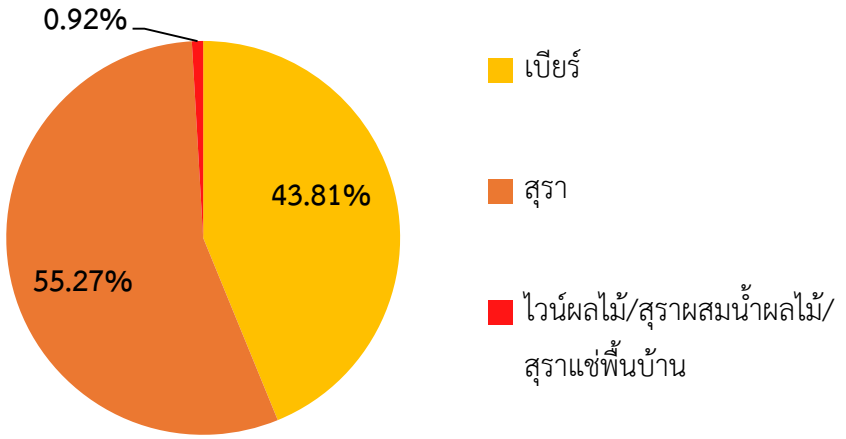
ตาราง 2 ประเภทของเบียร์

ประเภทของเบียร์	ชนิดเบียร์
ยีสต์หมักลอยผิว (Top-Fermenting Yeast) เป็น เชื้อยีสต์ที่จะลอยตัวอยู่บริเวณผิวหน้าของเบียร์เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมัก	เอล (Ale) พอร์ทเทอร์ (Porter) เบียร์ขาว, ไวท์เบียร์, ไวซ์เบียร์ (White beer) อัลท์เบียร์ (Alt beer), เคิลช์ (Kölsch) สเตาท์ (Stout)
ยีสต์หมักนอนก้น (Bottom-Fermenting Yeast) เป็นเชื้อยีสต์ที่จะจมอยู่ที่บริเวณของก้นภาชนะเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการการหมัก	ลาเกอร์ (Lager) พิลเซ่นเบียร์ (Pilsen beer) เบียร์ดำ, ดาร์คเบียร์(dark beer) บ๊อคเบียร์ (Bock beer
ยีสต์ธรรมชาติ	เบียร์สด (Draught beer) ไลท์เบียร์ (Light beer) ไอซ์เบียร์ (Ice beer)

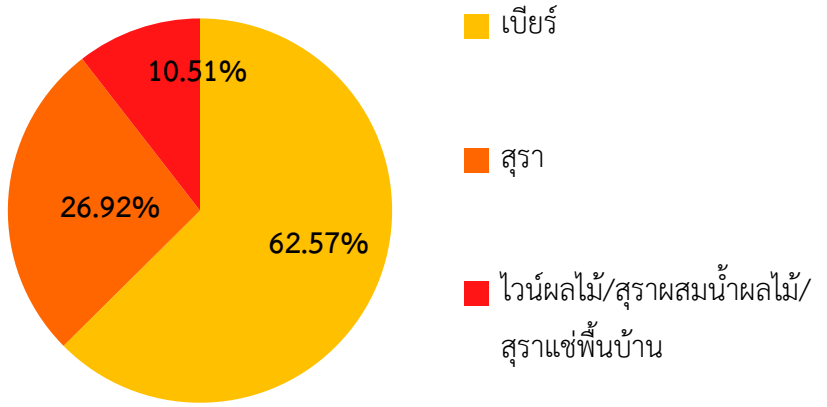
2.1.3 การบริโภคเบียร์ในประเทศไทย

จากรายงานสถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสังคมไทยประจำปี 2560 [5] พบว่านักดื่มในประเทศไทยมีจำนวนรวมทั้งหมด 15.89 ล้านคน คิดเป็น 28.4 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรไทยที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป อายุเฉลี่ยที่นักดื่มชายเริ่มดื่มเป็นครั้งแรกคือตอนอายุ 19 ปี ด้านนักดื่มหญิงมักเริ่มต้นที่อายุ 24 ปี และสาเหตุหลักของการเริ่มดื่มของทั้งสองเพศคือดื่มเพราะตามอย่างเพื่อนหรือมีเพื่อนชักชวน

การบริโภคแอลกอฮอล์ของเพศชาย ปี พ.ศ.2560



การบริโภคแอลกอฮอล์ของเพศหญิง ปี พ.ศ.2560



ภาพประกอบ 2 การบริโภคแอลกอฮอล์ของเพศชายและเพศหญิง ปี พ.ศ. 2560

จากภาพประกอบ 2 พบว่า นักดื่มเพศชายนิยมดื่มสุรามากที่สุด คิดเป็น 55.26 เปอร์เซ็นต์ และนิยม ดื่มเบียร์รองลงมา คิดเป็น 43.81 เปอร์เซ็นต์ และไวน์ผลไม้/สุราผสมน้ำผลไม้/สุราแช่พื้นบ้าน คิดเป็น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนนักดื่มเพศหญิงนิยมดื่มเบียร์มากที่สุด คิดเป็น 62.57เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สุรา คิดเป็น 26.92 เปอร์เซ็นต์ ไวน์ผลไม้/สุราผสมน้ำผลไม้/สุราแช่พื้นบ้าน คิดเป็น 10.51 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3 ปริมาณการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์แต่ละประเภทต่อหัวนักดื่ม พ.ศ.2560

ประเภทของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์	ปริมาณเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ที่บริโภครวมทั้งประเทศ)		ปริมาณเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่อหัวนักดื่ม* (ลิตร)
	ลิตร	ร้อยละ	
เบียร์	463,813,380	62.79	48.71
รวมสุราทุกประเภท	267,229,920	36.1	
-สุราขาว/สุรากลั่นชุมชน	132,906,460	17.99	27.39
-สุราสี/สุราแดง	129,542,809	17.54	22.73
-ยาดองเหล้า/สุราจีน/วอดก้า/อื่นๆ (ระบุ)	4,780,651	0.65	18.33
-ไวน์องุ่น/แชมเปญ/ไวน์ผลไม้	3,874,296	0.52	15.11
- สุราผสมผลไม้/ไวน์คูลเลอร์/เหล้าปั่น	2,439,618	0.33	5.93
- สุราแช่พื้นบ้าน (สาโท อุกระแช่ ฯลฯ)	1,301,142	0.18	13.06
รวม	738,658,356	100.00	46.47

หมายเหตุ 1: *ปริมาณต่อหัวคิดจากปริมาณการบริโภครวมของเครื่องดื่มฯ แต่ละชนิดต่อจำนวนผู้ดื่มชนิดนั้น *ดื่มเครื่องดื่มแต่ละชนิดไม่เกิน 1,095 ลิตรต่อปี(3 ลิตรต่อวัน 365 วันต่อปี)

หมายเหตุ 2: ร้อยละในตารางคำนวณจากฐานของจำนวนนักดื่มปัจจุบันเท่านั้น ไม่ใช่ประชากรทั้งหมด

จากตาราง 3 จะเห็นว่าในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาของปีพ.ศ.2560 นักดื่มไทยทั่วประเทศบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ รวมทั้งหมดเท่ากับ 738,658,356 ลิตร โดยการบริโภคเบียร์คิดเป็น 62.79 เปอร์เซ็นต์ (463,813,380 ลิตร) การบริโภคสุรา คิดเป็น 36.18 เปอร์เซ็นต์ (แบ่งเป็นสุราขาว/สุรากลั่นชุมชน 17.99 เปอร์เซ็นต์สุราสี/สุราแดง 17.54 เปอร์เซ็นต์ และยาดองเหล้า/สุราจีน/วอดก้า/อื่นๆ 0.65 เปอร์เซ็นต์) เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผสม (ไวน์คูลเลอร์/สุราผสมน้ำ ผลไม้/เหล้าปั่น) มีส่วนแบ่ง 0.33 เปอร์เซ็นต์ และไวน์ (ไวน์องุ่น/แชมเปญ/ไวน์ ผลไม้) มีส่วนแบ่ง 0.52 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแปลงปริมาณเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่บริโภคใน 12 เดือนเป็นปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ แล้ว พบว่านักดื่มไทยบริโภคเอทานอลบริสุทธิ์คิดเป็น 130,777,569 ลิตรในปี พ.ศ.2560 โดยที่เอทานอล บริสุทธิ์จากสุรามีสัดส่วนสูงที่สุด คิดเป็น 81.73 เปอร์เซ็นต์ (นั่นคือเอทานอลบริสุทธิ์ปริมาณ 106,892,164 ลิตร) โดยแบ่งเป็นเอทานอลบริสุทธิ์จากสุราขาว/สุรากลั่นชุมชน 40.65 เปอร์เซ็นต์จากสุรา

สี/สุราแดง 39.62 เปอร์เซ็นต์ และจากยาดองเหล้า/สุราจีน/วอดก้า/อื่นๆ 1.46 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเป็นปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ต่อหัวนักดื่มต่อปี (annual per drinker consumption) จะเท่ากับ 8.22 ลิตรต่อ นักดื่มหนึ่งคนต่อปี [5]

2.1.3 อุตสาหกรรมเบียร์ในประเทศไทย

ในประเทศไทย เครื่องดื่มประเภทเบียร์เป็นเครื่องดื่มที่ผลิตโดยบริษัทขนาดใหญ่เท่านั้น นโยบายเปิดเสรีทางการค้าทำให้เกิดแรงจูงใจให้นักลงทุนต่างชาติเข้ามาสร้างโรงงานในประเทศ ทำให้มีการผลิตเบียร์เป็นจำนวนมาก (mass production) ซึ่งรายชื่อโรงงานเบียร์ในประเทศไทย แสดงดังตาราง 4 ดันให้ราคาเบียร์ถูกลงและหาซื้อได้ง่าย จึงคาดการณ์ว่าเบียร์จะเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดแรกของนักดื่มหน้าใหม่ ทำให้ปริมาณการดื่มเบียร์ของประชากรไทยเพิ่มมากขึ้น [6]

ตาราง 4 โรงงานเบียร์ (โรงใหญ่) ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2557

ลำดับ	บริษัท	ที่ตั้ง
1	บริษัท ปทุมธานี บริวเวอรี่ จำกัด	2 หมู่ 9 ซ.ใจเอื้อ ต.บางคูวัด อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
2	บริษัท ขอนแก่น บริวเวอรี่ จำกัด	633 ถนนขอนแก่น - โพนทอง ตำบล ท่าพระ อำเภอเมืองขอนแก่น ขอนแก่น 40260
3	บริษัท ไทยเอเชีย แปซิฟิก บริวเวอรี่ จำกัด	111 หมู่ 2 ถนนบางบัวทอง-สุพรรณ ตำบลไทรใหญ่ อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 11150
4	บริษัท คอสมอส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	77 ถนนพหลโยธิน ตำบลลำไทร อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13170
5	บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด	68 หมู่ 2 ตำบลน้ำเต้า อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13250
6	บริษัท เบียร์ไทย 1991 จำกัด (มหาชน)	349 หมู่ 2 ตำบลแม่ลาด อำเภอคลองขลุง จังหวัดกำแพงเพชร 62120
7	บริษัท ซาน มิเกล เบียร์ (ประเทศไทย) จำกัด	89 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี 12000
8	บริษัท สิงห์ เบเวอเรจ จำกัด	9 หมู่ 10 ตำบลบัวปากท่า อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม 73130

โดยในปี พ.ศ. 2561 มีสินค้าใหม่จากแบรนด์ผู้ผลิตและจำหน่ายของไทยไม่น้อยกว่า 10 แบรนด์ ขณะที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศอีกกว่า 50 แบรนด์ [7] ความต้องการของผู้บริโภครุ่นใหม่ที่มองหาทางเลือกและประสบการณ์แบบใหม่ในการบริโภค ประกอบกับการแข่งขันของธุรกิจเบียร์ค่ายใหญ่ทั้งในระดับโลกและในไทย ที่ได้มีการขยายกลุ่มสินค้า ซึ่งจะสามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ดื่มที่หลากหลายมากขึ้น

ตาราง 5 ผลิตภัณฑ์เบียร์ในตลาดเบียร์ไทย

เครือ	เบียร์ในเครือ	
บุญรอด บริวเวอรี่	• LEO • Singha • Singha Light • U Beer	• Snowy Weizen • Kopper by Est.33 • My Beer
ไทยเบฟเวอร์เรจ	• Chang • Archa • Federbrau	• TAPPER • Huntsman • Black-Dragon
ไทยเอเชีย แปซิฟิค บริวเวอรี่	• Heineken • Tiger	• CHEERS
อื่นๆ	• Udomsuk • Golden Coins • Triple Pearl • Chiang Mai Beer	• Stone Head • Sandport Beer • Bannok Beer • Asahi • SPACECRAFT

แนวโน้มความต้องการบริโภคในช่วงปีพ.ศ.2562 ถึง พ.ศ.2564 จะกลับมาเติบโตเฉลี่ย 2 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ตามภาวะเศรษฐกิจโดยรวมที่ขยายตัวต่อเนื่อง และจากการเร่งทำตลาดในช่วงที่มีการจัดมหกรรมกีฬาสำคัญ ช่วยกระตุ้นยอดจำหน่ายผ่านช่องทางร้านอาหารและ สถานบันเทิง โดยเฉพาะคราฟท์เบียร์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และผู้ผลิตเบียร์รายใหญ่ของไทยเริ่มทำการผลิตคราฟท์เบียร์ในประเทศ นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังแตกไลน์สินค้าใหม่ โดยลดปริมาณแอลกอฮอล์และลดขนาด บรรจุภัณฑ์ ทำให้ราคาจำหน่าย

ไม่สูงนัก เพื่อชดเชยภาระภาษีที่เพิ่มขึ้นจากโครงสร้างภาษีสรรพสามิตใหม่ จึงคาดว่าจะสามารถกระตุ้นตลาดได้บ้าง [8]

2.2 กระบวนการผลิตเบียร์

วัตถุดิบหลักในการผลิตเบียร์ คือ มอลต์(Malt) หรือ แอดจังท์ (Adjuct) ฮอพส์ (Hops) ยีสต์ (Yeast) และ น้ำ (Water)

1) มอลต์ (Malt) หรือ แอดจังท์ (Adjuct) โดยทั่วไปหมายถึง มอลต์บาร์เลย์ หรือธัญพืชอื่นที่ผ่านขั้นตอนการงอก เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนหรือโปรตีน และวิตามินที่สำคัญต่อการทำเจริญเติบโตของยีสต์ บางโรงงานมีการใช้ธัญพืชหรือน้ำเชื่อมเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพื่อทดแทนการใช้มอลต์ที่ราคาค่อนข้างสูง เรียกว่า แอดจังท์ (adjunct)

2) ฮอพส์ (Hops) เป็นส่วนประกอบที่ให้รสขมและกลิ่นหอมของเบียร์ สารระเหยในดอกฮอพส์ที่พบได้ในดอกของฮอพส์ เรียกว่า เรซิน ซึ่งมีสีเหลืองตรงแกนกลางดอก มีสารให้ความขมคือแอลฟาเอสิดและบีตาเอสิด ในกระบวนการผลิตเบียร์จะเติมฮอพส์ในขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ท ทำให้แอลฟาเอสิดเปลี่ยนเป็น ไอโซแอลฟาเอสิด ซึ่งมีความขมเพิ่มขึ้นจากเดิมหลายเท่า ค่าความขมของเบียร์ถูกแสดงด้วยหน่วย BU (Bitterness Unit) การเติมฮอพส์เติมตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการต้มน้ำเวิร์ท (ฮอพส์ที่ให้ความขม) หรือเติมช่วง 10-30 นาทีสุดท้าย (ฮอพส์ที่ให้กลิ่น) รูปแบบของฮอพส์ที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ดอกฮอพส์ ฮอพส์อัดเม็ด และสารละลายฮอพส์สกัด ขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานและการควบคุมดูแลคุณภาพของเบียร์

3) ยีสต์ (Yeast) เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำเวิร์ทเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ภายใต้กระบวนการหมัก ยีสต์แบ่งออกเป็น ยีสต์สำหรับผลิตแอลเบียร์ เป็นกลุ่มที่ลอยตัวสู่ ผิวน้ำหมัก (ชื่อวิทยาศาสตร์ Saccharomyces cerevisiae) มีอุณหภูมิการหมักอยู่ที่ 14-25 °C และ ยีสต์ที่ใช้ผลิตลาเกอร์เบียร์เป็นกลุ่มที่จมสู่ก้นถังหมัก/บ๊อตท่อมยีสต์ (ชื่อวิทยาศาสตร์ Saccharomyces pastorianus) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถใช้เมลิไบโอสได้ และหมักในช่วงอุณหภูมิ 4-12 °C

4) น้ำ (Water) เป็นส่วนประกอบของเบียร์ที่มีสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งในการผลิตเบียร์ 1 ลิตร จะใช้น้ำ ประมาณ 6 ลิตร น้ำมีผลต่อรสชาติของน้ำเบียร์ เนื่องจากสารประกอบแร่ธาตุจะส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในขั้นตอนการต้มเพื่อให้เกิดเป็นน้ำหวาน และยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ น้ำที่ใช้ในการผลิตเบียร์จะต้องมีคุณภาพและจะต้องได้มาตรฐานน้ำดื่ม ดังนั้นการที่จะผลิตเบียร์จะต้องมีการปรับสภาพน้ำก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต หากมีการใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำคัญจะต้องทำการกรองด้วยผงถ่านเพื่อกำจัดสี กลิ่น และองค์ประกอบอินทรีย์ต่างๆ จากนั้นจะต้องทำการลดความกระด้างของน้ำ

กระบวนการผลิตเบียร์

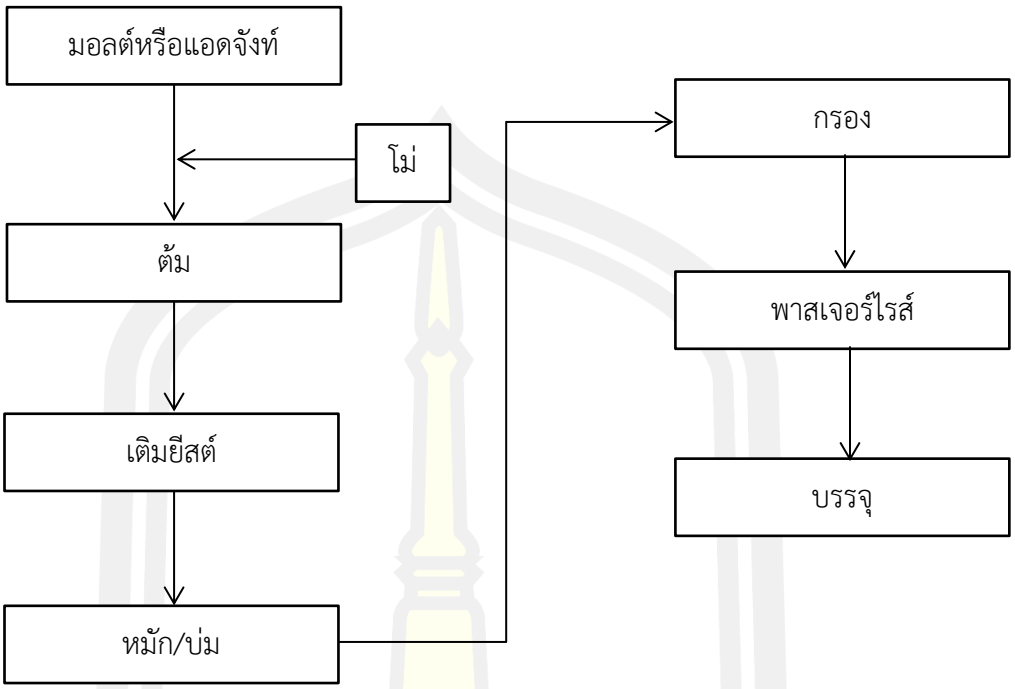
1) การเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ ถ้าเป็นมอลต์ จะต้องผ่านกระบวนการโม่ก่อนนำมาต้ม ข้าวมอลต์ที่โม่แล้วจะผสมกับน้ำ ในช่วงนี้เอนไซม์ (enzyme) ในข้าวมอลต์จะทำงาน โดยใช้เอนไซม์โปรติเอส (protease) จะเข้าไปทำการย่อยโปรตีน (protein) ให้กลายเป็นกรดอมิโน (amino acid) และเอนไซม์อไมเลส (amylase) จะทำการย่อยสตาร์ช (starch) เกิดเป็นของเหลวที่มีเรียกว่าน้ำแป้ง

2) การต้ม ในกระบวนการนี้จะนำน้ำแป้งที่มีน้ำตาลเกิดขึ้นแล้วทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกจากน้ำแป้ง จะได้เป็นน้ำหวาน(wort) ออกมา จากนั้นจะเป็นการนำไปเคี่ยว อาจมีการเติมน้ำตาลถ้าในกรณีที่ได้ค่าความหวานน้อย และมีการเติมฮอพส์ เพื่อกลิ่นและรสขมของเบียร์ ในขั้นตอนการเคี่ยวมีการเพิ่มและลดความดัน เพื่อกระตุ้นการทำงานของสารภายในฮอพส์เนื่องจากในกลีบดอกของฮอพส์ จะมีสารที่เรียกว่าโพลีฟีนอล (Polyphenol) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาจับตัวกับโปรตีน ซึ่งมีอยู่ในเวิร์ท ทำให้โปรตีนตกตะกอนเร็วขึ้น ทำให้เบียร์ใสและให้กลิ่นหอม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการนี้จะนำเวิร์ทไปพักและลดอุณหภูมิลงเพื่อเติมยีสต์

3) การเติมยีสต์ โดยยีสต์ที่นำมาเติมจะได้จากการเพาะเลี้ยงอยู่ภายในอุณหภูมิที่เหมาะสม เมื่อได้ปริมาณยีสต์ที่เพียงพอต่อการใช้งาน ยีสต์จะถูกเติมเข้าไปผสมกับเวิร์ทที่มาจากกระบวนการต้ม จากนั้นจะนำไปหมักในกระบวนการต่อไป

4) การหมัก ในกระบวนการนี้ ยีสต์จะทำการกินน้ำตาลในเวิร์ทได้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ออกมา ในกระบวนการการหมักจะมีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 14 -16 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดแอลกอฮอล์ จะใช้เวลาประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นจะมีการลดอุณหภูมิให้เหลืออยู่ที่ประมาณ -1 °C เพื่อหยุดการทำงานของยีสต์ แล้วนำไปแยกยีสต์ออกด้วยเครื่องสลัดยีสต์ จากนั้นจะนำไปบ่มต่อประมาณ 3-4 วัน เพื่อปรับสภาพเบียร์ ลดปริมาณ diacetyl ที่เป็น By-product ของการสังเคราะห์กรดอะมิโนลิวซีนและวาลีน และช่วยปรับปรุงกลิ่นของเบียร์

5) การกรอง ในขั้นตอนนี้เป็นการกรองเพื่อให้น้ำเบียร์มีความใสขึ้น กรองยีสต์ที่เหลือจากการสลัดยีสต์ออก เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาในน้ำเบียร์ ก่อนส่งไปพาสเจอไรส์และบรรจุเพื่อรอการนำออกจำหน่าย



ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตเบียร์

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

2.3.1 นิยามการประเมินวัฏจักรชีวิต [2]

การประเมินวัฏจักรชีวิตมากจากคำในภาษาอังกฤษ คือ Life Cycle Assessment หรือ LCA หมายถึง กระบวนการทำการวิเคราะห์และการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า กระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการกำจัดเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ ใช้รวมทั้งของเสียที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นข้อ มูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้ นิยามความหมายของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่าเป็น “การเก็บรวบรวมและทำการประเมินค่า ของสารขาเข้าและขาออก รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิต

2.3.2 วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [9] ขั้นตอนการการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ 4 ขั้นตอนได้แก่

1. การกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากหากมีการ กำหนดขอบเขตที่ไม่ชัดเจนพอ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จะทำได้ไม่สมบูรณ์และไม่ตรงประเด็น การกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลัก ๆ 2 วิธีได้แก่

แบบที่ 1 แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

แบบที่ 2 แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป ตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

2. การจัดทำบัญชีข้อมูล จุดประสงค์ของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาจำนวนสารขาเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ซึ่ง สารขาเข้าและสารขาออกที่ได้เหล่านี้ ได้แก่ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการปล่อยสารออกสู่อากาศ น้ำ และดิน การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและควรจะประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต ผังการไหลของกระบวนการและลักษณะของข้อมูลเช่น คุณภาพ แหล่งที่มาและข้อจำกัดของข้อมูล เป็นต้น

3. การประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Impact Assessment) เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณ เพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลกระทบต่อสภาวะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

4. การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลติภัณฑ์ (Improvement and Interpretation) ขั้นตอนการแปลผลหรือ Interpretation คือ การนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงกัน เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะ

2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) จาก กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่น ๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต และนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น การดำเนินงานเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมในฐานะผู้ผลิต ภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรมรวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภคที่จะร่วมกันลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศและของโลก

การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากรูปแบบและวิถีการบริโภคของตน และยังเป็นกลไกทางการตลาดในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้าที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ดังนั้นการทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งหมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากหลังใช้งาน พร้อมทั้งมีการแสดงข้อมูลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าและกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นด้วย

การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังเป็นการช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทยในตลาดโลก เนื่องจากในปัจจุบันมีหลายประเทศได้นำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้แล้ว ซึ่งส่งผลให้สินค้านำเข้าจากประเทศไทยบางรายการถูกร้องขอให้มีการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย นอกจากนี้หากไทยมีการ ดำเนินโครงการและจัดเก็บข้อมูลการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจน ก็จะช่วยให้มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ประกอบการเจรจาต่อรองในการประชุมระดับโลก เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

2.4.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาใน

รูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังภาพประกอบ 4 ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไหร่[2]

ภาพประกอบ 5 เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณโดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ทั้งนี้องค์กร Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC ได้กำหนดค่า GWP ของก๊าซต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลาที่กำหนดอาทิ 20,100,500 ปี ทั้งนี้ โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี ดังตาราง 6 [10]

ตาราง 6 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต

ก๊าซเรือนกระจก	สัญลักษณ์	GWP 100
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1
มีเทน	CH_4	25
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	298
ไฮโดรฟลูโรคาร์บอนคาร์บอน	HFCs	4,750-14,400
ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออร์ไรด์	SF_6	22,800
เพอร์ฟลูโรคาร์บอน	PECs	7,390-10,300

2.4.2 ฉลากคาร์บอน

สืบเนื่องจากพิธีสารเกียวโตที่ประเทศสมาชิกวางเป้าหมายที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือ ก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกลงให้ได้ 5.2 เปอร์เซ็นต์ ภายในปี พ.ศ. 2555 จากปริมาณที่ปล่อยในปีฐาน พ.ศ. 2533 ทำให้เกิดการค้าคาร์บอนเครดิตขึ้น ซึ่งประเทศ/บริษัท ที่ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมาย มีความจำเป็นต้องซื้อคาร์บอนเครดิตจากประเทศที่มีเครดิตเหลือผลของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงเริ่มกลายเป็นธุรกิจการซื้อขายคาร์บอนเครดิตระหว่างประเทศ และเชื่อว่าจะมีมูลค่ามหาศาลในระยะต่อไป โดยธุรกิจชนิดนี้จะแพร่กระจายเป็นวงกว้าง ทำให้หลายประเทศสนใจการสร้างความตระหนักต่อปัญหาการเกิดสภาวะโลกร้อนทั้งในหมู่ผู้ผลิตและผู้บริโภค จนมีหลายประเทศให้ความสนใจในการศึกษาคิดค้นฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อบอกจำนวนก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตภัณฑ์นั้นๆผลิตต่อหนึ่งหน่วยสินค้า ทำให้ผู้บริโภคทราบถึงความใส่ใจของผู้ผลิตต่อปัญหาโลกร้อน อีกทั้งยังสามารถสร้างความตื่นตัวในกลุ่มผู้บริโภคให้เลือกซื้อสินค้าที่ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการผลิตน้อยกว่าสินค้าชนิดเดียวกันแต่ต่างตราสินค้า

ฉลากคาร์บอน (Carbon label) เป็นการแสดงข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยแสดงผลอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) ซึ่งฉลากคาร์บอนจัดอยู่ในฉลากสิ่งแวดล้อม ประเภทที่ 3 (ISO 14025: Type III Environmental Declaration)

ฉลากคาร์บอนในประเทศไทย ประเทศไทยเริ่มพัฒนาเกณฑ์การขึ้นทะเบียนฉลากคาร์บอน โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ร่วมกับ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 โดยอาศัยการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต ปัจจุบัน ฉลากคาร์บอนในประเทศไทย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 ฉลากลดคาร์บอน (Carbon Label Project) คือ ฉลากที่แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยสินค้าหรือบริการ เพื่อเป็นข้อมูลอย่างง่ายสำหรับผู้บริโภคประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า

ประเภทที่ 2 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Label) คือ ฉลากที่แสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของ

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

ประเภทที่ 3 ฉลากลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Reduction Label) ฉลากลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือ ฉลากลดโลกร้อน (The carbon footprint reduction or global warming reduction Label) คือ ฉลากที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีปัจจุบันกับปีฐาน

ในปัจจุบันประเทศไทยมีบริษัทที่ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 5,274 ผลิตภัณฑ์ อยู่ในสัญญา 2,294 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์แม้ว่าจะเป็นมาตรการสมัครใจแต่มีแนวโน้มที่จะกลายเป็นมาตรการที่ส่งผลต่อการค้าอย่างแน่นอน โดยเฉพาะการส่งออกกับคู่ค้าในต่างประเทศซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมามีอิทธิพลต่อการสร้างจุดขายที่อยู่เหนือกว่าคู่แข่งได้ ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถผลักดันให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ รวมถึงการจัดการภายในองค์กรอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [11]

2.5 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีการศึกษาไว้อย่างหลากหลา ทั้งในและนอกประเทศ ทั้งมีการเผยแพร่ หนังสือ คู่มือ และบทความทางวิชาการ โดยในงานวิจัยนี้สนใจการประเมินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จึงรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และคณะ (2557) [10] ได้จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล (Carbon Footprint for Energy and Envelopment in Sugar industry) เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol โดยพิจารณาแบบ B2B และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม SimaPro version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต

น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol ของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเท่ากับ 0.259 $kgCO_2e/kg$ และจากการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแบบ Single Score นั้นพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับเนื่องจาก กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อย เป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอ รองลงมาเป็นกระบวนการผลิต

สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี และ อนุสรณ์ บุญปก (2559) [12] ได้จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้ว(Carbon Footprint for Production of Banana Crisps) เพื่อการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้วหวานขนาด 160 กรัม พร้อมบรรจุภัณฑ์ มีขอบเขตการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอด วัฏจักรแบบเต็มรูปแบบ (Candle to Grave หรือ Business to Customer หรือ B2C) จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.35 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรคิดเป็น 0.34 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรคิดเป็น 0.01 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า กล้วยดิบเป็นวัตถุดิบหลักที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ในขั้นการได้มาซึ่งวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำมันพืชและน้ำตาล สำหรับแก๊สหุงต้มจะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ในขั้นกระบวนการผลิตมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงน้อยกว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นการได้มาซึ่งวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ ในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นี้ ผู้ผลิตควรมุ่งเน้นที่ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้แก๊สและน้ำมันอันส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ประพิธาร์ ธนารักษ์ เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม และ พิศิษฎ์ มณีโชติ (2557) [13] ได้จัดทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าเนเปียร์ เป็นพืชพลังงานที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจากแหล่งพลังงานที่สะอาด โดยกระทรวงพลังงานมีเป้าหมายในการใช้หญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตไฟฟ้าและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน งานวิจัยนี้ทำการประเมินโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่ ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว โดยทำการศึกษาพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 105 ไร่ ณ ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 38.23 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต หรือ 0.04 $kgCO_2eq/kg$ โดยขั้นตอนการเพาะปลูก มีการก๊าซปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 20.68 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต รองลงมาคือขั้นตอนการเก็บเกี่ยวการเตรียมดิน และการเตรียมท่อนพันธุ์ 9.98 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต 4.02

$kgCO_2eq$/ตันผลผลิต และ 3.55 $kgCO_2eq$/ตันผลผลิต ตามลำดับ และมีการใช้พลังงานทั้งหมด 202.66 MJ/ตันผลผลิต ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานมากที่สุด 119.30 MJ และขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ใช้พลังงานน้อยที่สุด 22.14 MJ

สุรวุฒิ สุดหา เพชร เพ็งชัย และนิดา ชัยมูล (2557) [14] ได้ทำการศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หม่ำหมูของจังหวัดชัยภูมิ (Carbon Footprint of Mum Moo, Chaiyaphum Case Study) เพื่อคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแสดงในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม่ำหมู ซึ่งเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดชัยภูมิ ใช้การประเมินแบบ B2C ปัจจัยหลักที่ใช้ในการคำนวณคือค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ซึ่งใช้ค่าจากฐานข้อมูลด้านก๊าซเรือนกระจกที่ได้มีการรวบรวมเอาไว้ โดยเป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization : TGO) ผลที่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์หม่ำหมู จากการศึกษาพบว่า หม่ำข้อและหม่ำพกมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันคือ 8.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ำหมู 1 กิโลกรัม ขั้นตอนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 3.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ำหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 46.2 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ส่วนหม่ำห้อที่ใช้ในภาชนะบรรจุคือหม้อดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กาง 6 ซม. มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ 36.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ำหมู 1 กิโลกรัม มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หม่ำ ซึ่งมีปริมาณรวมมากถึงประมาณ 28.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหม่ำหมู 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 78.5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

ขนิษฐา มีวาสนา (2556) [15] ทำการศึกษาเรื่องวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย (Water and Carbon Footprint of Cassava Starch Production from Lower Northeast of Thailand) เมื่อวิเคราะห์ตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูกไปจนถึงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นแป้งมันสำปะหลัง พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง รวมทั้งมีการใช้ทรัพยากรน้ำทั้งในกระบวนการผลิต และการเพาะปลูกเป็นปริมาณมากตามไปด้วย งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์และ คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังโดยการศึกษาวิจัยได้แบ่งการประเมิน ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการประเมินในภาคอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และส่วนที่สอง เป็นการประเมินในภาคเกษตรกรรมการเพาะปลูกมันสำปะหลัง ในการศึกษานี้วิธีการ

คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ดำเนินตามวิธีมาตรฐานของ PAS 2050:2008 ผลการศึกษาพบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 39.22 ลบ.ม./ตันแป้งมันสำปะหลัง และมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีค่า เท่ากับ 122.64 kg CO_2eq/ตันแป้งมันสำปะหลัง สำหรับกระบวนการเพาะปลูกมันสำปะหลังนั้นพบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 575 ลบ.ม./ตันหัวมันสำปะหลัง แบ่งออกเป็นประเภทกรีนบลู และเกรย์เท่ากับ 167 313 และ 95 ลบ.ม./ตันหัวมันสำปะหลัง ตามลำดับ ส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 47.55 kg CO_2eq/ตันหัวมันสำปะหลัง

สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี (2560) [16] ได้ทำการศึกษาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ปลาร้าบอง (The Assessment of Greenhouse Gas Emission for Pickled Fish Chill Paste) การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนของผลิตภัณฑ์ ปลาร้าบอง 500 กรัม พร้อมบรรจุภัณฑ์ เลือกใช้การประเมินแบบ B2C จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ ค่าปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.28 kgCO_2eg ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้วัตถุดิบและส่วนผสม แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้าสำหรับเครื่องบด ตามลำดับ แต่เนื่องด้วยวัตถุดิบและส่วนผสมไม่สามารถ ลดปริมาณได้ ดังนั้นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปลาร้าบองควรมุ่งเน้นที่ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม และปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องบด

วาริท เจาะจิตต์ และศิริอุมา เจาะจิตต์ (2562) [17] ได้จัดทำวิจัยการประเมินก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตไก่แปรรูปแช่แข็ง (Life Cycle Greenhouse Gases Emissions of Processed Frozen Chicken) วิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่ แข็ง เพื่อจำแนกกิจกรรมและขั้นตอนสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตของงานวิจัยเป็นแบบ cradle-to gate ตั้งแต่การผลิตอาหารสัตว์ จนถึงการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การผลิต อาหารไก่ (2) ฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ (3) โรงฟักไข่ (4) ฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ (5) โรงงานชำแหละไก่ และ (6) โรงงานแปรรูป ไก่แช่แข็ง กำหนดหน่วยทำงาน คือ เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม การวิจัยดำเนินตามแนวทางของ ISO 14040 และองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kgCO_2eq ผลจากการวิจัยพบว่ากระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.51 kg CO_2eq เมื่อ พิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต พบว่าขั้นตอนในการได้มาและผลิตอาหารสัตว์โดยเฉพาะข้าวโพดและกากถั่วเหลือง ขั้นตอน การเลี้ยงในฟาร์มไก่เนื้อ และขั้นตอนการแปรรูปไก่แช่แข็ง เป็นขั้นตอนสำคัญในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 50, 26 และ 21 % ตามลำดับ แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้ เช่น การเปลี่ยนสูตร อาหารสัตว์ การปรับวัตถุดิบของอาหารสัตว์ การควบคุมการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชวัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้ไบโอดีเซลในกระบวนการเพาะปลูก รวมถึงการเพิ่มผลผลิตของการปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ (2554) [18] ได้จัดทำวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว ในงานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาผลิตภัณฑ์ข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวสารหอมมะลิ เส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง โดยดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบระหว่างองค์กรธุรกิจ หรือ B2B (Business to Business) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การปลูกข้าว การ สีข้าว การผลิตภาชนะบรรจุและการจัดจำหน่ายไป ยังผู้ซื้อ ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน พบว่า ในผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสาร หอมมะลิ คิดเป็น 38.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าข้าว 5 กิโลกรัม การปลูกข้าว เป็นขั้นตอนที่มีสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ส่วนในผลิตภัณฑ์เส้นหมี่อบแห้งบรรจุลงในถุง Mat.OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คิดเป็น 1.89 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าเส้นหมี่ 250 กรัมและเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง บรรจุลงในถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม คิดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คิดเป็น 1.70 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง 250 กรัม ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่อบแห้งและเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง ขั้นตอนกระบวนการผลิต ตามด้วยขั้นตอนการปลูกข้าวมีสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด จะเห็นได้ว่า ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกข้าว มีความอ่อนไหวต่อขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในขณะที่การรวบรวมข้อมูลจากผู้จำหน่ายวัตถุดิบข้าวเปลือก ที่มีจำนวนมาก ทำให้เป็นอุปสรรคใน การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว ที่มีระบบการปลูกและการจัดการที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเห็นว่าการปันส่วนระหว่างผลิตภัณฑ์หลักและ ผลิตภัณฑ์ร่วม โดยใช้น้ำหนักน่าจะเหมาะสมกว่าเนื่องจากการปันส่วนด้วยมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต้องใช้ ข้อมูลราคาขาย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก

Alessio Cimini และ Mauro Moresi (2015) [19] ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของลาเกอร์เบียร์ที่บรรจุในรูปแบบต่างๆ และวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของข้อมูล การใช้พลังงาน การใช้น้ำ การสร้างของเสีย และปล่อยสู่อากาศเป็นปัญหาหลักด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ จนถึงขณะนี้มีการเสนอกลยุทธ์หลายประการเพื่อลดผลกระทบต่อสภาพอากาศโลก การศึกษานี้จึงได้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตในภาคอุตสาหกรรมและการจำหน่ายลาเกอร์เบียร์ 1 เฮกโตลิตร (hL) ในช่วงเดือนเมษายน 2555 ถึงมีนาคม 2556 ซึ่งบรรจุในรูปแบบต่างๆ ของโรงเบียร์ที่อิตาลีชื่อ Birra Peroni Srl (โรม, อิตาลี) โดยใช้วิธีการประเมินตามมาตรฐานข้อกำหนด 2050 ที่เปิดเผยต่อสาธารณะ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของลาเกอร์ เบียร์ 1 เฮกโตลิตร (hL) ที่บรรจุในขวดแก้ว 66 เซนติลิตร (cL) ขวดแก้ว 33 เซนติลิตร (cL) ที่บรรจุในลังกระดาษแข็งหรือคลัสเตอร์แพ็ค กระป๋องอลูมิเนียม 33เซนติลิตร (cL) และถังเหล็ก 30 ลิตร (L) ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะอยู่ที่ 57, 67 , 74, 69 และ 25 kgCO2e ตามลำดับ ความแตกต่างของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์รูปแบบดังที่กล่าวมา โดยรวมเกิดจากการมีวัสดุบรรจุภัณฑ์และการขนส่งที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์

วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดคือ ถัง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การนำกลับมาใช้ใหม่สูง และวัสดุบรรจุภัณฑ์มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ คลัสเตอร์ขวดแก้ว 33 เซนติลิตร ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยประมาณมีค่าต่ำกว่าที่รายงานล่าสุดเป็นอย่างมาก อาจเป็นเพราะขนาดการผลิตขนาดใหญ่และสายการผลิตที่สั้นลงของโรงเบียร์ Birra Peroni การใช้ผลิตภัณฑ์ร่วมของเบียร์เป็นอาหารสัตว์ และการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของข้อมูล ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการปล่อยก๊าซ ตามแบบจำลองเชิงเส้นทางคณิตศาสตร์ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ทำให้เกิดจุดหลักที่ปล่อยก๊าซในวัฏจักรชีวิตของเบียร์ (เช่น การผลิตขวดแก้วและการปลูกข้าวบาร์เลย์) เพื่อระบุและกำหนดเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลาเกอร์เบียร์ ซึ่งทั้งสองอย่างไม่เกี่ยวข้องกับมาตราส่วนของการผลิตเบียร์ที่ตรวจสอบ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโครงงานนี้จะขึ้นอยู่กับทางเลือกในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยใช้ข้อมูลที่โปร่งใสทั้งหมด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบโดยตรงกับการประเมินอื่น ๆ รวมทั้งการคำนวณซ้ำอย่างตรงไปตรงมาโดยใช้ข้อมูลที่มีคุณภาพ

Kimberly Robertson Wymond Symes และ Malcolm Garnham (2015) [20] ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตนมแพะในนิวซีแลนด์ การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการประเมินแบบ cradle-to-farm gate ของระบบการเลี้ยงแพะในร่มและกลางแจ้งในนิวซีแลนด์ โดยระบุจุดที่เป็นจุดหลักในการปล่อยก๊าซและอภิปรายเกี่ยวกับความแปรปรวน วิธีการการศึกษาตั้งอยู่บนพื้นฐานขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิต แม้ว่าจะมีการนำเสนอเฉพาะผลลัพธ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น โดยจะมีการรวมกันสองหน่วยคือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($tonCO_2e$) ต่อเฮกตาร์ (ha) และกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$) ต่อกิโลกรัม (kg) ของไขมันและโปรตีนของนม (FPCM) การศึกษาครอบคลุมฟาร์ม 5 แห่ง มีระบบการเลี้ยง 2 ระบบและระยะเวลาของข้อมูล 3 ปี การประเมินมีสองวิธีในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในลำไส้ คือวิธี Lassey ตามที่ใช้ในองค์กรก๊าซเรือนกระจกของนิวซีแลนด์และวิธีการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักในลำไส้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและใช้ในการคำนวณขั้นสุดท้าย เป้าหมายในการศึกษาของเราคือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฟาร์มแพะนมในร่มและกลางแจ้งและพิจารณาว่าถึงความแตกต่าง เพื่อดูผลกระทบของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีและความแปรปรวนระหว่างฟาร์ม ระบุช่องว่างของข้อมูล ปัญหาด้านระเบียบวิธี และระบุพื้นที่จุดที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด การศึกษาของเราอ้างอิงจากองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิต เริ่มจาก ศึกษาข้อมูลลำกำหนดหน่วยการทำงาน คือ 1. ที่ดินที่ใช้และไขมันและโปรตีน (FPCM) ของนม 1 กิโลกรัม คิดถึงแค่ออกจากประตูฟาร์ม FPCM คำนวณด้วยการคูณการผลิตนมด้วยอัตราส่วนของปริมาณพลังงานของนมที่เฉพาะเจาะจง โดยปริมาณพลังงาน

ของนมมาตรฐานที่มีไขมัน 4% และปริมาณโปรตีนที่แท้จริง 3.3% ของปริมาณพลังงานของนมที่มีไขมันและโปรตีน 2. ปริมาณพลังงานของนมที่ได้มาตรฐานเท่ากับ 0.64 Mcal / kg (Colin Prosser, DGC NZ Ltd. , Hamilton, New Zealand, การสื่อสารส่วนบุคคล) หารค่าสัมประสิทธิ์ข้างต้นด้วยปริมาณพลังงานนมมาตรฐานสมการสุดท้ายสำหรับการคำนวณ FPCM ของแพะ จากนั้นเก็บข้อมูลย้อนหลังระยะเวลา 3 ปีและทำการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับฟาร์มในร่ม (n = 3) เท่ากับ 11.05 tonCO_2e/ha และ 0.81 kgCO_2e/kg ของ FPCM สำหรับฟาร์มกลางแจ้ง (n = 2) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 tonCO_2e/ha และ 1.03 kgCO_2e/kg ของ FPCM โดยเฉลี่ยของฟาร์มทั้ง 5 แห่งคือ 8.78 tonCO_2e/ha และ 0.90 kgCO_2e/kg ของ FPCM ระบบการเลี้ยงแพะในร่มมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่ที่เลี้ยงสูงกว่าเมื่อเทียบกับระบบฟาร์มกลางแจ้ง แม้ว่าทั้ง 2 ระบบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อแสดงผลลัพธ์ต่อกิโลกรัมของ FPCM ที่ 0.81 kgCO_2e/kg และ 1.03 kgCO_2e/kg ของ FPCM ตามลำดับทั้งสองระบบมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของนมแพะอื่น ๆ จากรายงานการเทียบเท่ากับโคนมของนิวซีแลนด์ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบมีเทนในลำไส้มีความสำคัญต่อการประเมินที่จะส่งผลถึงความถูกต้องและมีความหมายต่อการประเมิน การเลือกระบบการจัดการมูลสัตว์และอาหารเสริมสามารถส่งผลกระทบอย่างมากต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน

Diego Lima Medeiros Emerson Andrade Sales และ Asher Kiperstok (2015) [21] รอยเท้าคาร์บอนและสมดุลของพลังงานของการผลิตพลังงานจากชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็ก แหล่งพลังงานชีวภาพเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มเหมาะสำหรับการผลิตพลังงานที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการวิจัยและวิเคราะห์โดยละเอียด เพื่อระบุสถานการณ์ว่าแหล่งพลังงานดังกล่าวสามารถนำไปสู่ความยั่งยืนได้ บทความนี้จะทบทวนวรรณกรรมเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตพลังงานจากชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็ก และวิเคราะห์ 2 ส่วน ได้แก่ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) และอัตราส่วนพลังงานสุทธิ (NER) กรณีศึกษาการเผาไหม้ชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตความร้อนและเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งไฟฟ้าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และอัตราส่วนพลังงานสุทธิตามห่วงโซ่อุปทาน แหล่งพลังงานฟอสซิลที่เลือกใช้เป็นเงื่อนไขอ้างอิง วิธีการนี้เป็น LCA ตามมาตรฐาน ISO 14044 และข้อมูลที่ใช้ส่วนใหญ่ดึงมาจากการทบทวนสิ่งพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะดำเนินงานโดย กำหนดเป้าหมายและขอบเขต เก็บข้อมูล (การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การเผาไหม้) และสรุปผล จากการศึกษาพบว่าการผลิตความร้อนจากสาหร่ายขนาดเล็กพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีโครงข่ายไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา แต่ต่ำกว่าการผลิตในบราซิล อัตราส่วนพลังงานสุทธิของความร้อนจากวัฏจักรชีวิตของการเผาไหม้สาหร่ายขนาดเล็กยังคงเสียเปรียบเมื่อเทียบกับตัวเลือกฟอสซิลส่วนใหญ่

Cristiane Maria de Léis และคณะ (2014) [22] คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำนมในบราซิล: กรณีศึกษาเปรียบเทียบ การผลิตปศุสัตว์เป็นแหล่งที่มาของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแลส่วนนี้เกี่ยวข้องกับประชากรประมาณ 5 ล้านคนในบราซิลโดยทางอ้อม การผลิตปศุสัตว์ประกอบด้วยผู้ผลิตนมเกือบ 1.5 ล้านรายที่ใช้ระบบการผลิตที่แตกต่างกัน ผู้ศึกษาเลือกพื้นที่ทางตอนใต้ของบราซิลเพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) ต่อนมที่ให้พลังงาน (ECM) 1 kg ระบบการผลิตโคนมมี ระบบการเลี้ยงที่จำกัด ระบบการเลี้ยงกึ่งกักขัง (รวมถึงการเลี้ยงสัตว์บางส่วน) และระบบการเลี้ยงปศุสัตว์ตามทุ่งหญ้า จะทำการการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของการบริโภควัตถุแห้ง (DMI) ในแต่ละระบบการเลี้ยงและวิเคราะห์ความไม่แน่นอน โดยอาศัยการจำลองแบบมอนติคาร์โล (MC) เพื่อเสริมการอภิปราย ตามมาตรฐาน ISO 14040: 2006 และ ISO 14044: 2006 ใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบ (LCA) ที่เน้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การศึกษานี้จะใช้เครื่องมือซอฟต์แวร์ LCA SimaPro 7.3.3 การการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของข้อมูล input สำหรับสารอาหารที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) และโปรตีนดิบ (CP) ตามค่าจากเอกสาร จากการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบ LCA จะแสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงที่จำกัด มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่าระบบอื่น ๆ ที่ศึกษา การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการเลี้ยงที่จำกัด เท่ากับ 0.535 kgCO_2e/ kg การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการเลี้ยงกึ่งกักขังเท่ากับ 0.778 kg CO_2e/kg และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบที่ใช้ทุ่งเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 0.738 kg CO_2e/ kg โดยไม่ต้องพิจารณา ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรง (dLUC) ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพิ่มขึ้น 45.0, 36.9 และ 37.3% สำหรับระบบการเลี้ยงที่จำกัด ระบบการเลี้ยงกึ่งกักขัง และระบบการเลี้ยงปศุสัตว์ตามทุ่งหญ้าตามลำดับ ผลจากการจำลองแบบมอนติคาร์โล (MC) แสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอนต่ำ จากการเปลี่ยนแปลงของ TDN และ CP ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันคือ 1.1% สำหรับระบบการเลี้ยงที่จำกัด 0.7% สำหรับ ระบบการเลี้ยงกึ่งกักขังและ 1.0% สำหรับระบบทุ่งเลี้ยงสัตว์

Haruna Gujaand และ Adisa Azapagic (2011) [23] คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มในสหราชอาณาจักร อาหารและเครื่องดื่มกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุภัณฑ์รายใหญ่ในสหราชอาณาจักร ซึ่งคิดเป็น 70% ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ด้วยปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์ในสหราชอาณาจักรที่ประมาณกว่าสิบล้านตัน วัฏจักรชีวิตของบรรจุภัณฑ์อาจมีผลกระทบอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่บรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับเครื่องดื่ม 5 ประเภทในสหราชอาณาจักร วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันและระบุจุดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด การศึกษาได้ดำเนินการตามระเบียบวิธี ISO 14044 LCA และใช้ซอฟต์แวร์ GaBi ขอบเขตของการศึกษา ใช้การประเมินแบบ " cradle to grave " และหน่วยการทำงานปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการส่งมอบเครื่องดื่ม 1,000

ลิตร พิจารณาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 4 ประเภท ได้แก่ นม,น้ำ, ผลไม้น้ำเบียร์และไวน์ ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ กล่องกระดาษ ขวดแก้ว PET และ HDPE กระป๋องอลูมิเนียมและเหล็ก จากการศึกษาพบว่า บรรจุภัณฑ์กล่องมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซน์ต่ำสุดตั้งแต่ 90-111 $kgCO_2e$/1,000 ลิตร และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซน์สูงสุดตั้งแต่ 150 – 761 $kgCO_2e$ / 1,000 ลิตร พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกัน โดยส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากขนาดและน้ำหนักของภาชนะบรรจุอัตราการรีไซเคิล การผลิตวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์เป็นจุดสำคัญที่ส่งผลต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นั้น สามารถใช้ประเมินผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม รวมไปถึงการผลิตพลังงาน เป็นต้น ซึ่งการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะมี 2 รูปแบบ คือ การประเมินแบบ Cradle–to–Grave (Business-to-Consumer: B2C) เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมไปจนถึงกระบวนการใช้งานและกระบวนการการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานหรือการบริโภคที่ชัดเจน และสามารถติดตามข้อมูลของกระบวนการใช้งานและกระบวนการจัดการซากได้ และ แบบ Cradle –to–Gate (Business-to-Business: B2B) เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยไม่คิดขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์และกำจัดซาก เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถดำเนินการติดตามเก็บข้อมูล และหน่วยงานอื่นๆ ในการเก็บข้อมูลของการใช้งานและจัดการซากของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ พบว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle–to–Grave (Business-to-Consumer: B2C) ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์

ตาราง 7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และคณะ (2557) [10]	เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol นำไปสู่การวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาลของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์	1.โรงงานน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 2.น้ำตาลทรายดิบ Hi-pol	การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตแบบ Cradle-to-gate (B2B) โปรแกรม SimaPro version 7.2 ด้วยวิธี Eco-indicator 95	ผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบจากไร่ถึงโรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีผลกระทบมาจากการเผาอ้อย เป็นเพราะการใช้เครื่องจักรในการตัดอ้อยยังมีไม่เพียงพอ รองลงมาเป็นกระบวนการผลิต
สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี และอนุสรณ์ บุญปก (2559) [12]	เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้วหวานขนาด 160 กรัม พร้อมบรรจุภัณฑ์	1.กล้วยกรอบแก้วหวานขนาด 160 กรัม พร้อมบรรจุภัณฑ์ ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบ่อ ตำบลโนนแดง อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ	การประเมินวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle-to-gave (B2C)	ผลิตภัณฑ์มีค่า CF เท่ากับ 0.35 $kgCO_2e$ ซึ่งเกิดจากการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรคิดเป็น 0.34 $kgCO_2e$ และของการขนส่งวัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรคิดเป็น 0.01 kgCO2e กล้วยดิบเป็นวัตถุดิบหลักที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ในขั้นการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นี้ ผู้ผลิตควรมุ่งเน้นที่ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้แก๊สและน้ำมัน

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
ประพิธาริ์ ธนารักษ์ เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม และพิศิษฎ์ มณีโชติ (2557) [13]	งานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวิเคราะห์พลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1	1. ศึกษาหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ที่ทำการเพาะปลูก ณ ชุมชนบ้านเขาน้อย ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 105 ไร่ ตลอดระยะเวลา 1 ปี	ใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle-to-gate (B2B)	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณ การปล่อย CO_2 เท่ากับ 38.23 $kgCO_2eq/ton$ หรือ 0.04 $kgCO_2eq/kg$ ขั้นตอนการเพาะปลูก มีการปล่อย CO_2 มากที่สุด 20.68 $kgCO_2eq/ton$ รองลงมาคือขั้นตอนการเก็บเกี่ยวการเตรียมดิน และการเตรียมท่อนพันธุ์ 9.98 $kgCO_2eq/ton$ 4.02 $kgCO_2eq//ton$ และ 3.55 $kgCO_2eq//ton$ ตามลำดับ มีการใช้พลังงานทั้งหมด 202.66 MJ/ton ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานมากที่สุด 119.30 MJ และขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ใช้พลังงานน้อยที่สุด 22.14 MJ
สุรวุฒิ สุดหา, เพชร เพ็งชัย และนิดา ชัยมูล (2557) [14]	เพื่อคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1. ผลิตภัณฑ์หม่ำหมู ของจังหวัดชัยภูมิ	ใช้หลักการ LCA แบบ Cradle-to-gave (B2C)	หม่ำข้อและหม่ำพกมี CF เท่ากันคือ 8.2 $kgCO_2eq/kg$ ขั้นตอนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 3.8 $kgCO_2eq/kg$ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.2 ของปริมาณ CF ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
				ส่วนหม่ำหม้อที่ใช้ในภาชนะบรรจุคือหม้อดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กาง 6 ซม. มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ 36.8 kgCO_2eq/kg มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หม่ำ ซึ่งมีปริมาณรวมมากถึงประมาณ 28.8 kgCO_2eq/kg หรือคิดเป็นร้อยละ 78.5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์
ขนิษฐา มีวาสนา (2556) [15]	เพื่อประเมินปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตแป้งมันสำปะหลังในส่วนของการปลูกมันสำปะหลัง และกระบวนการผลิตแป้งมัน ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1. ศึกษาปริมาณการปลดปล่อย CO_2 และปริมาณการใช้น้ำทั้งในรูปความชื้นในดินอันเกิดจากปริมาณฝนและปริมาณการใช้น้ำจากการจัดสรรของชลประทานในการปลูกมัน สำปะหลัง 2. ศึกษาปริมาณการปลดปล่อย CO_2 และปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	ประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ดำเนินการตามคู่มือ The Water Footprint Assessment Manual โดย Hoekstra et al. (2011) ใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0	ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 39.22 ลบ.ม./ton ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีค่า เท่ากับ 122.64 kg CO_2eq/ton กระบวนการเพาะปลูกมันสำปะหลังนั้น พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ 575 ลบ.ม./ton แบ่งออกเป็นประเภทกรีน บลู และ เกรย์ เท่ากับ 167 313 และ 95 ลบ.ม./ton ตามลำดับ ส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 47.55 kg CO_2eq/ton

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี (2560) [16]	เพื่อให้ทราบถึงการใช้ทรัพยากรและพลังงานอันนำไปสู่แนวทางการใช้พลังงานและทรัพยากรให้มีค่า รวมไปถึงการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดและส่งเสริมการดำเนินงานด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมให้กับผลิตภัณฑ์ปลาร้าบองของจังหวัดชัยภูมิ	1. ผลิตภัณฑ์ปลาร้าบอง ของจังหวัดชัยภูมิ	ใช้หลักการ LCA แบบ Cradle-to-gave (B2C)	ค่าปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.28 $kgCO_2eq$ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้วัตถุดิบและส่วนผสม แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้าสำหรับเครื่องบด ตามลำดับ แต่เนื่องด้วยวัตถุดิบและส่วนผสมไม่สามารถ ลดปริมาณได้ ดังนั้นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปลาร้าบองควรมุ่งเน้นที่ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม และปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องบด
วาริท เจาะจิตต์ และศิริอุมา เจาะจิตต์ (2562) [17]	เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่ แข็ง เพื่อจำแนกกิจกรรมและขั้นตอนสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1. เนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 2. บริษัทผลิตไก่เนื้อแปรรูปแช่แข็งครบวงจร อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี	ประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) แบบ cradle-to-gate (B2B)	กระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปแช่แข็ง 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.51 $kgCO_2eq$ เมื่อพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต พบว่าขั้นตอนในการได้มาและผลิตอาหารสัตว์โดยเฉพาะข้าวโพดและกากถั่วเหลือง การเลี้ยงในฟาร์มไก่เนื้อและขั้นตอนการแปรรูปไก่แช่แข็ง เป็นขั้นตอนสำคัญในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 50, 26 และ 21 % ตามลำดับ แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้ เช่น การเปลี่ยนสูตรอาหารสัตว์ การ

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
				ปรับวัตถุดิบของอาหารสัตว์ การควบคุมการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชวัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้ไบโอดีเซลในกระบวนการเพาะปลูก
รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ (2554) [18]	ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว เพื่อกระตุ้นการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคการผลิตและภาคการบริโภค	1.ดำเนินการศึกษาผลิตภัณฑ์ข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวสารหอมมะลิ เส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง	วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบระหว่างองค์กรธุรกิจ หรือ B2B (Business to Business)	มะลิ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวสารหอมมะลิ คิดเป็น 38.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าข้าว 5 กิโลกรัม เส้นหมี่อบแห้งบรรจุลงในถุง Mat.OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คิดเป็น 1.89 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าเส้นหมี่ 250 กรัม เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง บรรจุลงในถุง Mat. OPP/LLDPE ขนาด 250 กรัม คิดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คิดเป็น 1.70 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง 250 กรัม
Alessio Cimini และ Mauro Moresi (2015) [19]	การวิจัยเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของลาเกอร์เบียร์ที่บรรจุในรูปแบบต่างๆ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของข้อมูล การใช้พลังงาน การใช้น้ำ การ	1.ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตในภาคอุตสาหกรรมและการจำหน่ายลาเกอร์เบียร์ เฮกโตลิตร (hL) ในช่วงเดือนเมษายน 2555	ประเมินตามมาตรฐานข้อกำหนด 2050 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)	ลาเกอร์ เบียร์ 1 เฮกโตลิตร (hL) ที่บรรจุในขวดแก้ว 66 เซนติลิตร (cL) ขวดแก้ว 33 เซนติลิตร (cL) ที่บรรจุในลังกระดาษแข็งหรือคลัสเตอร์แพ็ค กระป๋องอลูมิเนียม 33เซนติลิตร (cL) หรือถังเหล็ก 30 ลิตร (L) คาร์บอนฟุตพริ้นท์จะอยู่ที่ 57, 67 , 74, 69 หรือ 25

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
	สร้างของเสียและปล่อยสู่อากาศเป็นปัญหาหลักด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ จนถึงขณะนี้มีการเสนอกลยุทธ์หลายประการเพื่อลดผลกระทบต่อสภาพอากาศโลก	ถึงมีนาคม 2556 ซึ่งบรรจุในรูปแบบต่างๆ ของโรงเบียร์ที่อิตาลีชื่อ Birra Peroni Srl (โรม, อิตาลี) ของลาเกอร์ เบียร์ 1 เฮกโตลิตร (hL) ที่บรรจุในขวดแก้ว 66 เซนติลิตร (cL) ขวดแก้ว 33 เซนติลิตร (cL) ที่บรรจุในลังกระดาษแข็งหรือคลัสเตอร์แพ็ค กระป๋องอลูมิเนียม 33 เซนติลิตร (cL) ถังเหล็ก 30 ลิตร(L)		กก. CO2e ตามลำดับ ความแตกต่างของค่า CF จากผลิตภัณฑ์รูปแบบดังที่กล่าวมา โดยรวมเกิดจากการมีส่วนร่วมที่หลากหลายของวัสดุบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีค่า CF น้อยที่สุดคือ ถัง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การนำกลับมาใช้ใหม่สูง และวัสดุบรรจุภัณฑ์มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ คลัสเตอร์ขวดแก้ว 33เซนติลิตร (cL) ค่า CF โดยประมาณมีค่าต่ำกว่าที่รายงานล่าสุดเป็นอย่างมาก อาจเป็นเพราะขนาดการผลิตขนาดใหญ่และสายการผลิตที่สั้นลงของโรงเบียร์ Birra Peroni การใช้ผลิตภัณฑ์ร่วมของเบียร์เป็นอาหารสัตว์ และการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) ของข้อมูล ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการปล่อยก๊าซ ทำให้เกิดจุดหลักที่ปล่อยก๊าซในวัฏจักรชีวิตของเบียร์ เพื่อใช้ระบุและกำหนดเป้าหมายเพื่อลดการ

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
				ปล่อย CO_2 ของลาเกอร์เบียร์ ค่า CF จะขึ้นอยู่กับประเภทของขอบเขตในการทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบโดยตรงกับการประเมินอื่น ๆ รวมทั้งการคำนวณซ้ำอย่างตรงไปตรงมาโดยใช้ข้อมูลที่มีคุณภาพ
Kimberly Robertson,Wymond Symes และ Malcolm Garnham (2015) [20]	การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากประตูสู่ฟาร์มของระบบการเลี้ยงแพะในร่มและกลางแจ้งในนิวซีแลนด์โดยระบุจุดที่เป็นจุดหลังในการปล่อยก๊าซและอภิปรายเกี่ยวกับความแปรปรวน การประเมินมีสองวิธีในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในลำไส้ คือวิธี Lassey ตามที่ใช้ในองค์กรก๊าซเรือนกระจกของนิวซีแลนด์และการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักในลำไส้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและใช้ในการคำนวณขั้นสุดท้าย	1 .หน่วยในการประเมินรวมกันสองหน่วยคือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tonCO2e) ต่อเฮกตาร์ (ha) และกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(kgCO2e) ต่อกิโลกรัม (kg) ของไขมันและโปรตีน (FPCM) 2. ศึกษาฟาร์ม 5 แห่ง ระบบการเลี้ยง 2 ระบบและระยะเวลาของข้อมูล 3 ปี	ใช้การประเมิน LCA แบบ cradle-to- gate (B2B)	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับฟาร์มในร่ม (n = 3) เท่ากับ 11.05 tonCO_2e/ha และ 0.81 kgCO_2e/kg ของ FPCM สำหรับฟาร์มกลางแจ้ง (n = 2) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 ตันของ tonCO2e/ha และ 1.03 kgCO_2e/kg ของ FPCM

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
Diego Lima Medeiros Emerson Andrade Sales และ Asher Kiperstok (2015) [21]	เพื่อทำการวิเคราะห์ 2 ส่วน ได้แก่ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) และอัตราส่วนพลังงานสุทธิ (NER) รวมถึงเปรียบเทียบอิทธิพลของ แหล่งไฟฟ้าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และอัตราส่วนพลังงานสุทธิตามห่วงโซ่อุปทาน	1. กรณีศึกษาการเผาไหม้ชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตความร้อน	วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14044 และข้อมูลที่ใช้ส่วนใหญ่ดึงมาจากการทบทวนสิ่งพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีโครงข่ายไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา แต่ต่ำกว่าการผลิตในบราซิลอัตราส่วนพลังงานสุทธิของความร้อนจากวัฏจักรชีวิตของการเผาไหม้สาหร่ายขนาดเล็กยังคงเสียเปรียบเมื่อเทียบกับตัวเลือกฟอสซิลส่วนใหญ่
Cristiane Maria de Léis และคณะ (2014) [22]	เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) ต่อนมที่ให้พลังงาน (ECM) 1 กิโลกรัม ที่ประตูฟาร์ม สำหรับระบบการผลิตโคนมที่ใช้เทคโนโลยีแตกต่างกัน	1. ประเมินทางพื้นที่ทางตอนใต้ของบราซิล 2. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) ต่อ 1 กิโลกรัมของนมที่ให้พลังงาน (ECM) มี 3 ระบบ คือ ระบบการเลี้ยงที่จำกัด ระบบการเลี้ยงกึ่งกักขัง (รวมถึงการเลี้ยงสัตว์บางส่วน) ระบบการเลี้ยงปศุสัตว์	การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ใช้เครื่องมือซอฟต์แวร์ LCA SimaPro 7.3.3 การการใช้การประเมิน LCA แบบ cradle-to- gate (B2B)	เมื่อเปรียบเทียบ LCA จะแสดงให้เห็นว่าระบบ feedlot ที่จำกัด มี CF ต่ำกว่าระบบอื่น ๆ ที่ศึกษา การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการเลี้ยงที่จำกัด เท่ากับ 0.535 kgCO_2e/kg ECM การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการเลี้ยงกึ่งกักขังเท่ากับ 0.778 kg CO_2e/kg ECM การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบที่ใช้ทุ่งเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 0.738 kg CO_2e/kg ECM โดยไม่ต้องพิจารณา ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรง (dLUC) ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพิ่มขึ้น 45.0, 36.9 และ 37.3%

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	ขอบเขต	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
		ตามทุ่งหญ้า		สำหรับระบบ feedlot, feedlot กึ่งกักขังและทุ่งหญ้าตามลำดับ ผลจากการจำลองแบบมอนติคาร์โล (MC) แสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอนจากการ
Haruna Gujaand และ Adisa Azapagic (2011) [23]	ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับเครื่องดื่ม 5 ประเภท	1. หน่วยการทำงานปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการส่งมอบเครื่องดื่ม 1,000 ลิตรพิจารณาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 5 ประเภทในสหราชอาณาจักร ได้แก่ น้ำผลไม้,น้ำ,นม,เบียร์และไวน์ 2. ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ กล่องกระดาษ ขวดแก้ว PET และ HDPE กระป๋องอลูมิเนียมและเหล็ก	ดำเนินการตามระเบียบวิธี ISO 14044 LCA แบบ cradle to grave (B2C) ใช้ซอฟต์แวร์ GaBi	เปลี่ยนแปลงของ TDN และ CP ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันคือ 1.1% สำหรับระบบการเลี้ยงที่จำกัด 0.7% สำหรับ ระบบการเลี้ยงกึ่งกักขังและ 1.0% สำหรับระบบทุ่งเลี้ยงสัตว์ บรรจุภัณฑ์กล่องมีปริมาณการปล่อย CO_2 ต่ำตั้งแต่ 90-111 $kgCO_2e$/1,000 ลิตร และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วปริมาณการปล่อย CO_2 สูงตั้งแต่ 150 – 761$kgCO_2e$ / 1,000 ลิตร การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกัน โดยส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากขนาดและน้ำหนักของภาชนะบรรจุ อัตราการรีไซเคิล การผลิตวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์เป็นจุดสำคัญที่ส่งผลต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ซึ่งในบทที่ 2 ได้ดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของ ข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เบียร์ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตเบียร์ หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ในบทที่ 3 นี้จึงเป็นการนำเสนอเนื้อหาในส่วนของวิธีการดำเนินการวิจัย โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องคือ 3.1 ขอบเขตของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 3.2 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ 3.3 การเก็บข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ และ 3.4 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.1 ขอบเขตของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเบียร์ ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ต้องมีการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต เพื่อเป็นตัวกำหนดและเป็นแนวทางในการทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ดังนี้

3.1.1. ขอบเขต และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์

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

3.1.2. หน่วยของผลิตภัณฑ์

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

3.1.3. ขอบเขตของระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ประกอบไปด้วย การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งานและการกำจัดซาก รวมไปถึงกระบวนการช่วยสนับสนุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle–to–Grave (Business-to-Consumer: B2C) ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการกระจายสินค้า การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์

3.1.4. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตเบียร์ ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

3.1.5. การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง และจำเป็นที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่

- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ
- ปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากรต่างๆ
- ปริมาณการใช้สารเคมี
- ปริมาณของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้น

3.2 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ของ เบียร์ลาเกอร์ ที่บรรจุในขวดแก้วสีชา ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร บรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม ปริมาณ 320 มิลลิลิตร และ บรรจุในถังเบียร์สด 30 ลิตร ซึ่งกำหนดให้หน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$)

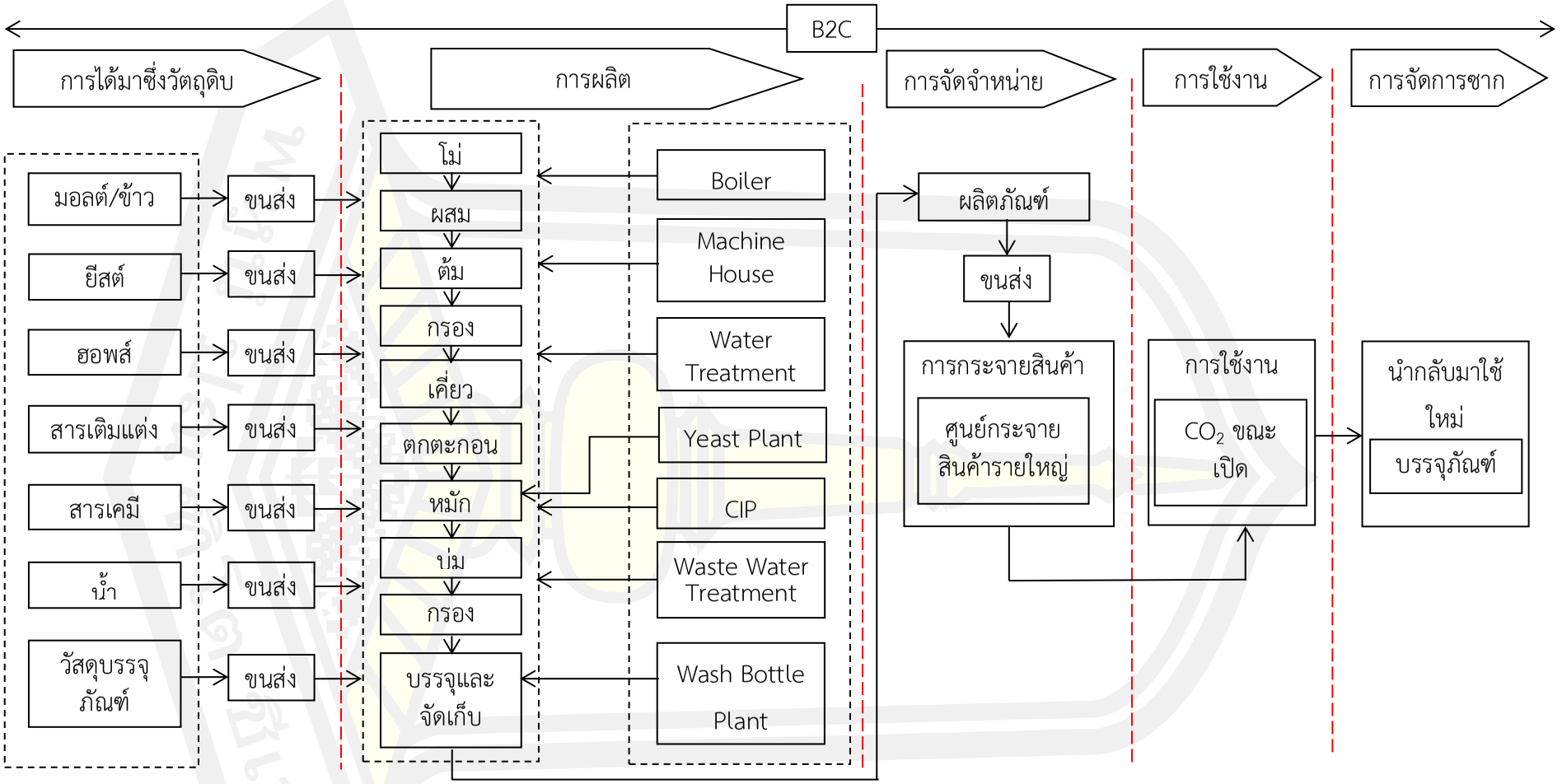
ขอบเขตวัฏจักรชีวิตที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ นับรวมการปล่อยจากกิจกรรม ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ
2. กระบวนการผลิตเบียร์
3. การกระจายสินค้า
4. การใช้งานผลิตภัณฑ์
5. การจัดการซากผลิตภัณฑ์
6. กระบวนการอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น การบำบัดหรือกำจัดของเสีย การผลิตไอน้ำ การปรับสภาพน้ำ เป็นต้น

ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ไม่ประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านกิจกรรม ดังต่อไปนี้

1. กิจกรรมสำนักงาน
2. การขนส่งโดยสัตว์ การขนส่งผ่านท่อ
3. การเดินทางของคนงาน
4. การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังร้านค้าปลีก

โดยมีแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ ดังแสดงภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 6 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

หมายเหตุ Boiler คือ อาคารผลิตไอน้ำ Machine House คือ อาคารเตรียมน้ำหล่อเย็น,แอมโมเนีย,คาร์บอนไดออกไซน์,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

3.3 การเก็บข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle–to–Grave (Business-to-Consumer: B2C) ข้อมูลที่ต้องเก็บจะเริ่มตั้งแต่ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการบรรจุภัณฑ์ กระบวนการขนส่งวัตถุดิบและขนส่งผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์ รวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

ข้อมูลที่จัดเก็บจะมี 2 ส่วน คือ

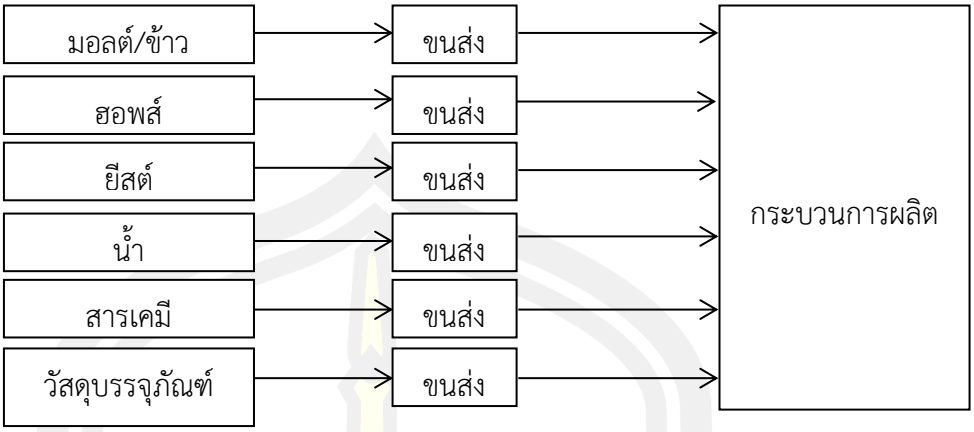
1) ข้อมูลทั่วไป เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน

2) ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity data) และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF)

ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity data) คือข้อมูลที่บ่งบอกถึงกิจกรรมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การผลิตวัตถุดิบ การผลิตพลังงาน การผลิตสาธารณูปโภค การขนส่ง การบำบัดและกำจัดของเสีย เป็นต้น ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมักขึ้นอยู่กับผลผลิตจากกิจกรรมนั้นๆ

3.3.1 การเก็บข้อมูลกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ [24]

ข้อมูลอาจจะอยู่ในรูปปริมาณวัตถุดิบ สารเคมี และสาธารณูปโภค ที่ใช้ในกระบวนการผลิตวัตถุดิบ โดยจะทำการเก็บข้อมูลเป็นหน่วยต่อการใช้งาน โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยตลอดการผลิตวัตถุดิบ ข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) ข้อมูลที่กล่าวมาอาจจะเป็นข้อมูลที่ได้รับจากผู้จัดหาวัตถุดิบโดยตรงในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีข้อมูลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว หรือได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการผลิตของผู้จัดหาวัตถุดิบ ในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ สามารถใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากแหล่งอ้างอิงที่มีอยู่ได้ เช่น คู่มือการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือเอกสารงานวิจัยที่สามารยอมรับได้ เป็นต้น

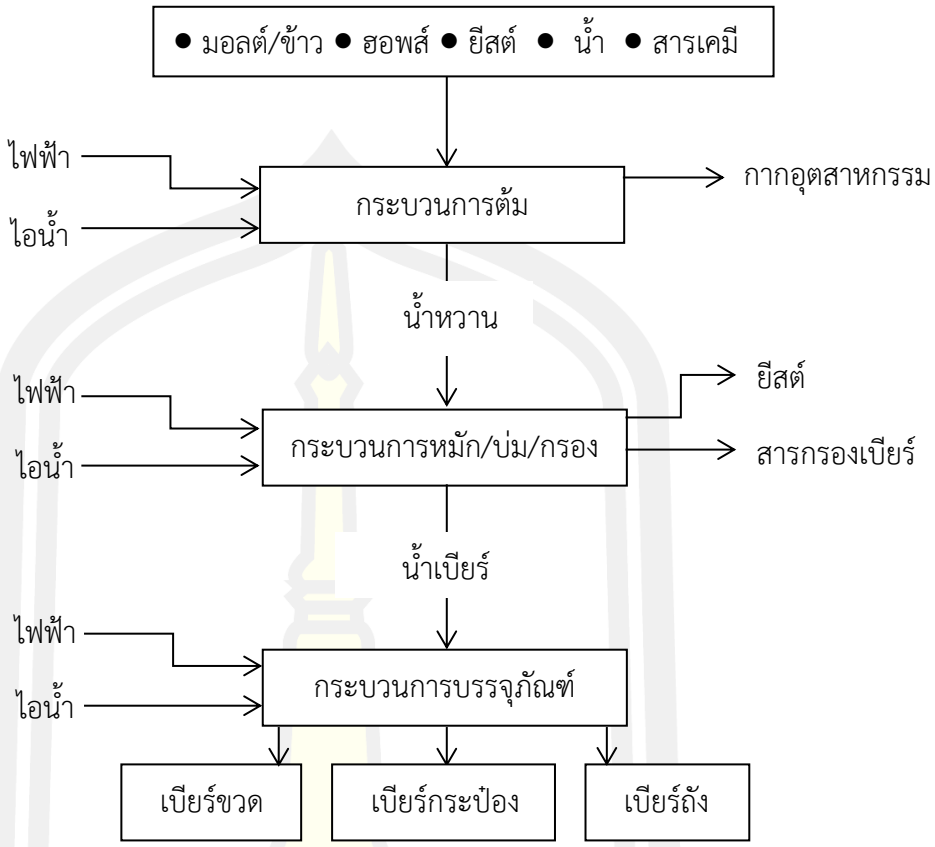


ภาพประกอบ 7 กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

3.3.2 การเก็บข้อมูลกระบวนการผลิต [24]

ขั้นตอนกระบวนการผลิต เริ่มตั้งแต่การนำวัตถุดิบต่างๆ เข้ามาในโรงงาน จากนั้นวัตถุดิบจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิต จนได้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจำหน่าย ดังนั้นขอบเขตของการพิจารณากระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วย การรับวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุภัณฑ์ การจัดเก็บสินค้า รวมไปถึงการสนับสนุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น การปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ การผลิตไอน้ำ การบำบัดรวมไปถึงการจัดการของเสียที่ได้เกิดขึ้น เช่น น้ำเสีย กากอุตสาหกรรม เป็นต้น รวมไปถึงระบบอำนวยความสะดวกอื่นๆ เช่น การทำความสะอาด ระบบส่องสว่าง ระบบความเย็น ระบบความร้อน รวมไปถึงระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต แต่ไม่รวมถึงกิจกรรมในส่วนของสำนักงาน

กระบวนการผลิตเบียร์ ดังแสดงภาพประกอบ 7 จะมีพลังงานหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ ไอน้ำ และ ไฟฟ้า ในส่วนของไอน้ำ จะมีการผลิตเองภายในบริษัท โดยใช้เชื้อเพลิงคือ น้ำมันเตา และไบโอแก๊ส ในส่วนของไฟฟ้าซื้อมาจากภายนอกไม่มีการผลิตใช้เองภายในบริษัท



ภาพประกอบ 8 แผนผังกระบวนการผลิตเบียร์

ข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับขั้นตอนการผลิต จะประกอบไปด้วย

1. ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ พลังงาน และสาธารณูปโภคในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต
2. ชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ในทุกกิจกรรมที่มีเกี่ยวข้องกับการผลิต
3. ชนิดและปริมาณของมลสาร กากของเสียในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต
4. ชนิดและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งสารขาเข้าของแต่ละรายการ (ยกเว้นการขนส่งผ่านท่อส่งหรือส่งผ่านสายไฟฟ้า) ทั้งเที่ยวที่ขนวัตถุดิบเข้าโรงงานและเที่ยวที่วิ่งออกจากโรงงาน

ข้อมูลในส่วนของการผลิตสามารถจัดเก็บได้ละเอียดและง่ายต่อการเก็บข้อมูล เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เข้าถึงได้โดยตรงเพราะเป็นข้อมูลที่อยู่ภายใต้การดูแลควบคุมของโรงงานที่ผลิต ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะต้องเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกไว้จริงและเป็นข้อมูลที่จัดเก็บในช่วงปีฐานที่ทำการศึกษา การจัดเก็บข้อมูลจะมักเก็บแยกตามกระบวนการย่อย เพื่อเลี่ยงการปันส่วนโดยไม่จำเป็นปละช่วยให้สามารถบ่งบอกขั้นตอนสำคัญที่เป็นสาเหตุการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่การวางแผนจัดดารพัฒนากระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.3 การกระจายสินค้า [24]

พิจารณาการขนส่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้า จุดกระจายสินค้าหลัก หรือตัวแทนจำหน่ายขนาดใหญ่ รวมถึงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอการจำหน่าย เช่นพลังงานไฟฟ้าในการแช่ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น สำหรับเครื่องดื่มที่ต้องเก็บรักษาในที่เย็น ข้อมูลที่ต้องรวบรวม ได้แก่

- น้ำหนักผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการขนส่ง การจัดเก็บ และการดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอจำหน่าย
- ประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง น้ำหนักบรรทุก สัดส่วนการบรรทุก และระยะทางในการขนส่งสินค้าจากผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า (ทั้งรอบขามาและขากลับ)
- ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (E.F.) ต่าง ๆ

3.3.4 การใช้งาน [24]

พิจารณาวัสดุและพลังงานที่ใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ในการบริโภค พิจารณาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยโดยตรงจากผลิตภัณฑ์เมื่อเปิดบริโภค ไม่พิจารณาวัสดุและพลังงานสำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ระหว่างรอการบริโภค ไม่พิจารณาการล้างภาชนะที่ใช้สำหรับการบริโภค สำหรับผลิตภัณฑ์เบียร์ จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยโดยตรงจากผลิตภัณฑ์เมื่อเปิดบริโภค 5.8 g/Liter Beer (ค่าที่วัดผลโดยผู้ควบคุมดูแลกระบวนการผลิตเบียร์)

3.3.5 การจัดการซากผลิตภัณฑ์ [24]

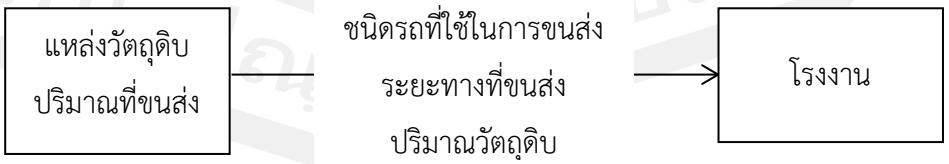
พิจารณาการบำบัดและกำจัดบรรจุภัณฑ์และของเสียที่เหลือภายหลังการบริโภคอื่นๆ รวมถึงการขนส่งของเศษซากและของเสียไปยังสถานที่สำหรับบำบัดหรือรับกำจัด โดยของเสียที่สามารถติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลได้ว่ามีการนำกลับมาใช้ใหม่จะไม่ถูกนำมาพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้ ข้อมูลที่ต้องรวบรวมได้แก่

- ปริมาณเศษซากผลิตภัณฑ์ เศษซากบรรจุภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้งานผลิตภัณฑ์
- วิธีการบำบัดและกำจัดเศษซากผลิตภัณฑ์ เศษซากบรรจุภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงหรือตามสถานการณ์สมมติ
- ปริมาณเชื้อเพลิงในการขนส่งเศษซากผลิตภัณฑ์ เศษซากบรรจุภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้น หลังจากการใช้งานผลิตภัณฑ์ไปยังแหล่งรับบำบัดและกำจัด (ทั้งเที่ยวมาและกลับ) หรือประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง น้ำหนักที่ทำการบรรทุก สัดส่วนของการบรรทุก ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ และ ระยะทางที่ขนส่งเศษซากผลิตภัณฑ์ เศษซากบรรจุภัณฑ์และของเสียจากจุดใช้งานไปยัง แหล่งบำบัดและกำจัด (ทั้งเที่ยวมาและกลับ)
- ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (E.F.) ต่าง ๆ

3.3.6 การเก็บข้อมูลกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ [24]

ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบโดยวิธีการใดก็ตาม ทั้ง เครื่องบิน รถยนต์ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ หรือรถไฟ โดยพิจารณาตั้งแต่โรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบมายังโรงงานของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน ทั้งต่างประเทศและในประเทศ ซึ่งจะคิดทั้งการชนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ ข้อมูลที่จัดเก็บจะประกอบไปด้วย

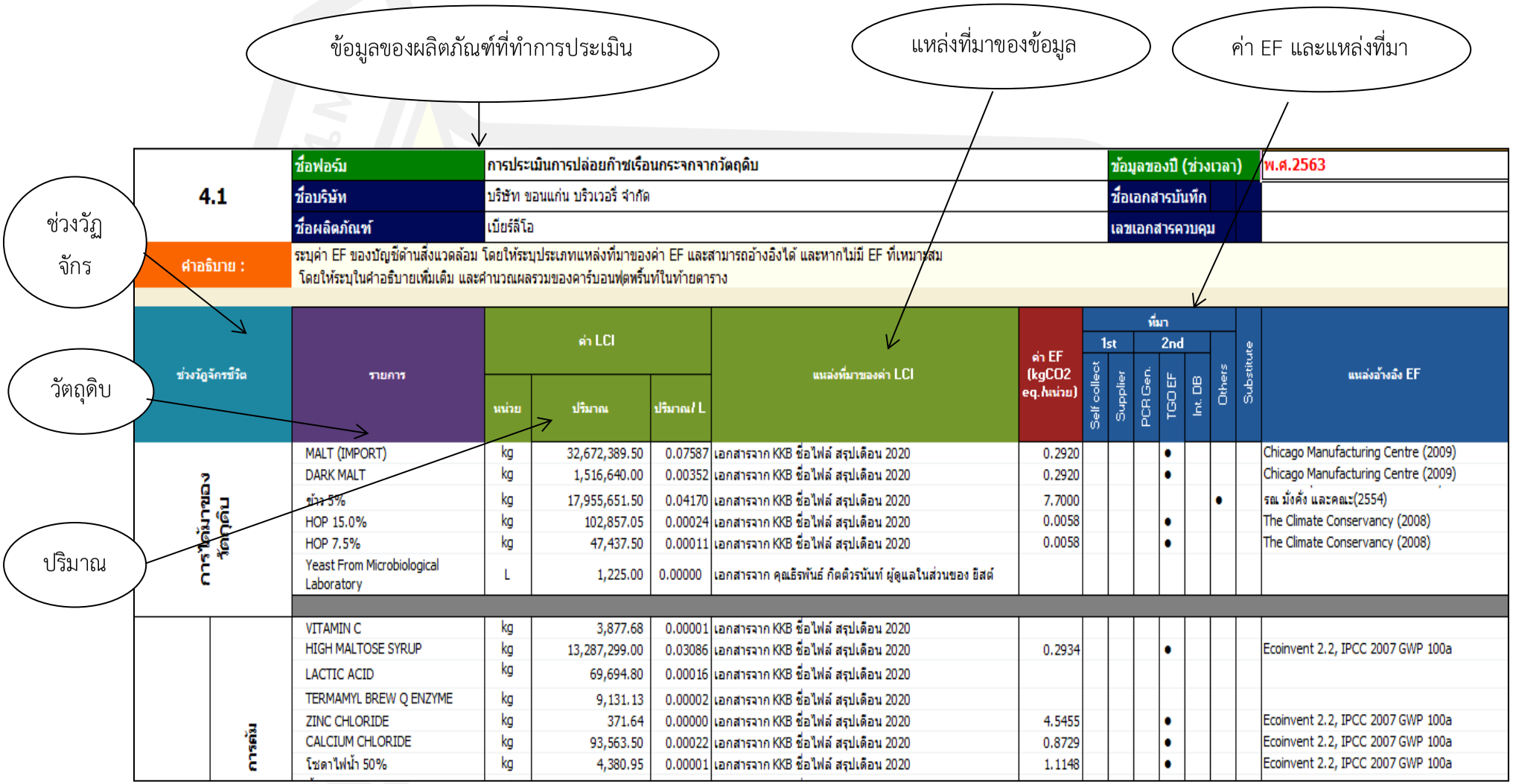
1. ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้จริง อาจจะเก็บจากใบเสร็จค่าน้ำมัน หรืออื่นๆ โดยครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบที่ขนส่งมาจากภายนอกโรงงาน และครอบคลุมทั้งเที่ยวที่ขนวัตถุดิบเข้าโรงงานและเที่ยวที่วิ่งออกจากโรงงาน
2. หากไม่มีการจัดเก็บเชื้อเพลิงที่ใช้จริง หรือมีแต่ไม่ครอบคลุมทุกรายการวัตถุดิบ หรือไม่ครอบคลุมเที่ยวที่ขนส่ง ให้คำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยอาศัยข้อมูลของประเภทยานพาหนะ รวมกับข้อมูลระยะการขนส่งและอัตราบรรทุก



ภาพประกอบ 10 เก็บข้อมูลของกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ

3.3.8 เครื่องมือที่ใช้ในในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

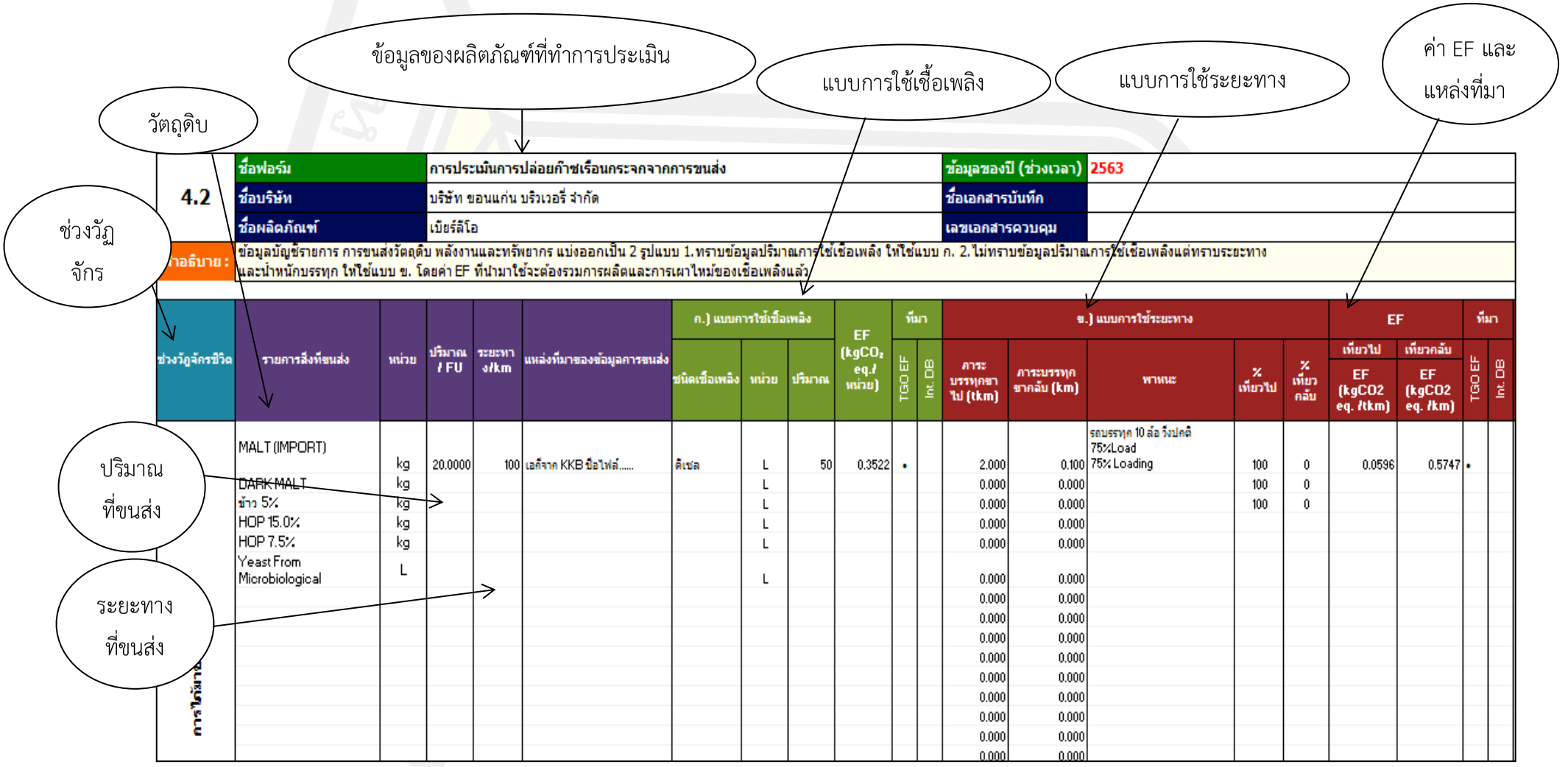
เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ใช้โปรแกรม Microsoft Excel คือ โปรแกรมประเภทสเปรตชีท (speadsheet) หรือโปรแกรมตารางงานซึ่งใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ สูตรคำนวณ ลงบนแผ่นตารางงานคล้ายกับการเขียนข้อมูลลงไปในสมุดที่มีการตีช่องตารางทั้งแนวนอนและแนวตั้ง โดยนำโปรแกรม Microsoft Excel มาใช้สำหรับทำตารางบันทึกข้อมูลและคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และแสดงผลการประเมิน



4.1	ชื่อฟอร์ม	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบ	ข้อมูลของปี (ช่วงเวลา)	พ.ศ.2563
	ชื่อบริษัท	บริษัท ขอนแก่น บริวเวอรี่ จำกัด	ชื่อเอกสารบันทึก	
	ชื่อผลิตภัณฑ์	เบียร์ลีโอ	เลขเอกสารควบคุม	
คำอธิบาย :	ระบุค่า EF ของบัญชีด้านสิ่งแวดล้อม โดยให้ระบุประเภทแหล่งที่มาของค่า EF และสามารถอ้างอิงได้ และหากไม่มี EF ที่เหมาะสม โดยให้ระบุในคำอธิบายเพิ่มเติม และคำนวณผลรวมของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในท้ายตาราง			

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ค่า LCI			แหล่งที่มาของค่า LCI	ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	ที่มา							แหล่งอ้างอิง EF
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/ L			1st		2nd				Substitute	
							Self collect	Supplier	PCR Gen.	TGO EF	Int. DB	Others		
การได้มาของวัตถุดิบ	MALT (IMPORT)	kg	32,672,389.50	0.07587	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.2920				●				Chicago Manufacturing Centre (2009)
	DARK MALT	kg	1,516,640.00	0.00352	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.2920				●				Chicago Manufacturing Centre (2009)
	ข้าว 5%	kg	17,955,651.50	0.04170	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	7.7000						●		รณ มั่งคั่ง และคณะ(2554)
	HOP 15.0%	kg	102,857.05	0.00024	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.0058				●				The Climate Conservancy (2008)
	HOP 7.5%	kg	47,437.50	0.00011	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.0058				●				The Climate Conservancy (2008)
	Yeast From Microbiological Laboratory	L	1,225.00	0.00000	เอกสารจาก คุณธีรพันธ์ กิตติวรนันท์ ผู้ดูแลในส่วนของ ยีสต์									
การได้มาของวัตถุดิบ	VITAMIN C	kg	3,877.68	0.00001	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020									
	HIGH MALTOSE SYRUP	kg	13,287,299.00	0.03086	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.2934				●				Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
	LACTIC ACID	kg	69,694.80	0.00016	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020									
	TERMAMYL BREW Q ENZYME	kg	9,131.13	0.00002	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020									
	ZINC CHLORIDE	kg	371.64	0.00000	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	4.5455				●				Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
	CALCIUM CHLORIDE	kg	93,563.50	0.00022	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	0.8729				●				Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
	โซดาไฟน้ำ 50%	kg	4,380.95	0.00001	เอกสารจาก KKB ชื่อไฟล์ สรุปเดือน 2020	1.1148				●				Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a

ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต โดยโปรแกรม Microsoft Excel



4.2	ชื่อฟอร์ม	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	ข้อมูลของปี (ช่วงเวลา) 2563
	ชื่อบริษัท	บริษัท ขอนแก่น บริวเวอรี่ จำกัด	ชื่อเอกสารบันทึก
	ชื่อผลิตภัณฑ์	เบียร์ลีโอ	เลขเอกสารควบคุม
	คำอธิบาย :	ข้อมูลบัญชีรายการ การขนส่งวัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ 1. ทราบข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ให้ใช้แบบ ก. 2. ไม่ทราบข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ทราบระยะทาง และน้ำหนักบรรทุก ให้ใช้แบบ ข. โดยค่า EF ที่นำมาใช้จะต้องรวมการผลิตและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแล้ว	

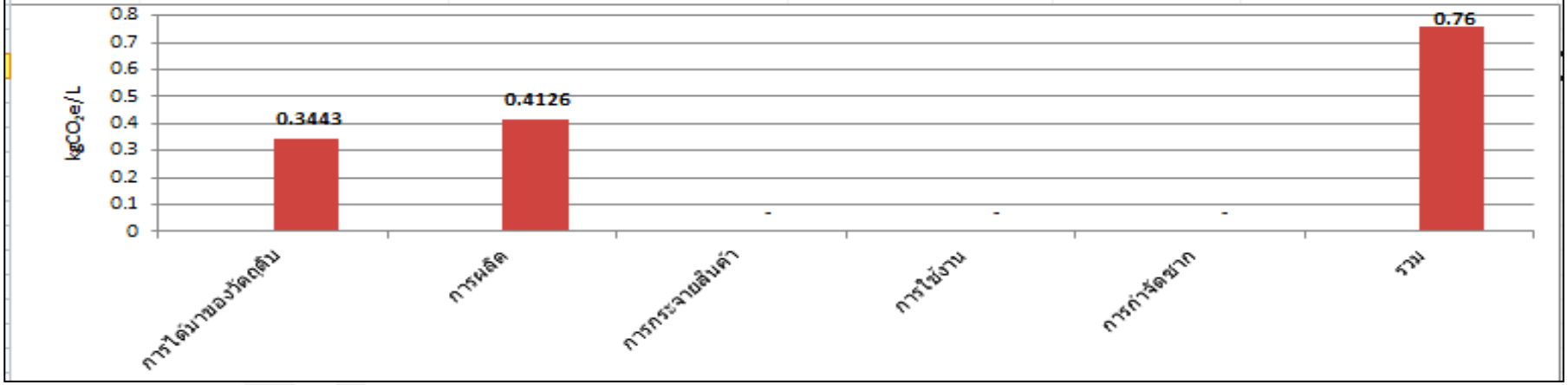
ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการสิ่งที่ขนส่ง	หน่วย	ปริมาณ / FU	ระยะทาง/km	แหล่งที่มาของข้อมูลการขนส่ง	ก.) แบบการใช้เชื้อเพลิง			EF ($kgCO_2$ eq./หน่วย)	ที่มา		ข.) แบบการใช้ระยะทาง				EF		ที่มา	
						ชนิดเชื้อเพลิง	หน่วย	ปริมาณ		TGO EF	Int. DB	ภาระบรรทุกขาไป (tkm)	ภาระบรรทุกขากลับ (km)	พาหนะ	% เที่ยวไป	% เที่ยวกลับ	เที่ยวไป EF ($kgCO_2$ eq./tkm)	เที่ยวกลับ EF ($kgCO_2$ eq./km)	TGO EF	Int. DB
การใช้งาน	MALT (IMPORT)	kg	20.0000	100	เอกีจาก KKB ชื่อไฟล์.....	ดีเซล	L	50	0.3522	•		2.000	0.100	รถบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 75%Load 75% Loading	100	0	0.0596	0.5747	•	
	DARK MALT	kg					L					0.000	0.000		100	0				
	ข้าว 5%	kg					L					0.000	0.000		100	0				
	HOP 15.0%	kg					L					0.000	0.000							
	HOP 7.5%	kg					L					0.000	0.000							
	Yeast From Microbiological	L					L					0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							
												0.000	0.000							

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่ง โดยโปรแกรม Microsoft Excel

5	ชื่อฟอร์ม	สรุปการปลอยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์
	ข้อมูลของปี (ช่วงเวลา)	2563
	ชื่อบริษัท	
	ชื่อผลิตภัณฑ์	
คำอธิบาย :	แสดงแผนภาพสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตามขอบเขตที่กำหนดขึ้น	

ช่วงวัฏจักรชีวิต	การปล่อย GHG ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ($kgCO_{2}$ eq.)	การปล่อย GHG ของการขนส่ง วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (kgCO2 eq.)	ผลรวม(kgCO2 eq.)	สัดส่วน
การได้มาของวัตถุดิบ	0.3443	-	0.3443	45.49
การผลิต	0.4126	-	0.4126	54.51
การกระจายสินค้า		-	-	-
การใช้งาน		-	-	-
การกำจัดซาก		-	-	-
รวม	0.76	-	0.76	100.00

จัดทำโดย	(ที่ปรึกษา/ผู้คำนวณ)	เสร็จสิ้นวันที่	วันที่ผู้ทวนสอบตรวจเสร็จ	วันที่แก้ไข	กรณีที่ อบก. ให้แก้ไขเพิ่มเติม



ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างตารางสรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยโปรแกรม Microsoft Excel

3.4 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.4.1 การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ [2]

ในการคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลด้านปฐมภูมิและข้อด้านมูลทุติยภูมิต้องถูกคำนวณและแปลงออกมาให้อยู่ในรูปปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเภทวัตถุดิบ วัสดุ การใช้พลังงาน หรือของเสียกระบวนการนั้น ๆ และบันทึกในรูปปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

Carbon Footprint ($kgCO_2e$/หน่วย) = Activity data x Emission Factor ..... (1)

โดย Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรม

Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดข้อมูลกิจกรรม ($kgCO_2e$/หน่วย)

3.4.2 การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการขนส่ง [2]

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่งทางรถสามารถทำได้โดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้ โดยการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง สามารถคำนวณได้ 2 แบบคือ แบบใช้เชื้อเพลิงและแบบใช้ระยะทาง ดังต่อไปนี้

1. ในกรณีที่ทราบข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ใน การเดินทาง หรือขนส่ง ให้นำปริมาณที่ใช้ไปคูณกับค่าค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังสมการที่ (2)

2. กรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ให้เลือกใช้วิธีการ คำนวณ โดยเลือกจากวิธีต่างๆ ดังนี้

2.1 กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง ให้นำข้อมูลระยะทางที่เก็บมาได้มาคำนวณเป็นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (โดยอ้างอิงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม) คูณกับค่าค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังสมการที่ (3)

2.2 กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของยานพาหนะ ให้นำข้อมูลระยะทางที่เก็บมาได้มาคูณกับน้ำหนักที่บรรทุกคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของยานพาหนะ (โดยอ้างอิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม) ดังสมการที่ (4)

ET = ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (liter) x EF ตามประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง..... (2)

ET = (ระยะทาง/อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง) x EF ตามประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง.....(3)

ET = ระยะทาง (km) x น้ำหนักที่บรรทุก (ton) x EF ของยานพาหนะที่ใช้.....(4)

โดย

ET คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง ($kgCO_2e$)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$/ton-km)

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งทางในกรณีขนส่งทางอากาศ การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางโดยเครื่องบิน สามารถทำได้โดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

1. กรณีมีข้อมูลระยะทาง ให้คำนวณจากระยะทางที่เดินทางคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลเมตร) ดังสมการที่ (5)

ET = ระยะทาง (pkm) x EF ของการเดินทางโดยเครื่องบิน..... (5)

2. กรณีไม่มีข้อมูลระยะทาง ให้คำนวณจากจำนวนเที่ยวในการเดินทางคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบินต่อเที่ยว (กรณีเดินทางเที่ยวละไม่เกิน 1,500 กิโลเมตร)

3.4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก [25]

ตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามชนิดรถที่ใช้ขนส่ง

ชนิดรถ	Emission Factor ($kgCO_2e$/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: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวบรวมจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

ตาราง 9 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

ชื่อ	หน่วย	EF ($kgCO_2e$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
มอลต์	kg	0.2920	[26]
ข้าว	kg	0.4940	[18]
ฮอพส์	kg	0.0058	[26]
ขวดแก้วสีชา	kg	0.8305	[25]
ฉลากขวด,คอ (กระดาษพิมพ์เขียนแบบเคลือบผิว)	kg	2.1639	[25]
กล่อง,ถาด (กระดาษคราฟท์ ชนิดทำลอน)	kg	1.6184	[25]
ฝา (Galvanized steel sheet)	kg	2.7073	[25]
กระป๋องอลูมิเนียม (Alumnium Sheet)	kg	3.2231	[25]
ฝากระป๋อง ($AlMg_3$)	kg	6.3369	[25]
พลาสติกหุ้มถาด (LDPE)	kg	2.6258	[25]
ฝาปิดถัง (Cast iron)	kg	1.6382	[25]
ไฟฟ้า (Electricity, grid mix)	kWh	0.5986	[25]
ไอน้ำ	kg	0.0514	[15]
น้ำ	m^3	1.3168	[15]

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวบรวมจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเบียร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ในบทนี้ มีหัวข้อที่เกี่ยวข้อง คือ หัวข้อ 4.1 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของเบียร์ หัวข้อ 4.2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆของ ผลิตภัณฑ์เบียร์ และผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ในหัวข้อ 4.3

ตาราง 10 ผลิตภัณฑ์เบียร์ที่ทำการประเมินคาร์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เบียร์	ปริมาณ	หน่วย	หน่วยในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์
เบียร์ขวด	620	มิลลิลิตร	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเบียร์ 1 ขวด
เบียร์กระป๋อง	320	มิลลิลิตร	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเบียร์ 1 กระป๋อง
เบียร์ถัง	30	ลิตร	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเบียร์ 1 ถัง

4.1 **บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของเบียร์**

ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่สำคัญและจำเป็นที่จะต้องใช้ในการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะครอบคลุมทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งานผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซาก

4.1.1 บัญชีรายการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

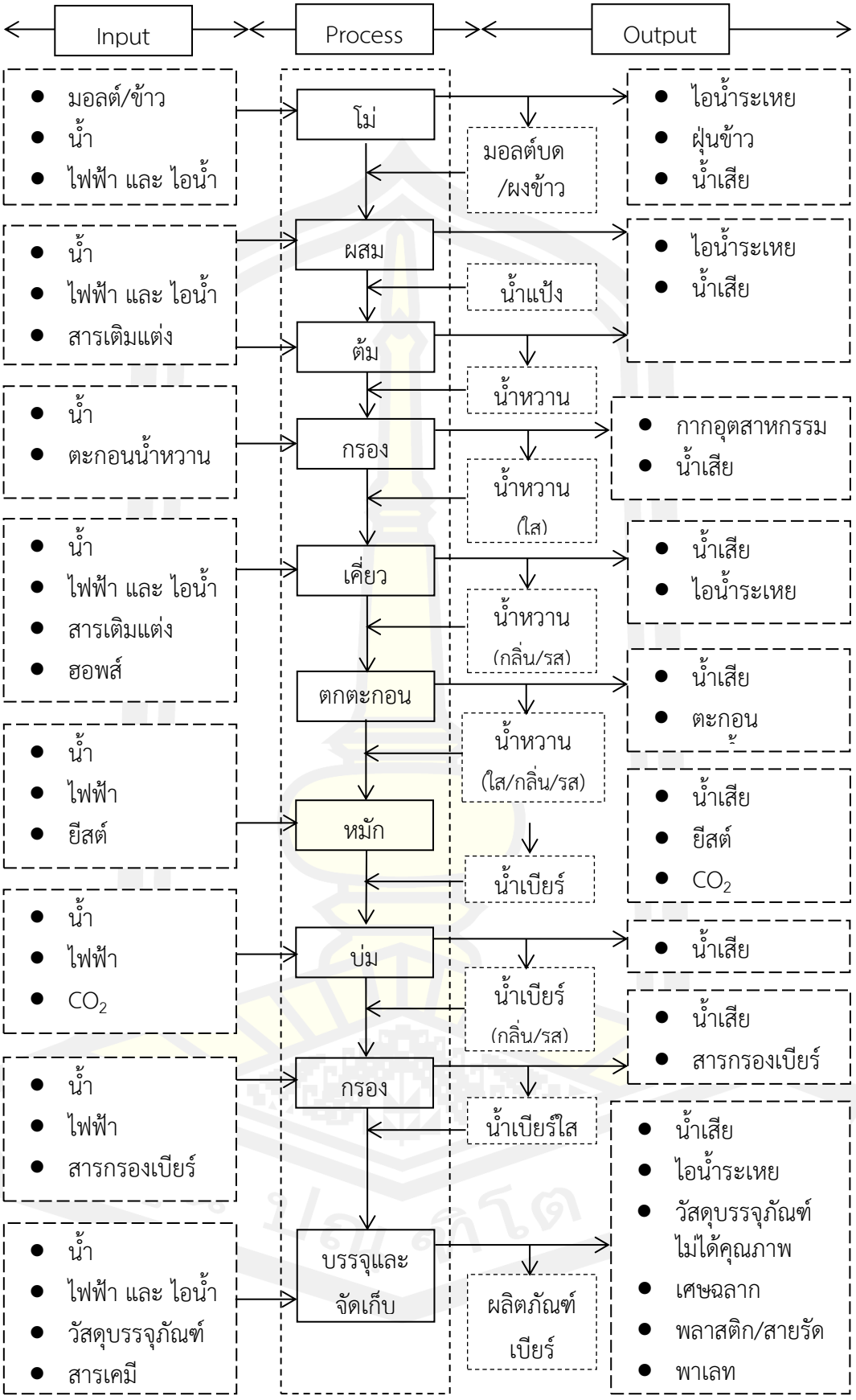
วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ ดังแสดงในตาราง 11 เป็นวัตถุดิบที่ซื้อมาจากภายนอก จะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศและในประเทศ ไม่มีกระบวนการผลิตวัตถุดิบเอง วัตถุดิบ ได้แก่ น้ำ ยีสต์ สารเคมี และ วัสดุบรรจุภัณฑ์ จะต้องมีการจัดเตรียมวัตถุดิบ ให้เหมาะสมต่อการใช้งานในกระบวนการผลิต คือ การปรับสภาพน้ำ เพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณสมบัติตามต้องการ การเพาะเลี้ยงยีสต์ เพื่อให้ได้ยีสต์ที่เพียงพอต่อการผลิตน้ำเบียร์ การเตรียมน้ำยาทำความสะอาดจากสารเคมี และการล้างวัสดุบรรจุภัณฑ์ก่อนทำการบรรจุ

ตาราง 11 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์

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

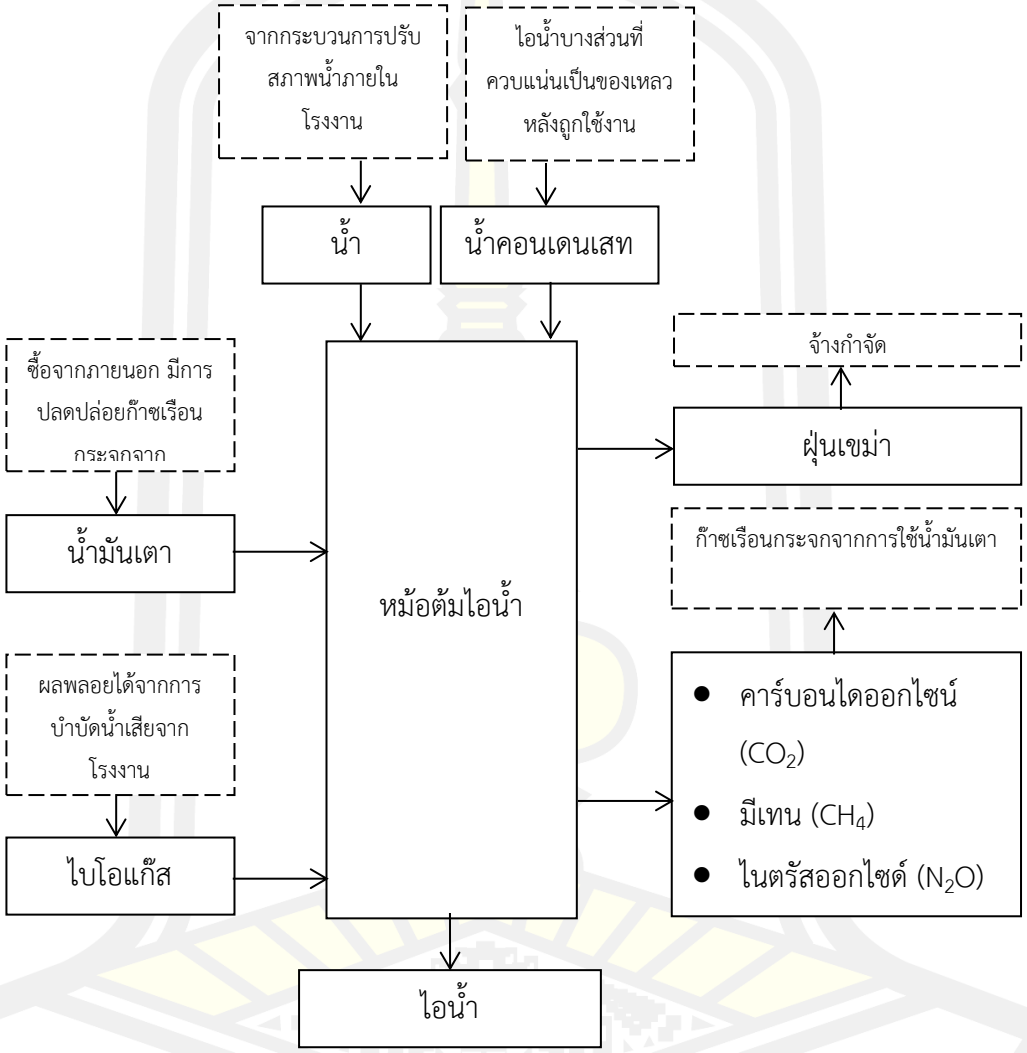
4.1.2 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต

บัญชีรายการของกระบวนการผลิตเบียร์ จะเริ่มตั้งแต่การนำมาวัตถุดิบมาเข้าสู่กระบวนการโม่เพื่อให้ข้าวหรือมอลต์มีขนาดเล็กลง เมื่อได้วัตถุดิบในขนาดและปริมาณตามที่ต้องการ ข้าวหรือมอลต์จะถูกนำมาต้มเพื่อให้ได้น้ำแป้ง และดรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ จากนั้นจะถูกนำไปเคี่ยวเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่กำหนด ในส่วนนี้จะมีการเติมฮอพส์ (Hops) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำเบียร์ ทำให้เบียร์มีความขม มีกลิ่น และสีที่เฉพาะตัว น้ำแป้งที่ผ่านกระบวนการเคี่ยวและนำมาพักให้ตกตะกอนจะถูกเรียกว่า น้ำหวาน (Wort) กระบวนการถัดไปจะมีการเติมยีนส์ลงไปในน้ำหวาน (Wort) และถูกส่งเข้าสู่กระบวนการหมัก ในอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 14-16 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 10 วัน ยีสต์ (Yeasts) จะทำให้มีแอลกอฮอล์เกิดขึ้นในน้ำหวาน (Wort) ทำให้น้ำหวาน (Wort) เปลี่ยนเป็นน้ำเบียร์ (Beer) จากนั้นจะทำการแยกตัวยีสต์ออกจากน้ำเบียร์ (Beer) ยีสต์ (Yeasts) จะถูกนำกลับไปใช้ใหม่อีกครั้ง และน้ำเบียร์ (Beer) จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการบ่มในอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ -1 ถึง -3 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ กลิ่น และรสชาติที่ดียิ่งขึ้น ใช้ระยะเวลาประมาณ 3 วัน และจะถูกนำไปกรองเพื่อให้ได้น้ำเบียร์ที่ใสขึ้น โดยใช้สารกรองเบียร์(Kieselguhr) นำเบียร์ที่ผ่านการกรองจะถูกเรียกว่าน้ำเบียร์ใส (Bright Beer) และถูกส่งเข้าสู่กระบวนการบรรจุเบียร์ และผ่านการพาสเจอร์ไรส์(Pasteurization) ก่อนนำบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการบรรจุเบียร์ขวด เบียร์กระป๋อง และเบียร์ถัง ภาพรวมบัญชีรายการข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 14 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เบียร์

การใช้พลังงานในกระบวนการผลิต พลังงานที่ใช้ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน คือ ไอน้ำ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าไม่มีการผลิตเองภายในโรงงาน ซื้อจากภายนอกคือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในส่วนพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ที่ผลิตเองภายในโรงงานคือ ไอน้ำ โดยจะมีกระบวนการผลิต ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 15 รายการด้านสิ่งแวดล้อมกระบวนการผลิตไอน้ำ

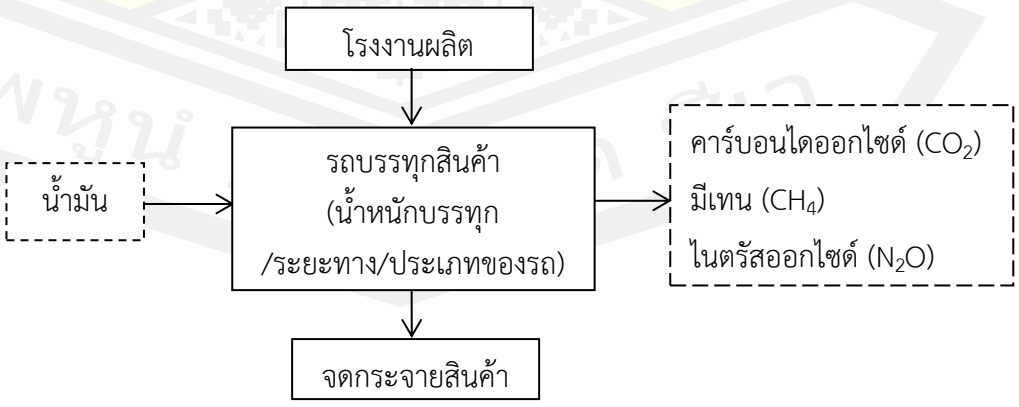
4.1.3 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการกระจายสินค้า

การกระจายสินค้าของผลิตภัณฑ์เบียร์ทั้ง 3 ชนิด จะแบ่งออกเป็นจุดกระจายสินค้าหลักหรือตัวแทนจำหน่ายรายใหญ่ และตัวแทนจำหน่าย ดังตาราง 12 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการขนส่งสินค้า จากผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้าต่างๆ ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับ ระยะทางที่ขนส่ง น้ำหนักบรรทุก และประเภทของรถที่ใช้ขนส่ง

ตาราง 12 การกระจายสินค้าของผลิตภัณฑ์เบียร์

จุดกระจายสินค้า		ระยะทาง (km)	ผลิตภัณฑ์เบียร์		
			ขวด	กระป๋อง	ถัง
จุดกระจายสินค้าหลัก	คลังอุบลราชธานี	310	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		ไม่มีการขนส่ง
	คลังชลบุรี	512	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		ไม่มีการขนส่ง
ตัวแทนจำหน่าย	อีสานเหนือ	209	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 16 ตัน
	อีสานใต้	227	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 16 ตัน
	ภาคกลาง	435	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		ไม่มีการขนส่ง
	ภาคตะวันออก	457	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 32 ตัน		ไม่มีการขนส่ง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากสารพิษที่ปล่อยออกมาจากการขนส่งสินค้า การปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นเกิดจาก น้ำมันดีเซล ที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางการขนส่งมาก จะส่งผลให้ปริมาณการใช้ น้ำมันมากตามไปด้วย ซึ่งการใช้น้ำมันส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 16 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการกระจายสินค้า

4.1.4 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้งานผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการผลิตเบียร์ เมื่อทำการ หมักด้วยยีสต์ (Yeast) ทำให้น้ำเบียร์มีคุณสมบัติที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ (Alcohol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้น เมื่อเราทำการบริโภคผลิตภัณฑ์เบียร์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในน้ำเบียร์ จะออกมาสู่บรรยากาศภายนอก บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้งานผลิตภัณฑ์ จึงคิดค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีอยู่ในน้ำเบียร์ของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีค่าอยู่ที่ 5.8 g/Liter Beer (ค่าที่วัดผลโดยผู้ควบคุมดูแลกระบวนการผลิตเบียร์) ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังตาราง 13

ตาราง 13 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของการใช้งานผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
เบียร์ขวด	620 มิลลิลิตร	0.0038 $kgCO_2e$
เบียร์กระป๋อง	320 มิลลิลิตร	0.0019 $kgCO_2e$
เบียร์ถัง	30 ลิตร	0.1828 $kgCO_2e$

4.1.5 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการซากผลิตภัณฑ์

พิจารณาการบำบัดและกำจัดบรรจุภัณฑ์ที่เหลือภายหลังจากการใช้งานบริโภค ซึ่งของเสียที่ สามารถติดตามและเก็บข้อมูลได้ว่ามีการนำกลับมาใช้ใหม่ จะไม่ถูกนำมาพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้ แต่ยังดำเนินการคิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการขนส่งของเศษซากและของเสียไปยังแหล่งรับบำบัดและกำจัด รายละเอียดซากผลิตภัณฑ์ดังตาราง 14

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เบียร์มีการกระจายสินค้าไปทั่วประเทศ จึงทำให้ไม่สามารถดำเนินการเก็บข้อมูลหลังใช้งานผลิตภัณฑ์ในเรื่องของการขนส่งได้ ตามข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและผงชงดื่ม [24] จึงกำหนดให้ หากไม่มีข้อมูลเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งของเสียหลังการบริโภค หรือ ประเภทพาหนะที่ใช้ในการ ขนส่ง ระยะทาง และอัตราบรรทุก ให้ประเมินโดยใช้ข้อมูลต่อไปนี้

- ระยะทางขนส่ง คือ 40 กิโลเมตรต่อเที่ยว
- พาหนะที่ใช้ คือ รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน วิ่งปกติ
- พิจารณาทั้งขามาและขากลับโดยใช้อัตราการขนส่งขามาไม่มีการบรรทุก (0% Loading) และขากลับบรรทุกเต็มคัน (100% Loading)

ตาราง 14 การจัดการซากผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

ผลิตภัณฑ์	ซากผลิตภัณฑ์	การจัดการซากผลิตภัณฑ์	การขนส่ง
เบียร์ขวด	ขวดแก้วสีชา กระดาษลัง ที่กั้นลัง ฝาจีบ	นำกลับมาใช้ใหม่	ตามข้อกำหนด*
เบียร์กระป๋อง	กระป๋องอลูมิเนียม ฝากระป๋อง ถาด พลาสติกหุ้มถาด	นำกลับมาใช้ใหม่	ตามข้อกำหนด*
เบียร์ถัง	ถังเบียร์ ฝาถัง สติ๊กเกอร์ แสตมป์ พลาสติกยืดห่อบรรจุภัณฑ์	นำกลับมาใช้ใหม่	ตามข้อกำหนด*

หมายเหตุ : *ตามข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและผงชงดื่ม

4.4 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆของ ผลิตภัณฑ์เบียร์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการต่างๆของ ผลิตภัณฑ์เบียร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ข้อมูลด้านกิจกรรม (Activity data) ดังตาราง 15 และจากกระบวนการขนส่ง ดังตาราง 16

ตาราง 15 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

วัฏจักรชีวิต		รายชื่อ	หน่วย	EF ($kgCO_2e$/หน่วย)*	ข้อมูลด้านกิจกรรม (ปริมาณ/หน่วย)			คาร์บอนฟุตพริ้นท์($kgCO_2e$/หน่วยผลิตภัณฑ์)		
					ขวด	กระป๋อง	ถัง	ขวด	กระป๋อง	ถัง
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	วัตถุดิบหลัก	มอลต์/ข้าว/ฮอพส์/ยีสต์	kg	0.3605	0.0720	0.0483	4.8971	0.0260	0.0174	1.7655
		น้ำ	m3	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	ขวดแก้วสีชา/ฉลากขวด,คอ/กล่อง/ที่กั้นขวด/ฝา/กาว/ฟิล์ม	kg	0.5922	0.4231	-	-	0.2505	-	-
		กระป๋องอลูมิเนียม/ฝากระป๋อง/พลาสติกหุ้มถาด/ถาด/กาว/ฟิล์ม	kg	2.7065	-	0.0227	-	-	0.0614	-
		ถัง/ฝาปิดถัง/สติ๊กเกอร์/แสตมป์/ฟิล์ม	kg	0.0021	-	-	10.190	-	-	0.0213
		คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ($kgCO_2e$/หน่วยผลิตภัณฑ์)						0.2827	0.0830	2.2107
การผลิต	เตรียมน้ำหวาน >> เตรียมน้ำเบียร์ >> บรรจุและจัดเก็บ	ไฟฟ้า	kWh	0.5986	0.0433	0.0262	3.1092	0.0259	0.0157	1.8612
		ไอน้ำ	kg	0.0514	0.0123	0.0078	0.8550	0.0006	0.0004	0.0440
		น้ำ	m3	1.3168	0.0012	0.0006	0.0631	0.0015	0.0008	0.0831
		อื่นๆ						0.0044	0.0026	0.2633
		คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต ($kgCO_2e$/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 ($kgCO_2e$/หน่วยผลิตภัณฑ์)						0.3190	0.1045	4.6450

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดข้อมูลกิจกรรม ($kgCO_2e$/หน่วย) ตามสัดส่วนการใช้วัตถุดิบ

ตาราง 16 ตารางประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่ง

วัฏจักรชีวิต	ชนิดรถ	ระยะทาง (km) *	EF ($kgCO_2e$/หน่วย)		ปริมาณ (kg)/หน่วยผลิตภัณฑ์			คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2e$/หน่วยผลิตภัณฑ์)		
			เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	ขวด	กระป๋อง	ถัง	ขวด	กระป๋อง	ถัง
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	เรือบรรทุกคอนเทนเนอร์	13,287	0.0107	0.0000	0.5142	0.0838	16.387	0.0123	0.0048	0.3989
	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ 32 ตัน	300	0.0459	1.0206						
	รถตู้บรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน	512	0.0404	0.7870						
	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	272	0.0454	0.5747						
	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	438	0.0533	0.5900						
การผลิต	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	442	0.0404	0.7870	0.1444	0.0954	9.6732	0.0001	0.0001	0.0083
	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	358	0.0454	0.5747						
	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	302	0.0533	0.5900						
การกระจายสินค้า	รถกระบะบรรทุกพ่วง 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 ($kgCO_2e$/หน่วยผลิตภัณฑ์)								0.0424	0.0139	1.2751

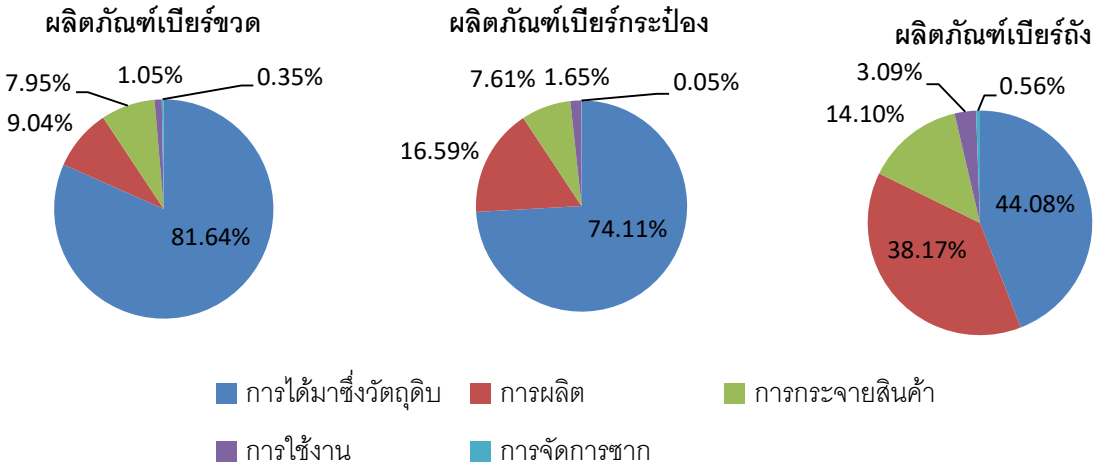
หมายเหตุ : *ระยะทางเฉลี่ยตามชนิดรถที่ใช้ขนส่ง

4.5 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเบียร์ลาเกอร์ ที่บรรจุในขวดแก้วสีชา ขนาดบรรจุ 620 มิลลิลิตร บรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม ปริมาณ 320 มิลลิลิตร และ บรรจุในถังเบียร์สด 30 ลิตร แสดงผลดังตารางที่ 17

ตาราง 17 สรุปการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์

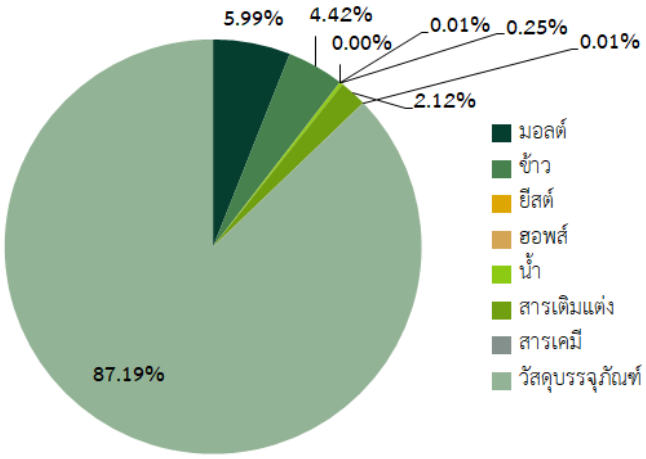
ช่วงวัฏจักรชีวิต	ผลิตภัณฑ์เบียร์ขวด			ผลิตภัณฑ์เบียร์กระป๋อง			ผลิตภัณฑ์เบียร์ถัง		
	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม	กิจกรรม	ขนส่ง	รวม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.283	0.012	0.295	0.083	0.005	0.088	2.211	0.399	2.609
การผลิต	0.032	0.000	0.033	0.020	0.000	0.020	2.252	0.008	2.259
การกระจายสินค้า	0.000	0.029	0.029	0.000	0.009	0.009	0.000	0.835	0.835
การใช้งาน	0.004	0.000	0.004	0.002	0.000	0.002	0.183	0.000	0.183
การจัดการซาก	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.033
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	0.319	0.042	0.361	0.104	0.014	0.118	4.645	1.275	5.920
	0.361 $kgCO_2e$/ขวด			0.118 $kgCO_2e$/กระป๋อง			5.902 $kgCO_2e$/ถัง		



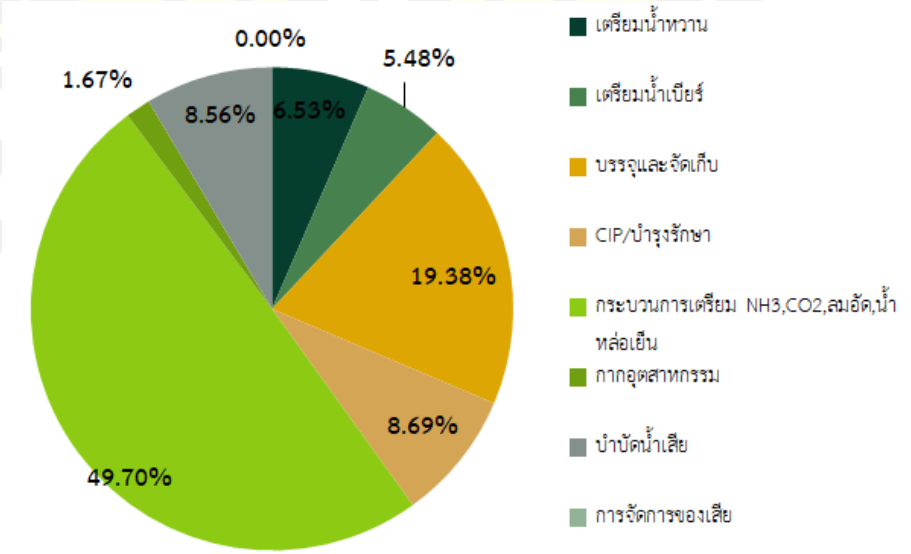
ภาพประกอบ 17 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) แบบ Cradle–to–Grave (B2C) โดยพบว่ามีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์ขวดเท่ากับ 0.3614 $kgCO_2e$/ขวด ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์กระป๋องเท่ากับ 0.1184 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์ถังเท่ากับ 5.9021 $kgCO_2e$/ถัง

การที่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ในส่วนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงคือ ในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสัดส่วนของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการที่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบดังแสดงในภาพประกอบ 17 และ ในส่วนของการผลิตซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับสอง รองลงมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ



ภาพประกอบ 19 สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เบียร์ 3 รูปแบบคือ ผลิตภัณฑ์เบียร์ขวดแก้วสีชา ผลิตภัณฑ์เบียร์กระป๋องอลูมิเนียม และผลิตภัณฑ์เบียร์ถัง ซึ่งในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ งานวิจัยนี้ได้นำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แบบ Cradle–to–Grave (Business-to-Consumer: B2C) โดยพิจารณาตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการกระจายสินค้า การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์ ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ รวมถึงนำเสนอแนวทางในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการประเมิน

เมื่อทำการศึกษาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบียร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์เบียร์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ใช้วัตถุดิบ และกระบวนการผลิตน้ำเบียร์เหมือนกันทั้งหมด แตกต่างกันตรงวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการบรรจุ ดังนั้นในกรณีที่คิดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำเบียร์ในปริมาตรเท่ากันคือ 1 ลิตร จะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.1040 $kgCO_2e$/ลิตร

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์เบียร์ขวดมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.3614 $kgCO_2e$/ขวด ผลิตภัณฑ์เบียร์กระป๋องมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.1184 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ ผลิตภัณฑ์เบียร์ถังมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 5.9021 $kgCO_2e$/ถัง และเมื่อพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต พบว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.2950 $kgCO_2e$/ขวด 0.0877 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ 2.6096 $kgCO_2e$/ถัง รองลงมาคือกระบวนการผลิต มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0326 $kgCO_2e$/ขวด 0.0196 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ 2.2598 $kgCO_2e$/ถัง อันดับที่สามคือ กระบวนการกระจายสินค้า มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0287 $kgCO_2e$/ขวด 0.0090 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ 0.8347 $kgCO_2e$/ถัง อันดับที่สี่คือ กระบวนการใช้งาน ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0038 $kgCO_2e$/ขวด 0.0019 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ 0.1828 $kgCO_2e$/ถัง และกระบวนการจัดการซากที่ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.0013 $kgCO_2e$/ขวด 0.0001 $kgCO_2e$/กระป๋อง และ 0.0331 $kgCO_2e$/ถัง

การที่กระบวนการการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เป็นผลมาจาก การใช้วัตถุดิบในการบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลาย และในส่วนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีค่าสูง คือในส่วนของการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ คิดเป็น 87.19 เปอร์เซ็นต์ ของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ โดยวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง คือ ขวดแก้วสีชาที่เป็นขวดใหม่

ในส่วนของการผลิตซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับสอง รองลงมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคือ กระบวนการสนับสนุนการผลิตสำหรับเตรียม NH_3, CO_2, ลมอัด,น้ำหล่อเย็น คิดเป็น 49.70 เปอร์เซ็นต์ ของกระบวนการทั้งหมด ซึ่งเกิดจาก การใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำเป็นจำนวนมาก สำหรับ ระบบทำความเย็นให้กับกระบวนการ หมัก/บ่ม/กรอง เพื่อรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการผลิตน้ำเบียร์

5.2 แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เพื่อให้เกิดการวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เบียร์ ในงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตเบียร์ เพื่อให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเบียร์ในส่วนนี้ได้แก่

1. นำขวดเก่ามาใช้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ลดการใช้ขวดใหม่ในการบรรจุเบียร์ เนื่องจากมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าขวดที่นำมาล้างใช้ซ้ำถึง 45 เท่า [25] และ นอกจากนั้นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการล้างขวดในโรงล้างขวด ถือเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตที่มาจากการใช้พลังงานไอน้ำ ซึ่งในส่วนของกระบวนการผลิตพลังงานไอน้ำ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยการเพิ่มสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้เองภายในโรงงานในการผลิตไอน้ำแทนการใช้น้ำมันเตา เนื่องจาก น้ำมันเตามีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.2198 $kgCO_2e/L$ [25] ซึ่งสูงกว่าก๊าซธรรมชาติที่มีค่าค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0 $kgCO_2e$
3. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตที่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แทนการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก การปรับปรุงประสิทธิภาพ

ของเครื่องทำความเย็นของระบบทำความเย็น เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดภายในโรงงาน การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนที่ส่งผลต่อค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นเมื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ก็จะลดลงไปด้วย

บรรณานุกรม

1. รายงานพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร 2560, กรมสรรพสามิต: กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.excise.go.th.
2. TGO.(2561), แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [พิมพ์ครั้งที่ 6]: องค์การบริการจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การเมหหาชน) : กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.tgo.or.th/2020/index.php/th.
3. ประวัติของเบียร์ในประเทศไทย, สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.sites.google.com/a/email.kmutnb.ac.th/beer-nayata/prawati-khxng-beiyr-ni-prathesthiy.
4. ประเภทของเบียร์, สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.ทำเบียร์.com.
5. รายงานสถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสังคมไทย-ประจำปี-2560, ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.): คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา., สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.cas.or.th.
6. รายชื่อผู้ได้รับอนุญาตทำสุราตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ.2473, กรมสรรพสามิต: กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.excise.go.th.
7. ตลาดเบียร์ไทย, สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.billionmindset.com.
8. แนวโน้มอุตสาหกรรมเครื่องดื่มของไทยปี 2019-2021, Reverplus: กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.riverplus.com.
9. พพ.(2564), Life Cycle Assessment, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน: กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: : www.dede.go.th.
10. ฉันทนา พันธุ์เหล็กและคณะ.(2557), คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล (Carbon Footprint for Energy and Envelopment in Sugar industry) สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.nuir.lib.nu.ac.th.
11. TGO.(บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): กรุงเทพฯ., สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.thaicarbonlabel.tgo.or.th.
12. สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรีและอนุสรณ์ บุญปก.(2559), คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้ว (Carbon Footprint for Production of Banana Crisps), สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.journal.engineer.rmutt.ac.th/enjournal/index.

13. ประพิธาริ์ ธนารักษ์, เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่มและพิศิษฎ์ มณีโชติ.(2557), การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.science.buu.ac.th/ojs246/index.
14. สุรวุฒิ สุดหา, เพชร เพ็งชัยและนิดา ชัยมูล.(2557), ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์หม่ำหมูของจังหวัดชัยภูมิ (Carbon Footprint of Mum Moo, Chaiyaphum Case Study), สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.cmuir.cmu.ac.th.
15. ขนิษฐา มีวาสนา.(2556), วอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย (Water and Carbon Footprint of Cassava Starch Production from Lower Northeast of Thailand) สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.sutir.sut.ac.th.
16. สุรชัย ณรัฐ จันทร์ศรี.(2560), การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกผลิตภัณฑ์ปลาร้าบอง (The Assessment of Greenhouse Gas Emission for Pickled Fish Chill Paste), สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.rdi.rmutsv.ac.th.
17. วาริท เจาะจิตต์และศิริอุมา เจาะจิตต์.(2562), การประเมินก๊าซเรือนกระจกในวัฏจักรชีวิตไก่แปรรูปแช่แข็ง (Life Cycle Greenhouse Gases Emissions of Processed Frozen Chicken), สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: www.li01.tci-thaijo.org.
18. รัตนาวรรณ มั่งคั่งและคณะ.(2554), คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว (Carbon Footprinting of Rice Products), สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2563, เข้าถึงได้จาก: https://www.lib.ku.ac.th/KU/2554.
19. Alessio CiminiและMauroMoresi.(2015), ReseCarbon footprint of a pale lager packed in different formats: assessment and sensitivity analysis based on transparent data, สืบค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.sciencedirect.com.
20. Kimberly Robertson, Wymond SymesและMalcolm Garnham.(2015), Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand, สืบค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.sciencedirect.com.
21. Diego Lima Medeiros, Emerson Andrade SalesและAsher Kiperstok.(2015), Energy production from microalgae biomass: carbon footprint and energy balance, สืบค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.sciencedirect.com.

22. Cristiane Maria de Léisและคณะ.(2014), Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study, สืบค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.link.springer.com.

23. Haruna GujaandและAdisa Azapagic.(2011), Carbon Footprint of Beverage Packaging in the United Kingdom, สืบค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงได้จาก: www.link.springer.com.

24. TGO.(2562), ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและผงชงดื่ม, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน): กรุงเทพ, สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2564, เข้าถึงได้จาก: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th.

25. TGO.(2564), ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). : กรุงเทพฯ, สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2564 เข้าถึงได้จาก: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlplVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9.

26. Rachel ShinและCory Searcy.(2561), Evaluating the Greenhouse Gas Emissions in the Craft Beer Industry: An Assessment of Challenges and Benefits of Greenhouse Gas Accounting สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2564 เข้าถึงได้จาก: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/11/4191/pdf

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสุพรรณี มีสุข
วันเกิด	วันที่ 4 กันยายน พ.ศ.2541
สถานที่เกิด	อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 178/1 หมู่ 3 ตำบลเพชรละคร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ รหัสไปรษณีย์ 67140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักศึกษา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเพชรละครวิทยา จังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเพชรละครวิทยา จังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2563 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2565 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนสนับสนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา โครงการสร้างขีดความสามารถในการทำนวัตกรรมของภาคอุตสาหกรรม เพื่อยกระดับความสามารถการแข่งขันของประเทศโดยการพัฒนากำลังคนระดับสูง จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
ผลงานวิจัย	สุพรรณี มีสุข, “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์ (An Assessment of Carbon Footprint of Beer Products),” ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 23 (ออนไลน์), 25 มีนาคม 2565, ณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หน้า 213-225.