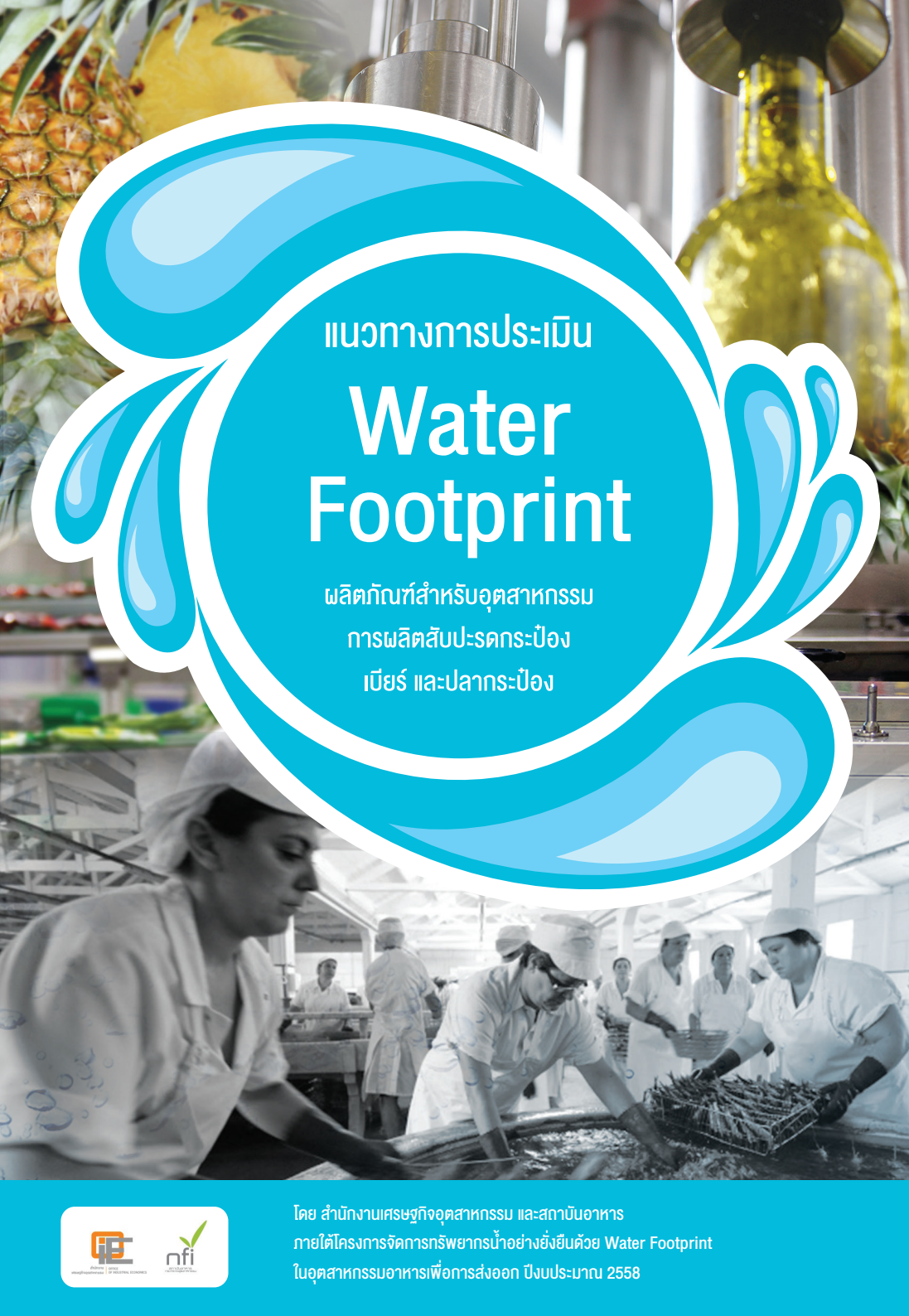




แนวทางการประเมิน Water Footprint

ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม
การผลิตสับปะรดกระป๋อง
เบียร์ และปลากระป๋อง



โดย สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร
ภายใต้โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint
ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก ปีงบประมาณ 2558



ผลิตภัณฑสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง
(Water Footprint Guideline of Canned Pineapple, Beer and Canned fish)



คำนำ

อุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในระดับโลก สร้างรายได้ให้กับประเทศและขับเคลื่อนเศรษฐกิจมาตั้งแต่อดีต อย่างไรก็ตาม การค้าระหว่างประเทศยังคงประสบปัญหาการกีดกันทางการค้า ด้วยมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่ประเทศคู่ค้าให้ความสำคัญและความต้องการบริโภคสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีการแสดงผลกระทบทางด้านโลกร้อน หรือ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ กระตุ้นให้ผู้บริโภคเลือกสินค้าที่มีค่า Carbon Footprint ต่ำ สร้างจิตสำนึกการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทางอ้อม และช่วยลดสภาวะโลกร้อนที่ปัจจุบันเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อโลกอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับทรัพยากรน้ำ เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่หลายประเทศในปัจจุบันให้ความสำคัญ เนื่องจากเกิดภาวะขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภค ดังนั้น การจัดทำดัชนีชี้วัดอย่าง Water Footprint จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยในการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ “โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก” ในปี 2558 ได้มีการพัฒนาคู่มือแนวทางการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร และตัวอย่างการประเมิน Water Footprint สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม เพื่อกำหนดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดทำ Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้บุคลากรในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงผู้ที่สนใจศึกษาหาความรู้เพิ่มพูนความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ทั้งนี้ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดทำหนังสือฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ สถาบันอาหาร
พฤษภาคม 2558

คำนำ

1. บทนำ

4

1.1 ที่มาของ Water Footprint

3

1.2 นิยามและองค์ประกอบของ Water Footprint

6

1.3 หลักการคำนวณ Water Footprint

9

2. ข้อมูลแยกรายอุตสาหกรรม

2.1 ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

2.1.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง

43

2.1.2 กรณีศึกษา Water Footprint สับปะรดกระป๋อง

46

2.2 ผลิตภัณฑ์เบียร์

2.2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์

60

2.2.2 กรณีศึกษา Water Footprint เบียร์

64

2.3 ผลิตภัณฑ์ปลากระป๋อง

2.3.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตปลากระป๋อง

83

2.3.2 กรณีศึกษา Water Footprint ปลากระป๋อง

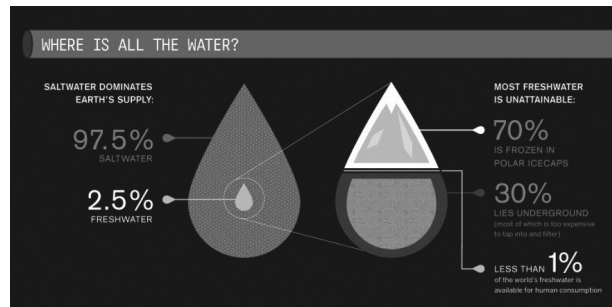
87

บรรณานุกรม

106

1. บทนำ

น้ำจัดเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่สำคัญ และมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ โลกมีทรัพยากรน้ำจัดเพียงร้อยละ 2.5 ซึ่ง 2 ใน 3 ของทรัพยากรน้ำจัดอยู่ในรูปของน้ำแข็งทั่วโลก ทำให้เหลือทรัพยากรน้ำจัดที่สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ไม่ถึงร้อยละ 1 รวมถึงปัจจุบันการเติบโตของประชากรและเศรษฐกิจเพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว วิธีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำทะเลเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อการถอยร่นของแนวชายฝั่งทะเล ตลอดจน การปนเปื้อนของเกลือทะเลในชั้นน้ำบาดาล และแหล่งน้ำผิวดิน อันเป็นสาเหตุให้มาตรฐานคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้



ภาพที่ 1.1 ทรัพยากรน้ำจัดของโลก

(ที่มา:<http://aquadoc.typepad.com/waterwired/2012/09/infographic-where-is-all-the-water.html>, 2558)

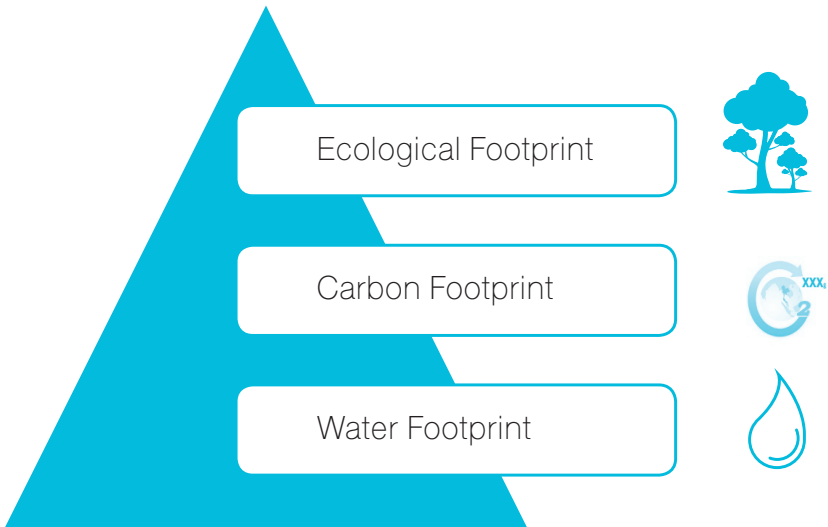
จากผลกระทบดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำสะอาดในหลายพื้นที่ของโลก โดยทั่วโลกมีปริมาณความต้องการการใช้น้ำสูงถึง 3.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่ปริมาณทรัพยากรน้ำจืดทั่วโลกมีปริมาณน้ำสำรองอยู่เพียง 2 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น ดังนั้น ทรัพยากรน้ำจึงจัดเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การเล็งเห็นถึงความสำคัญ และร่วมมือกันจัดการการใช้น้ำจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ใกล้ชิด โดยเฉพาะในประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารที่สำคัญของโลก มีความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรมากกว่า ร้อยละ 65 ของความต้องการน้ำทั้งหมดซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำขนาดใหญ่

Water Footprint จึงเป็นดัชนีชี้วัดหนึ่งที่เป็นเครื่องมือช่วย ในการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยมีหลายประเทศที่ได้ใช้ Water Footprint เพื่อชี้วัดปริมาณการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงระดับประเทศ อาทิ ประเทศเนเธอร์แลนด์ จีน และสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ **Water Footprint** ยังถูกหยิบยกขึ้นเพื่อการตัดสินใจทางการค้าระหว่างประเทศจากประเทศในแถบยุโรป ฉะนั้นการจัดทำค่า **Water Footprint** จึงเป็นประโยชน์ทั้งในเชิงของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ และเพิ่มโอกาสทางการตลาดคู่ค้าให้กับผู้ประกอบการอีกด้วย



1.1 ที่มาของ Water Footprint

แนวคิดของการประเมินผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำริเริ่มโดยศาสตราจารย์นักวางแผนชุมชนแห่งมหาวิทยาลัย บริติช โคลัมเบีย ประเทศแคนาดา Mathis Wackernagel และ William Rees (Wackernagel และ Rees,1996;Wackernagel และคณะ, 1997) โดยได้ให้นิยามของคำว่า “รอยเท้านิเวศน์” หรือ Ecological Footprint ซึ่งเป็น การประเมินความต้องการทางด้านระบบนิเวศ (เฮกตาร์) ต่อจำนวนประชากรโลกเพื่อรองรับความต้องการทางด้านอุปโภคบริโภค จนกระทั่งพัฒนามาเป็นคำว่า Carbon Footprint และพัฒนาต่อมาเป็นการวัด Water Footprint อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำและทำให้น้ำปนเปื้อนมลพิษต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมจากภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน ภาคครัวเรือน เป็นต้น

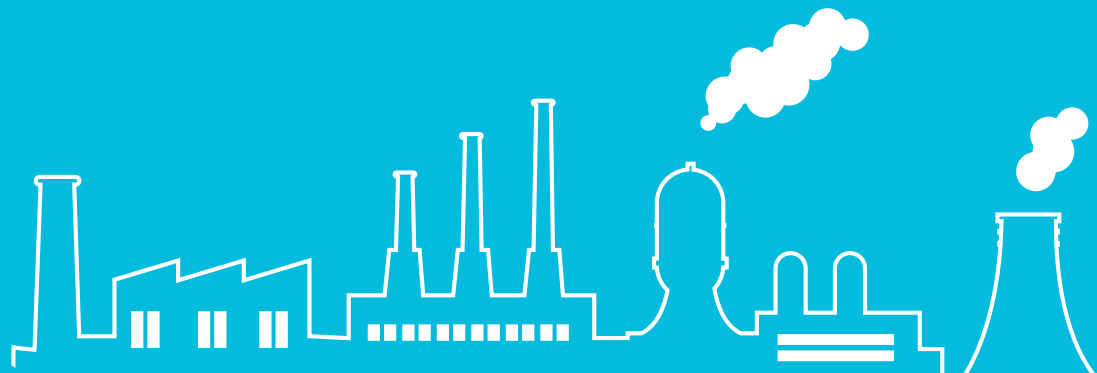


ภาพที่ 1.2 วิวัฒนาการของ Footprint ด้านสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ

ต่อมา Water Footprint ได้ถูกนำมาใช้อย่างจริงจังมากขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2545 จากแนวคิดของศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra ชาวเนเธอร์แลนด์ (Hoekstra และคณะ, 2011) เนื่องจากการประเมินค่า Water Footprint แสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้ น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้า ทั้งน้ำที่ใช้ทางตรงและทางอ้อมเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์และสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและตลอดห่วงโซ่อุปทาน



ภาพที่ 1.3 องค์ประกอบของ Water Footprint





3. Water Footprint ของผู้บริโภค (water footprint of consumer) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ผู้บริโภคบริโภคทั้งทางตรง และทางอ้อม เช่น ประเทศไทยมีค่า Water Footprint ต่อหัวประชากรเท่ากับ 2,223 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (ดังภาพที่ 1.6) นั่นหมายถึงตลอดระยะเวลา 1 ปี ประชาชน 1 คน จะมีความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค และบริโภคเฉลี่ย 2,223 ลูกบาศก์เมตร หรือ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 1.6 ตัวอย่าง Water Footprint ของผู้บริโภค (US Infrastructure, 2014)

Water Footprint ประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วน ซึ่งแบ่งตามชนิดของ Water Footprint ตามแหล่งที่มา คือ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา (Hoekstra และคณะ, 2011) มีรายละเอียดดังนี้



Green Water Footprint (น้ำสีเขียว)

หมายถึง ปริมาณน้ำฝนและน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกดึงไปใช้



Blue Water Footprint (น้ำสีฟ้า)

หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติรวมถึงแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน อันได้แก่ น้ำบาดาล น้ำจากอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ น้ำจากชลประทาน ที่ถูกดึงไปใช้

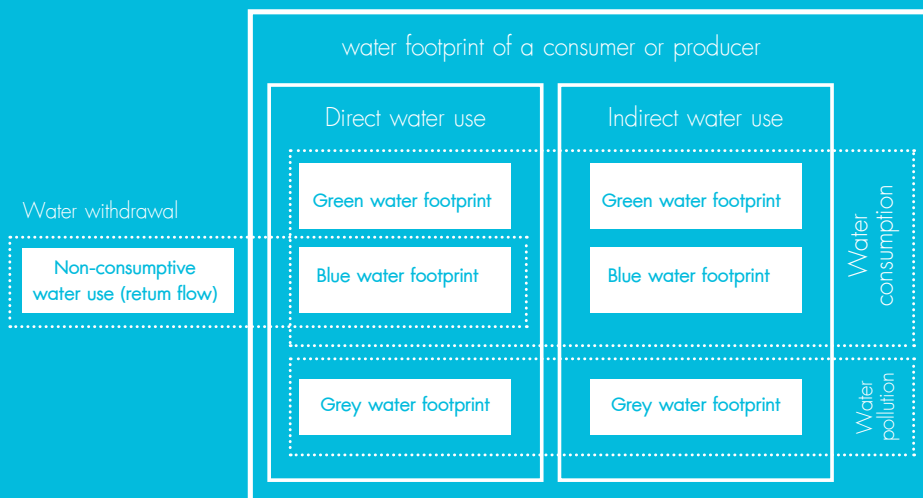


Grey Water Footprint (น้ำสีเทา)

หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น มีการกำหนดเป็นปริมาณน้ำจืดที่จำเป็น ต้องใช้ในการเจือจางสารมลพิษที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับมาตรฐานคุณภาพน้ำโดยรอบ

1.3 หลักการคำนวณ Water Footprint

การประเมิน Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ (HumbertS. 2009) อ้างอิงตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ISO : 14040 ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 ได้ถูกพัฒนาเป็นคู่มือ การประเมิน Water Footprint อย่างเป็นทางการภายใต้ชื่อ “Global Water Footprint Standard” ดังที่ได้กล่าวข้างต้น Water Footprint ประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วนคือ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา แสดงดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 องค์ประกอบของ Water Footprint (Hoekstra และคณะ, 2011)

สำหรับวิธีการในการคำนวณ Water Footprint แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน เช่น Hoekstra และคณะ (2011) ได้แสดงวิธีการหาค่า Water Footprint ทั้งหมดที่เกิดจากการเพาะปลูกพืชหรือต้นไม้ (Total water footprint of process of growing croportree, WF_{proc,crop}) เกิดจากการรวมค่า Water Footprint 3 ส่วน คือ น้ำสีฟ้า น้ำสีเขียว และน้ำสีเทา ดังสมการที่ (1) โดยที่น้ำทั้งสามส่วนหาได้ดังสมการที่ (2) – (4)

$$WF_{proc,crop}=WF_{proc,blue}+WF_{proc,green}+WF_{proc,greys} \tag{1}$$

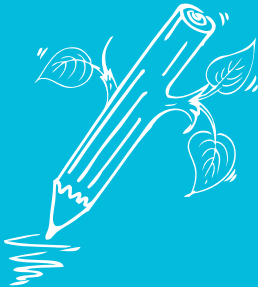
เมื่อ

$$WF_{proc,blue}=\frac{CWU}{y_{blue}} \tag{2}$$

$$WF_{proc,green}=\frac{CWU}{y_{green}} \tag{3}$$

$$WF_{proc,greys}=\frac{(\alpha \times AR)}{y_{max}} \div (\frac{C_{max}}{y_{max}}-\frac{C_{natural}}{y_{natural}}) \tag{4}$$

โดยที่	CWU	คือ	ปริมาณน้ำที่พืชใช้
	AR	คือ	อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัมต่อไร่)
	α	คือ	สัดส่วนการชะล้าง
	C _{max}	คือ	ความเข้มข้นมากที่สุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	C _{natural}	คือ	ความเข้มข้นของมลพิษ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	Y	คือ	อัตราผลผลิตของพืช (ตันต่อปี)





ทั้งนี้ การคำนวณหาปริมาณน้ำสีเขียวและน้ำสีฟ้าจากกระบวนการเพาะปลูก พืชนิยมใช้โปรแกรม CROPWAT ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดย FAO (Food and Agriculture Organization) เพื่อคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช บนชุดดินต่าง ๆ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้และปริมาณน้ำที่ต้องการเพิ่มเติมเพื่อให้ดินอยู่ในสภาพความชื้นที่พืชต้องการ และการจัดชั้นความเหมาะสมของดินโดยอาศัยความชื้นเพียงอย่างเดียว โดยการคำนวณจากภูมิอากาศ พืช และดิน CROPWAT จะคำนวณการคายระเหยจริง (ETa: actual evapotranspiration) ศักยภาพในการคายระเหย (ETm: potential Evapotranspiration) ปริมาณน้ำฝนที่นำไปใช้ได้จริง (Effective rain fall) และค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement) ตลอดจนเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่จะลดลงถ้าขาดน้ำ และแผนการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ CROPWAT เป็นแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูล (Data input) ดังนี้

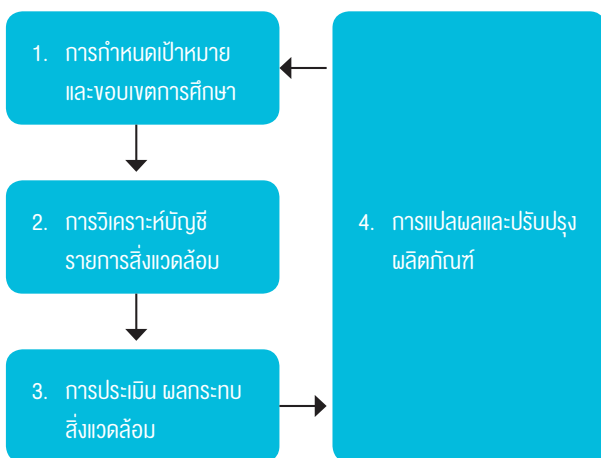
1. ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงอาทิตย์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน
2. ข้อมูลพืช ได้แก่ ช่วงอายุของการเจริญเติบโต (Crop development stage) ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Crop factors : Kc) ความยาวของรากพืช (Rooting depth) และการตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืช (Yield response factors)
3. ข้อมูลดิน ได้แก่ ปริมาณน้ำในดิน ดินแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ได้ (Available water) ต่างกัน

สำหรับวิธีการประเมิน Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ISO14040 ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณ โดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปลดปล่อยของเสียในรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ การแปรรูปใช้ใหม่ และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ดังภาพที่ 1.8 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานทรัพยากร และวัตถุดิบที่ใชรวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 1.8 วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (ISO 14040, 2006)

หากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมพิจารณาประเด็นด้านใดด้านหนึ่งก็จะถูกนิยาม และตั้งคำศัพท์เฉพาะเพื่อให้ง่ายต่อการสื่อสาร ดังนั้น การประเมินผลกระทบที่พิจารณาประเด็นทางด้านน้ำจึงถูกนิยามขึ้นว่า Water Footprint ซึ่งหลักการดำเนินงานจะเป็นไปตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ทั้งนี้ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังภาพที่ 1.9



ภาพที่ 1.9 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (ISO 14040, 2006)

1. การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนแรกประกอบไปด้วยประเด็นที่สำคัญ คือการกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal) เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุด การตั้งเป้าหมายจะต้องชัดเจน โดยรวมถึงเหตุผลของการศึกษา ผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้ และผู้ให้ผลการศึกษา เช่น

- 💧 เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์
- 💧 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์
- 💧 เพื่อการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ และเป็นข้อมูลสนับสนุนให้กับลูกค้า

การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope) เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมินผล และรายละเอียดภายในระบบ ซึ่งรวมถึงวิธีในการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องครอบคลุมถึงหน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ระบบที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา และคุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น เช่น

- 💧 ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย คือ ผลิตภัณฑ์อะไร
- 💧 ข้อมูลที่จะต้องเก็บรวบรวม ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- 💧 งบประมาณ และระยะเวลาในการดำเนินงาน



การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) หรือตัวอ้างอิง หรือหน่วยพื้นฐาน สำหรับจัดเก็บข้อมูลในส่วนของการคำนวณ และข้อมูลจากจากระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบ ซึ่งต้องมีการระบุอย่างชัดเจน และสามารถวัดค่าได้ ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ ทำให้สามารถเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตระหว่างผลิตภัณฑ์ เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพื้นฐาน สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร การกำหนดหน่วยหน้าที่ด้วย “หน่วยการขาย” (Sell Unit) น่าจะเป็นหน่วยที่ชัดเจน ง่ายต่อความเข้าใจ และการนำไปใช้ประโยชน์ในการสื่อสารต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เช่น

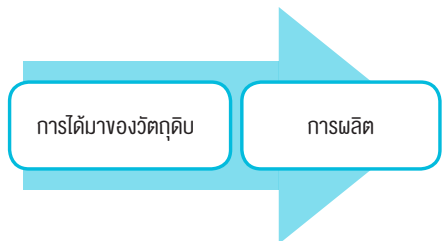
- น้ำสับปะรดเข้มข้น บรรจุกระป๋อง ขนาดบรรจุ 500 มิลลิลิตร
- ชาใบตะไคร้ร้อนแห้งบรรจุซอง น้ำหนักสุทธิ 50 กรัม
- สุราข้าว 40 ดีกรี บรรจุขวด ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร



ขอบเขตของระบบ (System Boundaries) เป็นขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ ที่ทำการพิจารณา โดยขอบเขตที่นิยมใช้ในการประเมิน Water Footprint ได้แก่

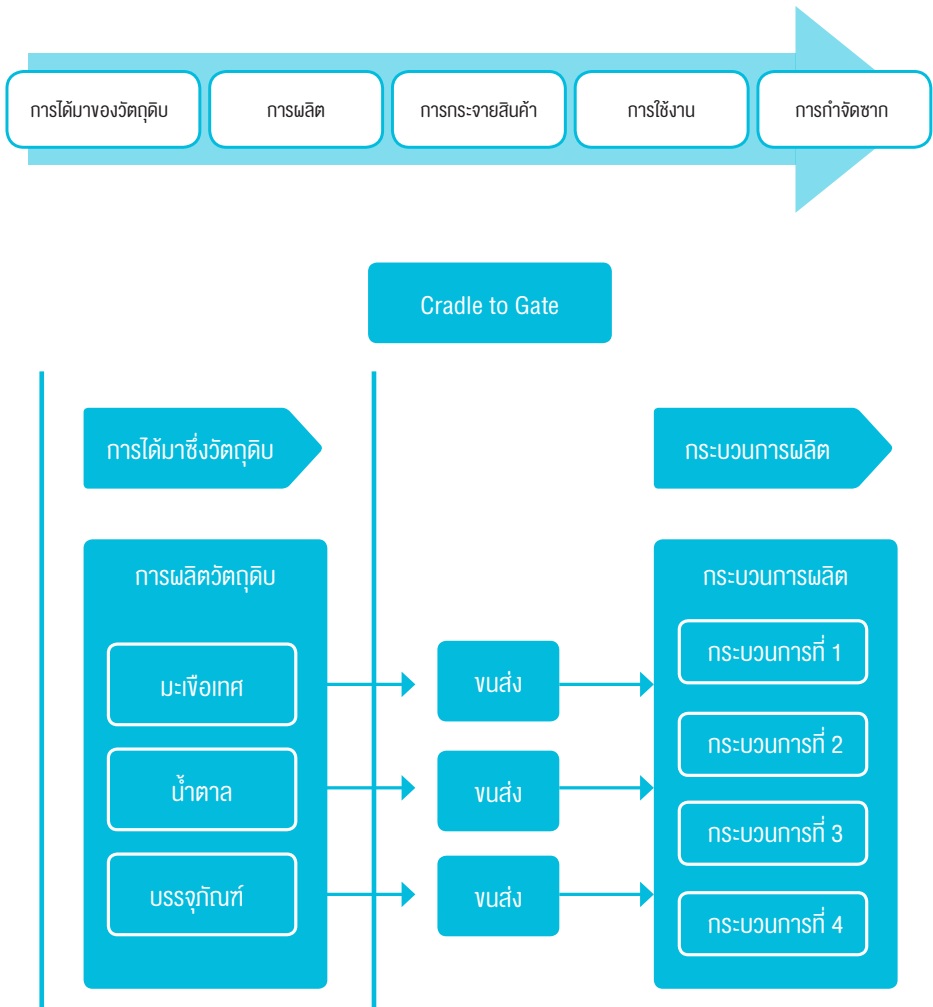
1. ขอบเขตแบบ Cradle-to-Gate

เป็นการประเมิน Water Footprint ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้า หรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป

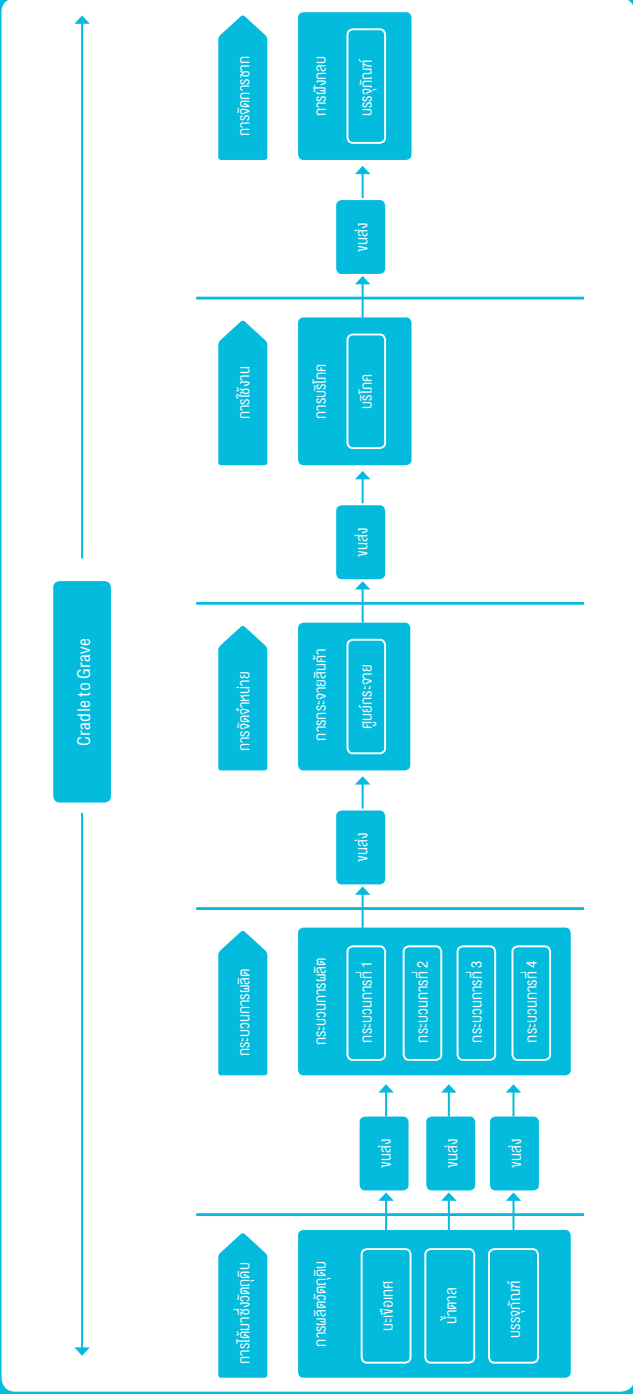


2. ขอบเขตแบบ Cradle-to-Grave

เป็นการประเมิน Water Footprint ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิต การขนส่งกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างแผนภาพวัฏจักรในระบบที่พิจารณา แบบ Cradle-to-Gate



ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างแผนภาพวัฏจักรในระบบที่พิจารณา แบบ Cradle-to-Grave

ตัวอย่างที่ 1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

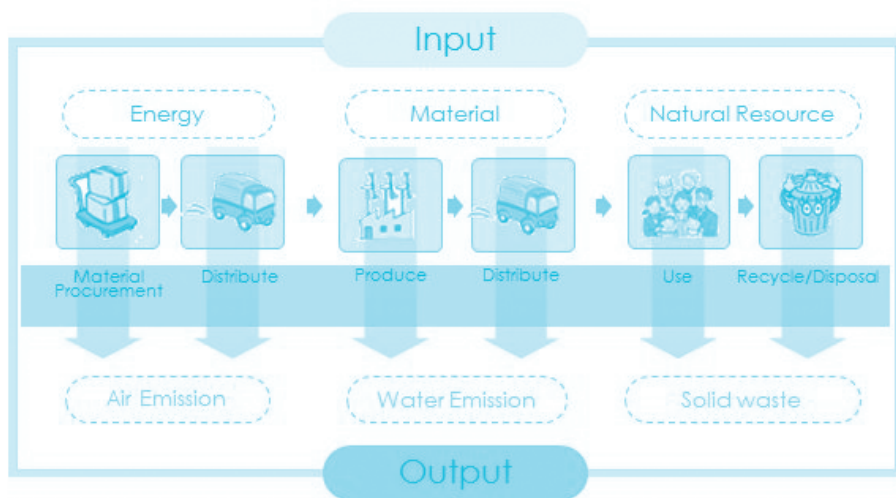
หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	เบียร์บรรจุกระป๋องขนาด 350 มิลลิลิตร ปริมาณสุกรี 350 มิลลิลิตร
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Grave (B2C) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต >การจัดจำหน่าย >การใช้งาน >การทำจัดการผลิตภัณฑ์
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นเครื่องดื่ม
หน่วยการทำงาน	เบียร์บรรจุกระป๋องปริมาณสุกรี 350 มิลลิลิตร

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	สับปะรดในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋องขนาด 20 ออนซ์ น้ำหนักสุกรี 300 กรัม
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Gate (B2B) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นอาหาร
หน่วยการทำงาน	สับปะรดบรรจุกระป๋องน้ำหนักสุกรี 300 กรัม

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	ปลาในซอสมะเขือเทศ บรรจุกระป๋องขนาด 330 กรัม น้ำหนักสุกรี 100 มิลลิลิตร
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Grave (B2C) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต >การจัดจำหน่าย >การใช้งาน >การทำจัดการผลิตภัณฑ์
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นอาหาร
หน่วยการทำงาน	ปลาในซอสมะเขือเทศ น้ำหนักสุกรี 100 มิลลิลิตร

2. การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

บัญชีรายการ คือ ข้อมูลบัญชีรายการ (Inventory data) ที่แสดงถึงปริมาณสารขาเข้า (Input) เช่น กรัฟฟิการ์ พลังงาน สาธารณูปโภค และสารขาออก (Output) เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ร่วม มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ กากของเสีย รวมถึงรายการด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 1.12)

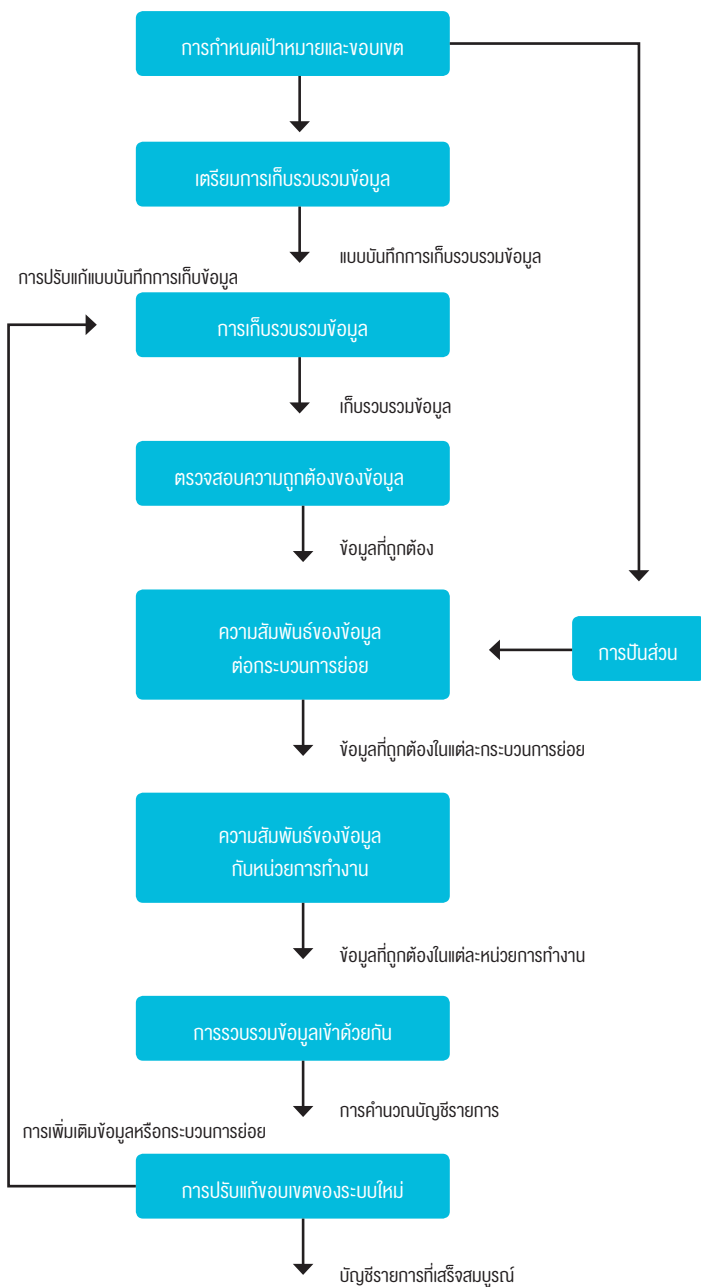


ภาพที่ 1.12 ข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่ควรพิจารณาสำหรับการประเมินผลกระทบ

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) เป็นการเก็บรวบรวม และคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขต การศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) การคำนวณหาปริมาณของสาร ขาเข้า และสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ ต้องพิจารณาถึงทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ และการปล่อย ของเสียออกสู่ อากาศ น้ำ และดิน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักร ชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

การรวบรวมข้อมูลนั้นยากที่จะทำให้ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด เนื่องจากต้องใช้เวลาและงบประมาณมาก การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมนั้น ควรจะพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บรวบรวม ข้อมูล การคำนวณ ความถูกต้องของข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับระบบย่อย การกำหนดขอบเขต ของระบบให้เหมาะสมขึ้น (Refining system boundaries) และการปันส่วน (Allocation) ขั้นตอนการ วิเคราะห์บัญชีรายการโดยทั่วไป แสดงดังภาพที่ 1.13





ภาพที่ 1.13 ขั้นตอนโดยทั่วไปของการวิเคราะห์บัญชีรายการ



ตัวอย่างการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle Inventory) ของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

สารขาเข้า	หน่วย	สารขาออก	หน่วย
<u>วัตถุดิบ</u> (Raw Material Resources)		<u>ผลิตภัณฑ์</u>	
วัตถุดิบ สารเคมี	ตัน/ปี ตัน/ปี	ผลิตภัณฑ์หลัก	ตัน/ปี
<u>ทรัพยากรธรรมชาติ</u> (Natural Resources)		<u>ผลิตภัณฑ์ร่วม/ผลิตภัณฑ์พลอยได้</u>	
ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน น้ำบาดาล น้ำประปา	ล้านBTU/ ปี ตัน/ปี ลิตร/ปี ลบ.ม./ปี	ผลิตภัณฑ์ร่วม/ผลิตภัณฑ์พลอยได้	ตัน/ปี
<u>การใช้พลังงานไฟฟ้า</u> (Energy Use)		<u>การปล่อยมลสารทางอากาศ</u> (Air Emissions)	
ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต	kWh/ปี	อัตราการไหลของอากาศ มลสารทางอากาศ เช่น CO ₂ , CH ₄ , HFC, NOx, SOx และฝุ่น (Dust)	ลบ.ม./ชั่วโมง ppm, mg/l
<u>ระบบสนับสนุนอื่นๆ</u>		<u>การปล่อยมลสารทางน้ำ</u> (Water Emissions)	
ระบบผลิตน้ำประปาจากแร่ธาตุ ระบบผลิตไอน้ำ	ลบ.ม./ชั่วโมง ตัน/ชั่วโมง	อัตราการปล่อยน้ำเสีย มลสารทางน้ำ เช่น Total P และ Total N	ลบ.ม./ชั่วโมง mg/L
		<u>การปล่อยมลสารทางดิน</u> (Solid Emissions)	
		ของเสียที่เป็นของแข็งจากการผลิต กากตะกอนน้ำบาดาลเสีย	ตัน/ปี ตัน/ปี



การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Emission Factor)

1. ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า

เริ่มต้นจากการสร้างแผนภาพกระบวนการผลิต (Process flow diagram) เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นจึงสำรวจข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ วัตถุดิบและพลังงาน รวมถึงการปลดปล่อยกากของเสีย มลสารทางอากาศ มลสารทางน้ำของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุ การจัดจำหน่าย การใช้งาน ไปจนถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ตามแต่ขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดในเบื้องต้น ให้สอดคล้องกับแผนภาพการผลิตที่ได้จัดทำไว้ ซึ่งเรียกข้อมูลจากการเก็บจริงนี้ว่า ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยการเก็บข้อมูลปฐมภูมินี้ควรกำหนดระยะเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน เช่น เก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2557 เป็นต้น



ตัวอย่างข้อมูลปฐมภูมิที่ต้องรวบรวมดังนี้

ข้อมูลกระบวนการผลิตเบียร์

- 💧 ปริมาณวัตถุดิบหลัก : มอลต์ ปลายข้าว ฮีป
 - 💧 ปริมาณผลิตภัณฑ์ร่วม : กาแฟมอลต์ และข้าว
 - 💧 ปริมาณวัสดุเสริมเพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตหลัก : ยีสต์ สารเคมีต่าง ๆ และบรรจุภัณฑ์ (กระป๋องหรือขวด, ฉลาก, กล่องกระดาษ, กาว) เป็นต้น
 - 💧 ปริมาณทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า (ไฟฟ้าระบบส่องสว่าง, ไฟฟ้าเครื่องจักร) น้ำ (น้ำบาดาล, น้ำประปาถังวัตถุดิบ, น้ำประปาสำหรับการผลิต, น้ำประปาถังเครื่องจักร) ไอน้ำ เชื้อเพลิง (LPG สำหรับโฟลคลิฟต์, น้ำมันเตา) และวัสดุสำหรับการซ่อมบำรุง (จารบี, น้ำมันเครื่อง) เป็นต้น
 - 💧 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต เช่น ยีสต์ สารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว และน้ำเบียร์เสีย เป็นต้น
- ข้อมูลการผลิตสนับสนุน เช่น
- ระบบการผลิตน้ำ
 - ระบบการผลิตไอน้ำ
 - ระบบการผลิตความเย็น
 - ระบบการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น



ข้อมูลกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง

- ปริมาณวัตถุดิบหลัก : สับปะรด
- ปริมาณผลิตภัณฑ์ร่วม : เปลือกสับปะรด แขน
- ปริมาณวัสดุเสริมเพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตหลัก : น้ำตาล สารเคมีต่างๆ และบรรจุภัณฑ์ (กระป๋อง, ฉลาก, กล่องกระดาษ, กาว) เป็นต้น
- ปริมาณทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า (ไฟฟ้าระบบส่องสว่าง, ไฟฟ้าเครื่องจักร) น้ำ (น้ำบาดาล, น้ำประปาล้างวัตถุดิบ, น้ำประปาสำหรับการผลิต, น้ำประปาล้างเครื่องจักร) ไอน้ำ เชื้อเพลิง (LPG สำหรับไฟลคลิฟต์, น้ำมันเตา) และวัสดุสำหรับการซ่อมบำรุง (จารบี, น้ำมันเครื่อง) เป็นต้น
- ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต เช่น น้ำมันหล่อลื่นที่ไม่ใช้แล้ว
- ข้อมูลการผลิตสนับสนุน เช่น
 - ระบบการผลิตน้ำอ่อน
 - ระบบการผลิตน้ำ RO
 - ระบบการผลิตไอน้ำ
 - ระบบการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

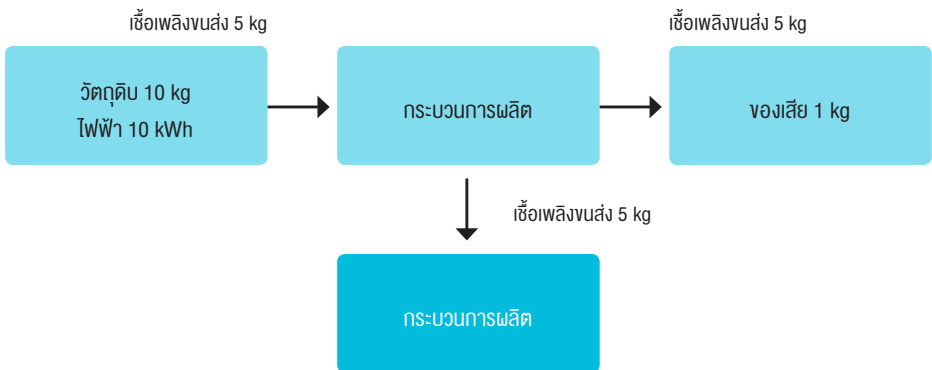
ข้อมูลกระบวนการผลิตปลากระป๋อง

- ปริมาณวัตถุดิบหลัก : ปลาจารดินหอมมะพร้าวเทศ
- ปริมาณผลิตภัณฑ์ร่วม : เศษปลา หัว และหางปลา
- ปริมาณวัสดุเสริมเพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตหลัก : น้ำแข็งน้ำเกลือ เครื่องปรุงรส น้ำมันพืช ถั่วเหลืองและบรรจุภัณฑ์ (กระป๋อง, ฉลาก, กล่องกระดาษ, กาว) เป็นต้น
- ปริมาณทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า (ไฟฟ้าระบบส่องสว่าง, ไฟฟ้าเครื่องจักร) น้ำ (น้ำบาดาล, น้ำประปาล้างวัตถุดิบ, น้ำประปาสำหรับการผลิต, น้ำประปาล้างเครื่องจักร) ไอน้ำ เชื้อเพลิง (LPG สำหรับไฟลคลิฟต์, น้ำมันเตา) และวัสดุสำหรับการซ่อมบำรุง (จารบี, น้ำมันเครื่อง) เป็นต้น
- ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต เช่น น้ำเสีย และบรรจุภัณฑ์เสีย เป็นต้น
- ข้อมูลการผลิตสนับสนุน เช่น
 - ระบบการผลิตน้ำอ่อน
 - ระบบการผลิตไอน้ำ
 - ระบบการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

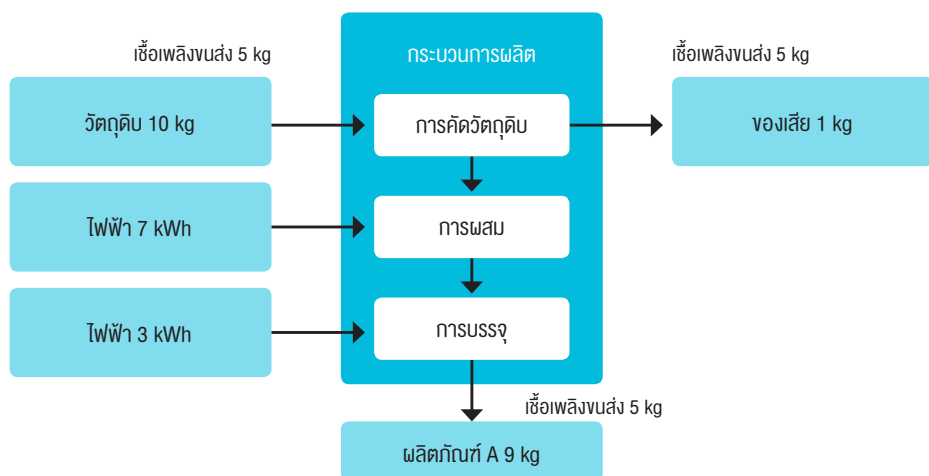
1.1 ข้อมูลกระบวนการผลิต

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต สามารถพิจารณาได้ทั้งแบบหยาบ และแบบละเอียด แบบหยาบ คือ การพิจารณากระบวนการผลิตในภาพกว้าง มองภาพกระบวนการผลิตเป็นกล่องใหญ่ 1 กล่อง ที่มีสารเข้าเข้า ณ ประตูทางเข้าโรงงาน และสารขาออก ที่สิ้นสุดกระบวนการผลิตของโรงงาน ดังภาพที่ 1.14

สำหรับการเก็บข้อมูลการผลิตแบบละเอียด คือ การพิจารณาที่ละกระบวนการย่อย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดและครบถ้วน อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการบ่งชี้จุดที่มีการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรมากอีกด้วย ดังภาพที่ 1.15 ไม่ว่าจะเป็นการเลือกเก็บข้อมูลแบบหยาบ หรือแบบละเอียด ขึ้นอยู่กับความพร้อมของข้อมูลที่โรงงานได้มีการบันทึกไว้ หากเป็นการเริ่มต้นหรือเพื่อฝึกการเก็บข้อมูลควรเริ่มจากแบบหยาบเพื่อให้คุ้นเคยกับการเก็บข้อมูล แต่หากโรงงานมีพร้อมทางด้านข้อมูลการเก็บข้อมูลแบบละเอียดก็ย่อมทำได้เช่นกัน



ภาพที่ 1.14 ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A แบบหยาบ



ภาพที่ 1.15 ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A แบบละเอียด

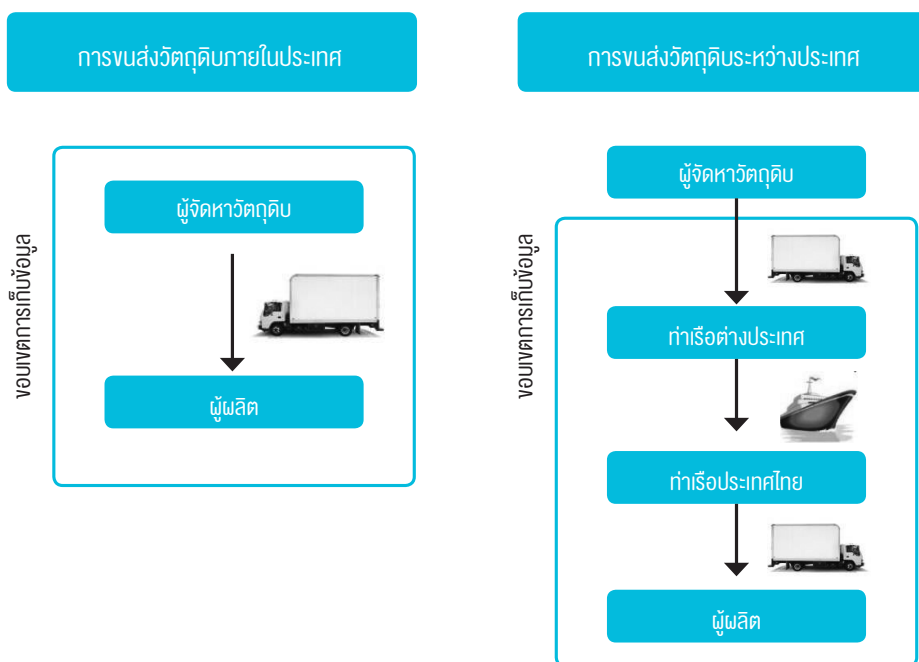
ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจริงจากการผลิตได้สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ เช่น

- 💧 ข้อมูลจากเอกสารรายงานการวิจัย บทความวิชาการ และวิทยานิพนธ์
- 💧 ข้อมูลอ้างอิงจากองค์การระหว่างประเทศ หรือ
- 💧 การคำนวณทางวิศวกรรม

เมื่อได้ข้อมูลของกระบวนการผลิตแล้ว ควรตรวจสอบ ความถูกต้องอีกครั้ง ซึ่งความยากง่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา และควรหลีกเลี่ยงการนับซ้ำ (Double Counting) รวมทั้งเมื่อกระบวนการย่อยมีสารเข้าเข้าไปหลายชนิดหรือสารออกหลายชนิดจะต้องมีขั้นตอนการปันส่วน (Allocation) มาเกี่ยวข้อง

1.2 ข้อมูลการขนส่งและการกระจายสินค้า

การขนส่งเป็นขั้นตอนที่ถูกแทรกอยู่ในระหว่างช่วงวัฏจักรชีวิต ไม่ว่าจะเป็น การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน (ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ) การขนส่งวัสดุเสริมมายังโรงงาน (ช่วงการผลิต) การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้าหรือผู้บริโภค (ช่วงการกระจายสินค้า) และการขนส่งซากผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ไปกำจัด (ช่วงการกำจัดซาก) ซึ่งพิจารณาทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังภาพที่ 1.16–1.18



ภาพที่ 1.16 ห่วงโซ่อุปทานข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบและวัสดุเสริม



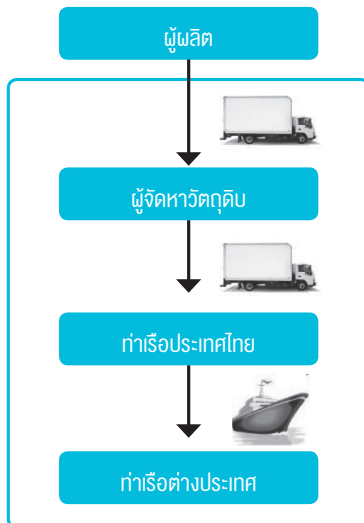
การขนส่งผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ

ขอบเขตการเก็บข้อมูล

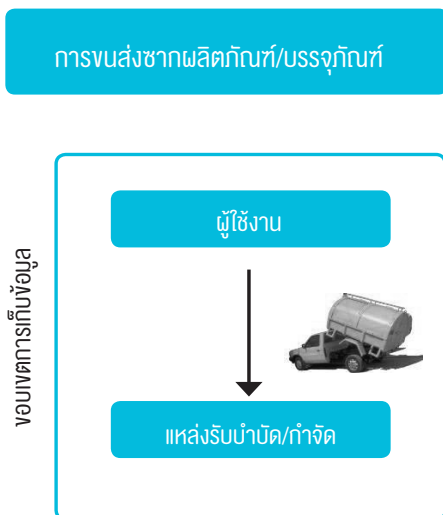


การขนส่งวัตถุดิบระหว่างประเทศ

ขอบเขตการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 1.17 ขอบเขตการเก็บข้อมูลการขนส่งผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1.18 ขอบเขตการเก็บข้อมูลการขนส่งจากผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์

วิธีการเก็บข้อมูลการขนส่ง เนื่องจากประเทศไทยมีแนวทางการประเมิน Carbon Footprint ที่เป็นรูปธรรมอยู่แล้ว ดังนั้น การประเมิน Water Footprint ในที่นี้ จึงอ้างอิงหลักการเก็บข้อมูลให้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการประเมิน Carbon Footprint โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ซึ่งมีกรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตเช่นเดียวกัน

ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลการขนส่งสามารถดำเนินการโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง ซึ่งเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน ดังนี้

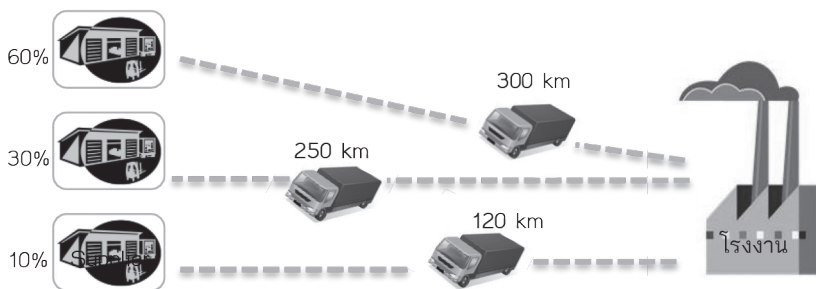
1. ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง และชนิดของเชื้อเพลิง
2. ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ (1) ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก พร้อมข้อมูลประเภทรถที่ใช้ขนส่ง แสดงดังตัวอย่างที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างประเภทพาหนะในการขนส่ง

ลำดับ	ประเภทรถขนส่งในงานวิจัย	ประเภทรถขนส่งจากกรมการขนส่งทางบก
1	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน	รถกระบะ 4 ล้อ
2	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก 8.5 ตัน	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก
3	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่
4	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุก 10 ล้อ
5	รถกระบะบรรทุกทั้งพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกทั้งพ่วง 18 ล้อ
6	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ
7	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 20 ล้อ
8	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ
9	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน	รถกระบะแบบตู้กับ 4 ล้อ
10	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 1.5 ตัน	รถกระบะแบบตู้กับ 4 ล้อ ขนาดเล็ก
11	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก 8.5 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้กับ 6 ล้อ ขนาดเล็ก
12	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้กับ 6 ล้อ ขนาดใหญ่
13	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้กับ 10 ล้อ
14	รถตู้บรรทุกทั้งพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกทั้งพ่วงแบบตู้กับ
15	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วงแบบตู้กับ
16	รถตู้บรรทุกเปิด10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้เปิด 10 ล้อ
17	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกขยะ-มูลฝอย
18	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดไม้อัด 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
19	รถบรรทุกซีเมนต์ฉัฟง แบบกถ้วย 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
20	รถบรรทุกซีเมนต์ฉัฟง แบบเต้าและถ้วย 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
21	รถบรรทุกซีเมนต์ฉัฟง แบบเต้าและถ้วย 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
22	รถบรรทุกเฉพาะกิจ ติดเครน 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ

ตัวอย่างที่ 1.2 การคำนวณระยะทางในการนี้มีการขนส่งจากหลายเส้นทางให้ใช้ระยะทางเฉลี่ย
ถ่วงน้ำหนัก เช่น มี Supplier หลายราย, มี Dealer หลายราย เป็นต้น

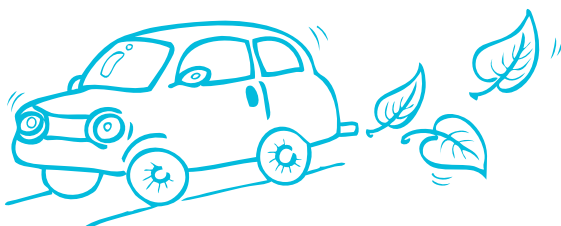
กำหนดให้ Supplier 1 มีสัดส่วนการจ่ายวัตถุดิบ 60% มีระยะทางขนส่ง 300 km Supplier 2 มีสัดส่วน
การจ่ายวัตถุดิบ 30% มีระยะทางขนส่ง 250 km และ Supplier 3 มีสัดส่วนการจ่ายวัตถุดิบ 10%
มีระยะทางขนส่ง 120 km ดังภาพที่ 1.19



ภาพที่ 1.19 ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบจาก Supplier

สามารถคำนวณระยะทางการขนส่งวัตถุดิบเฉลี่ยเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะทางเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก} &= (\text{สัดส่วนการจ่ายวัตถุดิบของ Supplier 1} \times \text{ระยะทางขนส่งจาก Supplier 1}) \\
 &\quad + (\text{สัดส่วนการจ่ายวัตถุดิบของ Supplier 2} \times \text{ระยะทางขนส่งจาก Supplier 2}) \\
 &\quad + (\text{สัดส่วนการจ่ายวัตถุดิบของ Supplier 3} \times \text{ระยะทางขนส่งจาก Supplier 3}) \\
 &= 300 \times 60\% + 250 \times 30\% + 120 \times 10\% \\
 &= 180 + 75 + 12 = 267 \text{ km}
 \end{aligned}$$





1.3 ข้อมูลการใช้งาน

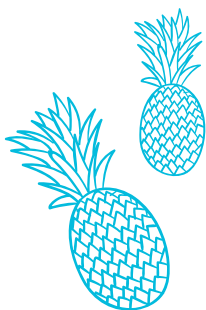
ข้อมูลการใช้งานผลิตภัณฑ์จะถูกพิจารณาร่วมด้วย หากมีการกำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle-to-Grave ทั้งนี้ พิจารณาจากข้อมูลการใช้งานตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน หรือวิธีการใช้งานที่ระบุไว้ที่ผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์แบบหมักสำเร็จรูป 1 ซอง น้ำหนักสุทธิ 60 กรัม จะต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อต้มน้ำให้ร้อน และใช้น้ำเพื่อปรุงอาหารให้สุก เป็นต้น



2 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Emission Factor: EF)

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ปริมาณความต้องการน้ำของรายการหนึ่ง ๆ เช่น ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า 1 kWh จะมีการใช้น้ำ 0.2 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ หรือ EF ของไฟฟ้า จะเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 kWh หากโรงงานมีการใช้ไฟฟ้า 10 kWh เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 กิโลกรัม แสดงว่าผลิตภัณฑ์ A มีความต้องการใช้น้ำที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ $0.2 \times 10 = 2$ ลูกบาศก์เมตร เป็นต้นซึ่งปัจจุบันการสืบค้นข้อมูล EF สามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลที่มีการเผยแพร่ทั่วไป เช่น

- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยในประเทศ
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยต่างประเทศ
- ข้อมูลอ้างอิงจากองค์การระหว่างประเทศ เช่น <http://www.waterfootprint.org> เป็นต้น
- ฐานข้อมูลจากซอฟต์แวร์ต่างประเทศ เช่น Eco-invent, IDMAT, และ LCA Food DK เป็นต้น



ตารางที่ 1.3 ตัวอย่างข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของวัตถุดิบจากงานวิจัย

รายการ	แหล่งสืบค้น	หน่วย Emission Factor (ม ³ /kg)			
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	Total
มันสำปะหลัง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	สาบิตย์ ดาเดียวด้อย และคณะ (2555). Water Footprint ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	0.3660	0.0140	0.0611	0.4411
มันสำปะหลัง, ภาคเหนือประเทศไทย	Rattikarn Kongboon* and Sate Sampattagul. (2012). The water Footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460	0.1920	0.2320	0.0850	0.5090
ไร้อ้อย	PiyanonKaenchan and Shabbir H. Gheewala. (2013). A Review of the Water Footprint of Biofuel Crop Production in Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment 4 (2013) 45-52	0.0950	0.0670	0.0000	0.1620
อ้อย, ภาคเหนือประเทศไทย	Rattikarn Kongboon* and Sate Sampattagul. (2012). The water Footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460	0.0900	0.0870	0.0250	0.2020
น้ำตาลทราย	Aderson Soares Andrade Junior, et al. (2013). Agricultural water Footprint of ethanol and sugar from sugar cane under fertigation production system	1.1750	0.1630	0.1550	1.4930

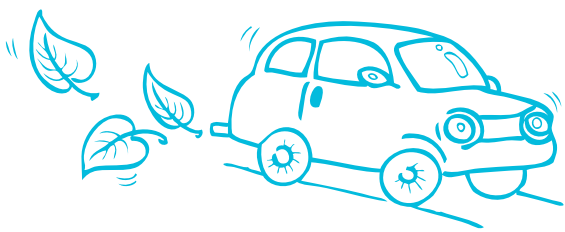
ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของวัตถุดิบจากฐานข้อมูลซอฟต์แวร์ SigmaPro

รายการ	ชื่อฐานข้อมูล	แหล่งฐานข้อมูล
ปุ๋ยฟอสฟอรัส	Diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent 2.2
ไกลโฟเฟน	Glyphosate, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent 2.2
ปุ๋ยไก่	Poultry manure, dried, at regional storehouse/CH U	Ecoinvent 2.2



ตารางที่ 1.5 ตัวอย่างข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของยานพาหนะ

รายการ	แหล่งสืบค้น	หน่วย	Emission Factor (m³/kg)			
			น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	Total
เรือบรรทุก Container	รัตนาวรรณ นึ่งคัง และแซบเบียร์ กิวาลา. (2556).	tkm	0.00	6.54E-06	0.00	2.77E-04
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุก สูงสุด 7 ตัน จังหวะแบบปกติ 0% loading	รัตนาวรรณ นึ่งคัง และแซบเบียร์ กิวาลา. (2556).	km	0.00	2.03E-04	0.00	2.03E-04
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุก สูงสุด 7 ตัน จังหวะแบบปกติ 100% loading	รัตนาวรรณ นึ่งคัง และแซบเบียร์ กิวาลา. (2556).	tkm	0.00	9.16E-05	0.00	9.16E-05



การเชื่อมโยงข้อมูล

พื้นฐานของข้อมูลหาเข้าหาออกบ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในหน่วยงานที่กำหนดเอง เช่น พลังงานในหน่วยเมกกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสปีดาค์ หรือของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่น น้ำหนักของโลหะต่อปริมาตรน้ำเสีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา ดังนั้น จึงต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลให้สอดคล้องกับหน่วยของกระบวนการผลิต ยกตัวอย่างการเชื่อมโยงข้อมูล ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1.3 บันทึกข้อมูลของโรงงาน

(กำหนดวันทำงาน 20 วัน/เดือน)		
ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการผลิต	10	kWh/kg ผลิตภัณฑ์
ของเสียจากการผลิต	3	kg/วัน
วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต	500	kg/เดือน
ผลิตภัณฑ์ A ที่ผลิตได้	22	kg/วัน

จากบันทึกข้อมูลโรงงาน สามารถสรุปบัญชีรายการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อวัน ได้ดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 บัญชีรายการของผลิตภัณฑ์ A

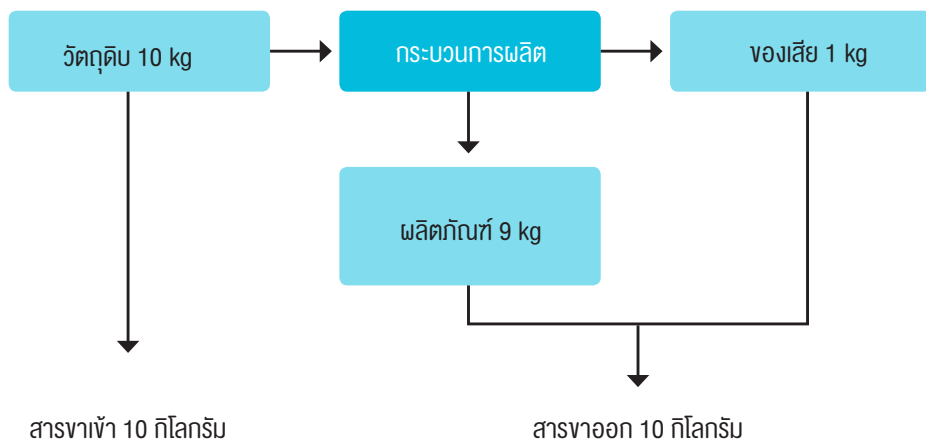
สารขาเข้า	ปริมาณ		สารขาเข้า	ปริมาณ
วัตถุดิบ (kg/วัน)	$=500/20$ $= 25$		ผลิตภัณฑ์ (kg/วัน)	22
ไฟฟ้า (kWh/วัน)	$= 10 \times 22$ $= 220$		ของเสีย (kg/วัน)	3





การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

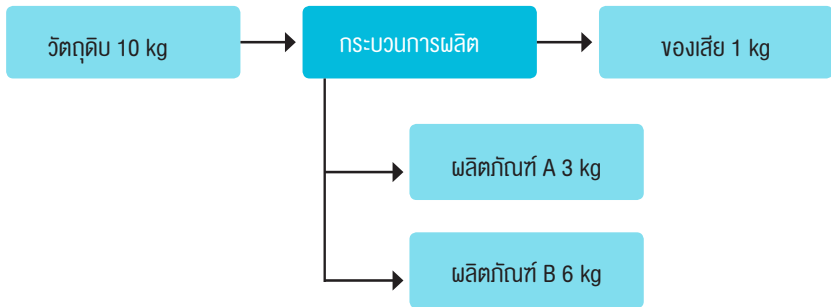
การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจะใช้หลักการที่มีความเหมาะสม เช่น การสมดุลมวลสาร (Mass balance) การสมดุลพลังงาน (Energy balance) ปฏิริยาเคมี รวมถึงการเทียบเคียงข้อมูลที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน โดยมีหลักเกณฑ์ คือ ดุลสารขาเข้า และสารขาออก ซึ่งอาจกำหนดร้อยละความผิดพลาดเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น เช่น กำหนดให้ความผิดพลาดไม่เกิน ร้อยละ 10 ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด เป็นต้น



ภาพที่ 1.20 ตัวอย่างการตรวจสอบสมดุลมวลสาร (Mass balance)

การปันส่วน (allocation)

เมื่อต้องการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของระบบที่มีความซับซ้อน กล่าวคือ กระบวนการผลิตหนึ่ง ๆ จะมีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ โดยมีการใช้วัตถุดิบ และทรัพยากรร่วมกัน ดังภาพที่ 1.21



ภาพที่ 1.21 ตัวอย่างระบบของผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน



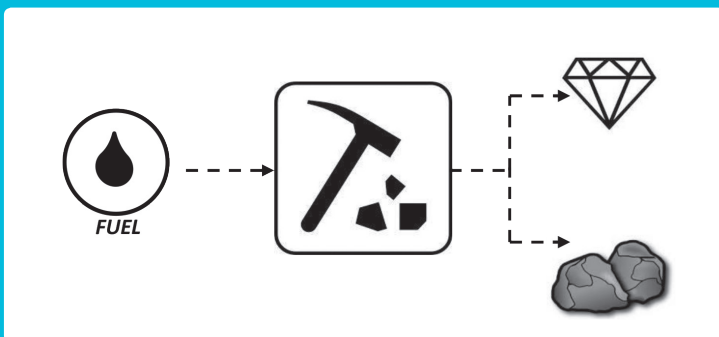
วิธีการจัดการมี 2 วิธี คือ การเพิ่มขอบเขตของระบบ และการปันส่วน

โดยการเพิ่มขอบเขตของระบบเหมาะสมกับข้อมูลที่สามารถเก็บข้อมูลแยกส่วนแต่ละกระบวนการย่อย ๆ ได้ แยกข้อมูลสารขาเข้าและขาออกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ในทุกกระบวนการ ซึ่งส่วนมากจะทำได้ยาก และมีความซับซ้อนมากหากจะต้องทำการแยกแต่ละกระบวนการย่อย

ส่วนการปันส่วนเหมาะสมกับข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลแยกส่วนได้ เป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบ เนื่องจากเป็นการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบ และเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง กล่าวอีกนัยหนึ่ง การปันส่วน คือ การแบ่งบัญชีรายการสารขาเข้า สารขาออก ทรัพยากรการผลิต ไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายตามสัดส่วน เพื่อให้ได้การสิ่งแวดลอมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย



ทั้งนี้ การปันส่วนสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น ปันส่วนโดยน้ำหนัก ปันส่วนโดยปริมาณพลังงาน ปันส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งการเลือกวิธีการปันส่วนนั้น ขึ้นกับความเหมาะสมของลักษณะแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์ A และผลิตภัณฑ์ B ราคาไม่แตกต่างกันมากนัก และกระบวนการผลิตเหมือนกัน การปันส่วนโดยมวลก็ดูจะเป็นวิธีที่เหมาะสม แต่หากผลิตภัณฑ์ A มีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์ B มาก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ ชูความโดดเด่นให้กับบริษัท อีกทั้งสร้างรายได้ให้กับบริษัท การปันส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์ก็น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า เป็นต้น



“ หากท่านเป็นเจ้าของเหมืองเพชร และต้องการจัดทำบัญชีรายการของการขุดเพชร ท่านจะเลือกวิธีปันส่วนให้กับเพชร และหินอย่างไร? ”

ตัวอย่างที่ 1.4 การปันส่วนโดยน้ำหนัก

จากภาพที่ 1.22 การผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ A น้ำหนัก 3 กิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ B น้ำหนัก 6 กิโลกรัม จะต้องใช้วัตถุดิบรวม 10 กิโลกรัม และเกิดของเสียที่จะต้องกำจัด 1 กิโลกรัม

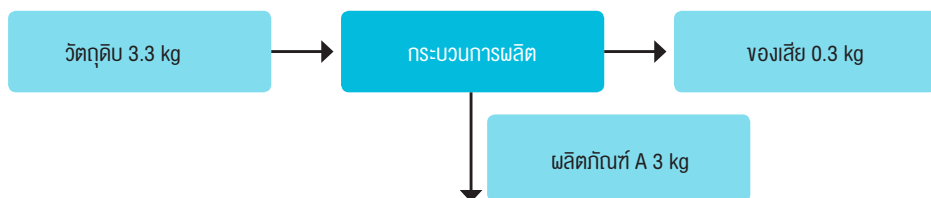
กรณีที่ 1 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A ได้ดังนี้

ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A

$$= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A})}{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} + \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})} \times 100$$

$$= \frac{3 \text{ kg}}{(3 \text{ kg} + 6 \text{ kg})} \times 100 = 33.3\%$$

ดังนั้น	วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ A	= 10 kg X 33.3%
		= 3.3 kg
	ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A	= 1 kg X 33.3%
		= 0.3 kg



ภาพที่ 1.22 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ A หลังการปันส่วนโดยมวล

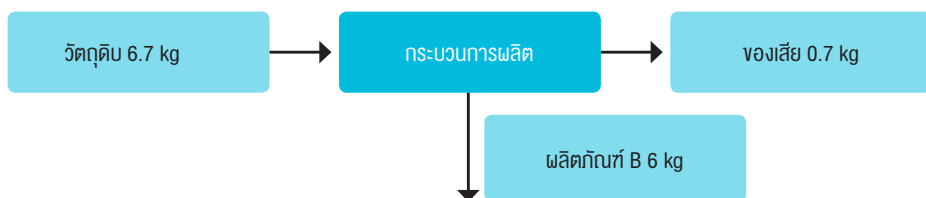


กรณี 2 พิจารณาการใช้วัตถุดิบและการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ B ได้ ดังนี้

ค่าตัวประกอบการเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ B

$$\begin{aligned} &= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})}{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} + \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})} \times 100 \\ &= \frac{6 \text{ kg}}{(3 \text{ kg} + 6 \text{ kg})} \times 100 = 66.7\% \end{aligned}$$

ดังนั้น	วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ B	= 10 kg X 66.7%
		= 6.7 kg
	ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B	= 1 kg X 66.7%
		= 0.7 kg



ภาพที่ 1.23 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ B หลังการปันส่วนโดยมวล

ตัวอย่างที่ 1.5 การเป็นส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์

กำหนดให้ ราคาผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 200 บาท/กิโลกรัม

ราคาผลิตภัณฑ์ B เท่ากับ 50 บาท/กิโลกรัม

กรณีที่ 1 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ A ได้ ดังนี้

ค่าตัวประกอบการเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ A

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A X ราคาผลิตภัณฑ์ A})}{\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ A ทั้งหมด X (มูลค่าผลิตภัณฑ์ B ทั้งหมด)}} \times 100 \\
 &= \frac{3 \text{ kg X } 200 \text{ ฿/kg}}{(3 \text{ kg X } 200 \text{ ฿/kg}) + (6 \text{ kg X } 50 \text{ ฿/kg})} \times 100 \\
 &= 66.7\%
 \end{aligned}$$

ดังนั้น วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ A

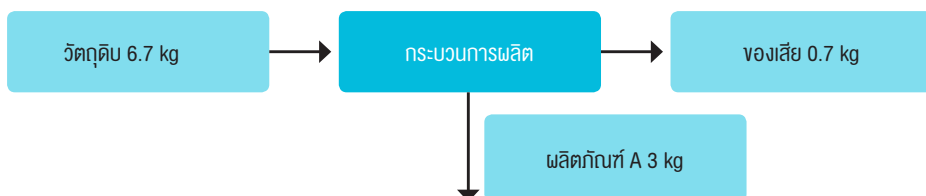
$$= 10 \text{ kg X } 66.7\%$$

$$= 6.7 \text{ kg}$$

ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A

$$= 1 \text{ kg X } 66.7\%$$

$$= 0.7 \text{ kg}$$



ภาพที่ 1.24 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ A หลังการเป็นส่วนโดยมูลค่า

กรณีที่ 2 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B ได้ดังนี้



ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B

$$= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} \times \text{ราคาผลิตภัณฑ์ A})}{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} \times \text{ราคาผลิตภัณฑ์ A}) + (\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B} \times \text{ราคาผลิตภัณฑ์ B})} \times 100$$

$$= \frac{6 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}}{(3 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}) + (6 \text{ kg} \times 50 \text{ ฿/kg})} \times 100$$

$$= 33.3\%$$

ดังนั้น วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ B

$$= 10 \text{ kg} \times 33.3\%$$

$$= 3.3 \text{ kg}$$

ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B

$$= 1 \text{ kg} \times 33.3\%$$

$$= 0.3 \text{ kg}$$



ภาพที่ 1.25 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ B หลังการปันส่วนโดยมูลค่า



3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment) หรือการประเมินค่า Water Footprint

การประเมินผลกระทบ หรือการประเมินค่า Water Footprint ของ
ผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้ดังสมการด้านล่าง

$$WFP = WFP_{\text{การได้มาซึ่งวัตถุดิบ}} + WFP_{\text{การผลิต}} + WFP_{\text{การขนส่งแต่ละช่วง}} + WFP_{\text{การใช้งาน}} + WFP_{\text{การกำจัดซาก}}$$

เมื่อ WFP_i = ผลรวมของ (QixEfi) ของแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิต

โดยที่ WFP คือ ค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็น ลิตร (L) หรือ ลูกบาศก์เมตร (m^3)

WFP_i คือ ค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิต มีหน่วยเป็น ลิตร (L) หรือ ลูกบาศก์เมตร (m^3)

Q_i คือ ปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ i มีหน่วยเชิงกายภาพ เช่น น้ำหนัก (กิโลกรัม) หรือ ปริมาตร (ลิตร) เป็นต้น หรือ ข้อมูลการขนส่งในช่วงการขนส่ง

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของแต่ละสาร i ในแต่ละช่วงการผลิต ซึ่งประกอบด้วย EF_{blue} , EF_{green} และ EF_{grey} มีหน่วยเป็น ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วย เชิงกายภาพของรายการสาร เช่น L/kg, L/kWh หรือ m^3/kg เป็นต้น





การคำนวณ Water Footprint จากวัตถุดิบวัสดุ และทรัพยากร

การคำนวณ Water Footprint จากวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากร คำนวณได้โดยนำข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากร ที่ใช้ในการผลิต คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ดังตัวอย่างที่ 1.6

ตัวอย่างที่ 1.6 ให้การผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 kg ต้องใช้วัตถุดิบ 10 kg และไฟฟ้าสำหรับการผลิต 10 kWh กำหนดค่า EF : EF_{วัตถุดิบ} = 3 m³/kg

$$(EF_{\text{green}} 1 \text{ m}^3/\text{kg}, EF_{\text{blue}} 1 \text{ m}^3/\text{kg}, EF_{\text{grey}} 1 \text{ m}^3/\text{kg})$$

$$EF_{\text{ไฟฟ้า}} = 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}$$

$$(EF_{\text{green}} 0 \text{ m}^3/\text{kWh}, EF_{\text{blue}} 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}, EF_{\text{grey}} 0 \text{ m}^3/\text{kWh})$$

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ A 1 kg มี Water Footprint เท่ากับ

$$\begin{aligned} &= (Q_{\text{วัตถุดิบ}} \times EF_{\text{วัตถุดิบ}}) + (Q_{\text{ไฟฟ้า}} \times EF_{\text{ไฟฟ้า}}) \\ &= (10 \text{ kg} \times 3 \text{ m}^3/\text{kg}) + (10 \text{ kWh} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}) \\ &= 32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

หรือ ผลิตภัณฑ์ A 1 kg มีค่า Water Footprint แบ่งเป็น

น้ำสีเขียว

$$\begin{aligned} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (0.2 \text{ kg} \times 0 \text{ m}^3/\text{kg}) \\ &= 10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

น้ำสีเทา

$$\begin{aligned} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (0.2 \text{ kg} \times 0 \text{ m}^3/\text{kg}) \\ &= 10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

น้ำสีฟ้า

$$\begin{aligned} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (0.2 \text{ kg} \times 10 \text{ m}^3/\text{kg}) \\ &= 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

การคำนวณ Water Footprint ในช่วงการขนส่ง

การประเมิน Water Footprint ในช่วงการขนส่งให้ประเมินจากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ที่ได้จากการจดบันทึกจริงก่อน หากไม่มีข้อมูลจึงใช้วิธีประเมินในลำดับถัดไป ดังนี้

(1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง และชนิดของเชื้อเพลิงดังสมการ

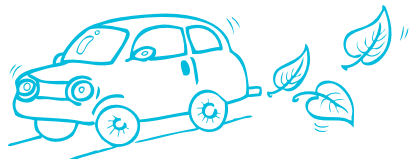
$$WFP_{\text{การขนส่ง}} = Q_i \times EF_i$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณเชื้อเพลิง มีหน่วยเชิงกายภาพ เช่น น้ำหนัก (กิโลกรัม) หรือปริมาตร (ลิตร)
 EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของเชื้อเพลิงตามประเภทซึ่งประกอบด้วย EF_{blue} , EF_{green} และ EF_{grey} มีหน่วยเป็นปริมาตรน้ำที่ใช้ต่อหน่วยเชิงกายภาพของรายการสาร เช่น m^3/kg หรือ m^3/l เป็นต้น

(2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ (1) ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก พร้อมข้อมูลประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

$$WFP_{\text{การขนส่ง}} = \frac{(W_i \times D_i \times EF_i)_{\text{ทางไป}} + (W_i \times D_i \times EF_i)_{\text{จากกลับ}}}{\text{ขนาดบรรทุกของชนิดรถ}}$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักการขนส่ง มีหน่วยตัน
 D_i คือ ระยะทางการขนส่ง มีหน่วยกิโลเมตร
 EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยานพาหนะซึ่งประกอบด้วย EF_{blue} , EF_{green} และ EF_{grey} มีหน่วยเป็น ตันกิโลเมตร (สำหรับการบรรทุกทางไป) และ กิโลเมตร (สำหรับการบรรทุกจากกลับ)



สำหรับการขนส่งเพื่อกระจายสินค้า หากไม่มีข้อมูลตามข้อ (1) และ (2) ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น คือ

- 💧 มีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ-เชียงใหม่)
- 💧 พิจารณาทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนจากกลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า)
- 💧 รถกระบะบรรทุกทั้งพ่วง 22 ล้อ ขนาด 32 ตัน (วิ่งปกติ)

แต่หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-gate ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-grave ให้คิดไปถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

ในส่วนการเก็บข้อมูลการขนส่งจากผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์หลังการใช้งาน (ยกเว้นการประเมินแบบ Cradle-to-gate) ให้ใช้สถานการณ์ ดังนี้

- 💧 การขนส่งระยะทางที่ระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร
- 💧 รถบรรทุกระยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกเต็ม
- 💧 พิจารณาการขนส่งจากกลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย

การตรวจสอบระยะทางสามารถตรวจสอบได้จากเว็บไซต์ ดังต่อไปนี้
ตรวจสอบระยะทางระหว่างจังหวัดของประเทศไทย

- 💧 <http://map-server.doh.go.th/>
- 💧 <http://www.sisaket.go.th/amphur/distance1.html>
- 💧 <http://www.moohin.com/distance.shtml>
- 💧 <http://www.bcoms.net/temp/province.asp>

ตรวจสอบระยะทางระหว่างจังหวัดของประเทศไทย

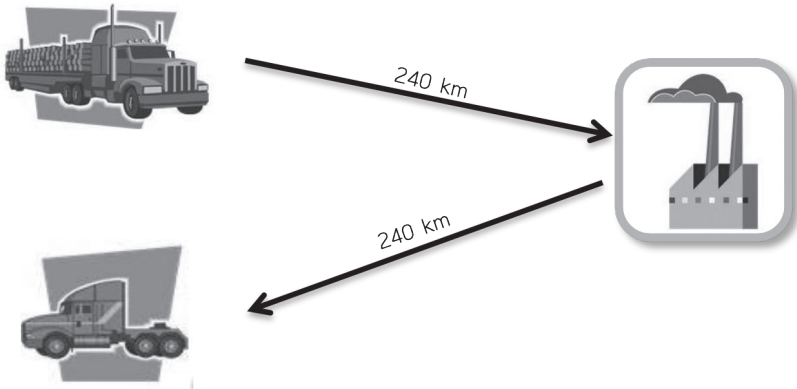
- 💧 <http://www.searates.com/>



ตัวอย่างที่ 1.7 การคำนวณการขนส่ง เกี่ยวไปและเกี่ยวกับของวัตถุดิบ

กำหนดให้ การขนส่งวัตถุดิบใช้รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน เกี่ยวไปมีการขนส่งเต็มคันรถ (100% Loading) $EF = 0.025 \text{ m}^3/\text{tkm}$ และเกี่ยวกับไม่มีการบรรทุก (0% Loading) $EF = 0.055 \text{ m}^3/\text{km}$

วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เป้าหมาย = 0.4 ตัน/ตันผลิตภัณฑ์



$$WFP_{\text{การขนส่ง}} = WFP_{\text{การขนส่งเกี่ยวไป}} + WFP_{\text{การขนส่งเกี่ยวกับ}}$$

$$\begin{aligned} WFP_{\text{การขนส่งเกี่ยวไป}} &= 0.4 \text{ t/t}_{\text{product}} \times 240 \text{ km} \times 0.025 \text{ m}^3/\text{tkm} \\ &= 2.4 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WFP_{\text{การขนส่งเกี่ยวกับ}} &= 0.4 \text{ t/t}_{\text{product}} \times 240 \text{ km} \times 0.055 \text{ m}^3/\text{km} \\ &\quad \underline{\hspace{1.5cm}} \\ &\quad \quad 16 \text{ ตัน} \\ &= 0.3 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}} \end{aligned}$$

ดังนั้น Water Footprint ของการขนส่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ $2.7 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}}$

ข้อมูลเพิ่มเติม

การคำนวณ Water Footprint ของการขนส่งทางไป เป็นการประเมินผลกระทบตามน้ำหนักของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่ง (ตัน) ตามระยะทาง (กิโลเมตร) คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรถบรรทุกทางไป

สำหรับการขนส่งจากกลับ เนื่องจากจากกลับเป็นการวิ่งรถเปล่า ดังนั้น ต้องคำนวณผลกระทบการขนส่งจากกลับตามระยะทางที่วิ่ง อย่างไรก็ตาม การคิดผลกระทบนั้นจะต้องแบ่งการะผลกระทบตามสัดส่วนวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่งไปเท่านั้น การคำนวณจึงพิจารณาจากสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่งไปหารด้วยน้ำหนักที่รถสามารถบรรทุกได้ คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรถบรรทุกจากกลับ

การคำนวณ Water Footprint จากการจัดการซาก

ข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน แบบการฝังกลบ (landfill) และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ โดยประเมินตามอัตราการใช้รีไซเคิล รายละเอียดดังตารางที่ 1.7 โดย Water Footprint จากการจัดการซากคำนวณได้ดังสมการ

$$WFP_{\text{การจัดการซาก}} = \text{ผลรวม} [Q_i \times (1 - RR_i) \times EF_i]$$

- เมื่อ Q_i = คือ ปริมาณของเสีย หรือซาก มีหน่วยเชิงกายภาพ คือ น้ำหนัก (กิโลกรัม)
 RR_i = อัตราการใช้รีไซเคิลวัสดุประเภท i (ค่าในตารางที่ 1.7)
 EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i ซึ่งประกอบด้วย EF_{blue} , EF_{green} และ EF_{grey} มีหน่วยเป็น ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยเชิงกายภาพของรายการสาร เช่น m^3/kg หรือ m^3/l เป็นต้น



กรณีทราบวิธีการจัดการของเสีย ให้นำปริมาณของเสียที่ถูกส่งไปกำจัดโดยวิธีการฝังกลบ มาคำนวณหาค่า Water Footprint

ตารางที่ 1.7 อัตราการรีไซเคิลของเสียในภาคอุตสาหกรรม

ประเภท	อัตราการรีไซเคิล (ร้อยละ) *
แก้ว	73
กระดาษ	64
พลาสติก	35
เหล็ก	94
อะลูมิเนียม	71
ยาง	22

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2555

* ในกรณีที่ทางโรงงานมีการจัดการของเสียโดยการรีไซเคิลและทราบอัตราการรีไซเคิล สามารถใช้แทนค่าในตารางได้

ตัวอย่างที่ 1.8 การคำนวณ Water Footprint จากการจัดการซาก

กำหนดให้ การผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 kg เกิดของเสียประเภทพลาสติก 0.5 kg และของเสียประเภทกระดาษ 0.3 kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของการกำจัดของเสียแบบฝังกลบ $0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{WFP}_{\text{การกำจัดซาก}} = \text{ผลรวม } [Q_i \times (1 - \text{RR}_i) \times \text{EF}_i]$$

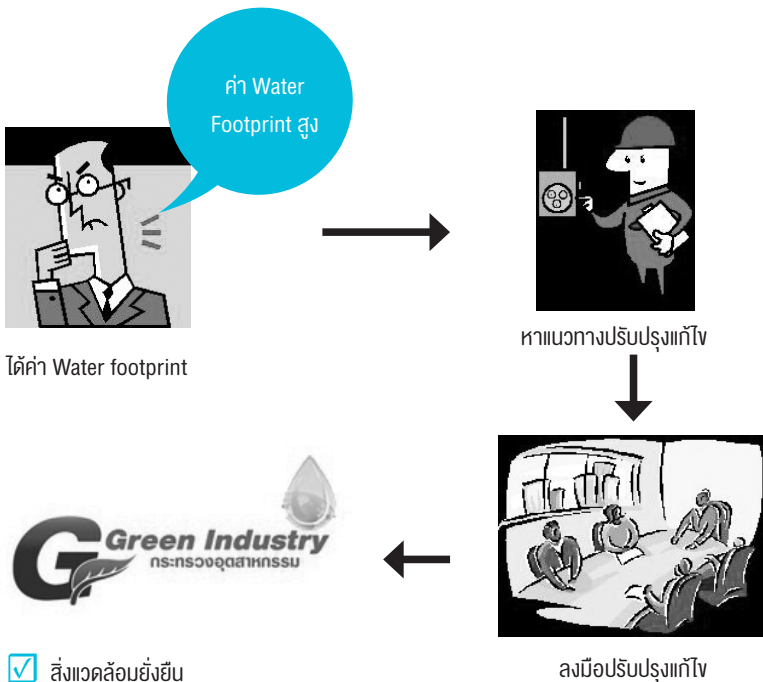
$$\begin{aligned} \text{WFP}_{\text{การกำจัดซาก}} &= [0.5 \text{ kg} \times (1 - 0.35) \times 0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}] + [0.3 \text{ kg} \times (1 - 0.64) \times 0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}] \\ &= 0.0002 + 0.0001 \text{ m}^3 \\ &= 0.0003 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ดังนั้น Water Footprint ของการกำจัดซากของเสียของผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 0.0003 m^3

4 การแปลผล (Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้รับจากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและการประเมินผล Water Footprint มาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์สรุปผลและจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการประเมินรวมถึงจัดทำรายงานสรุปการแปลผล และขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้ เช่น

- 💧 กระบวนการย่อยใดของการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อค่า Water Footprint ผลิตกันที่มากที่สุด
- 💧 ช่วงวัฏจักรชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อค่า Water Footprint ผลิตกันที่มากที่สุด



- ☒ สิ่งแวดล้อมยั่งยืน
- ☒ เพิ่มภาพลักษณ์ให้องค์กร
- ☒ สร้างโอกาสทางการแข่งขัน
- ☒ ประหยัดค่าใช้จ่าย



2. ข้อมูลแยกรายอุตสาหกรรม

2.1 ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

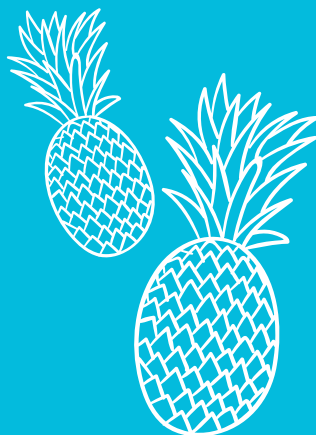
2.1.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง

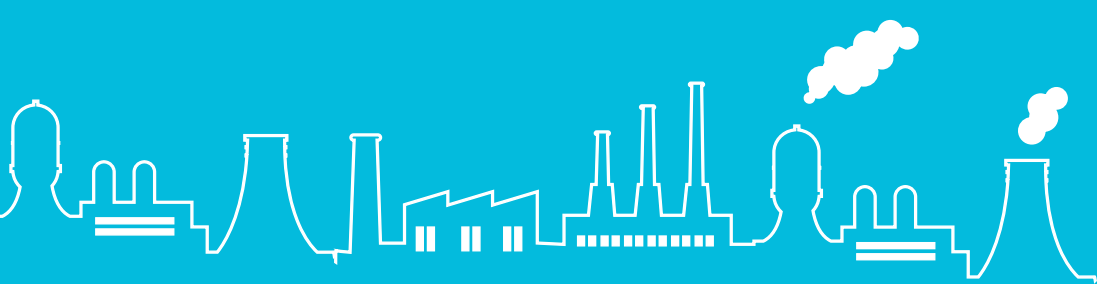
ข้อมูลเบื้องต้น

สับปะรดกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มผลไม้กระป๋อง โดยมีวัตถุดิบหลัก คือ สับปะรด ที่นำมาผ่านกระบวนการถนอมอาหารด้วยความร้อนแล้วจึงบรรจุใส่กระป๋อง จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะรูปร่างของชิ้นสับปะรดที่หันทำให้กรรมวิธีในการผลิตสับปะรดกระป๋องแตกต่างกันไป การแบ่งประเภทสับปะรดสามารถแบ่งได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น แบ่งตามประเภทรูปร่างของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง วัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต เป็นต้น

ประเภทของสับปะรดกระป๋อง แบ่งเป็น 12 ประเภท ตามลักษณะของชิ้นสับปะรด คือ

1. สับปะรดทั้งผล ตัดแต่งเป็นรูปทรงกระบอก (whole)
2. สับปะรดเต็มแฉ่องหรือวงแหวน (slices or rings)
3. สับปะรดครึ่งแฉ่อง (half slides)
4. สับปะรดสี่แฉ่อง (quarter slides)
5. สับปะรดแฉ่องหัก (broken slides)
6. สับปะรดชิ้นใหญ่ (chunk)
7. สับปะรดชิ้นยาว (spears or fingers)
8. สับปะรดลิ้ม (tidbits)
9. สับปะรดลูกเต๋า (dices or cubes)
10. สับปะรดชิ้นคละ (pieces)
11. สับปะรดชิ้นเศษ (chips)
12. สับปะรดชิ้นย่อย (crushed or crisp cut)



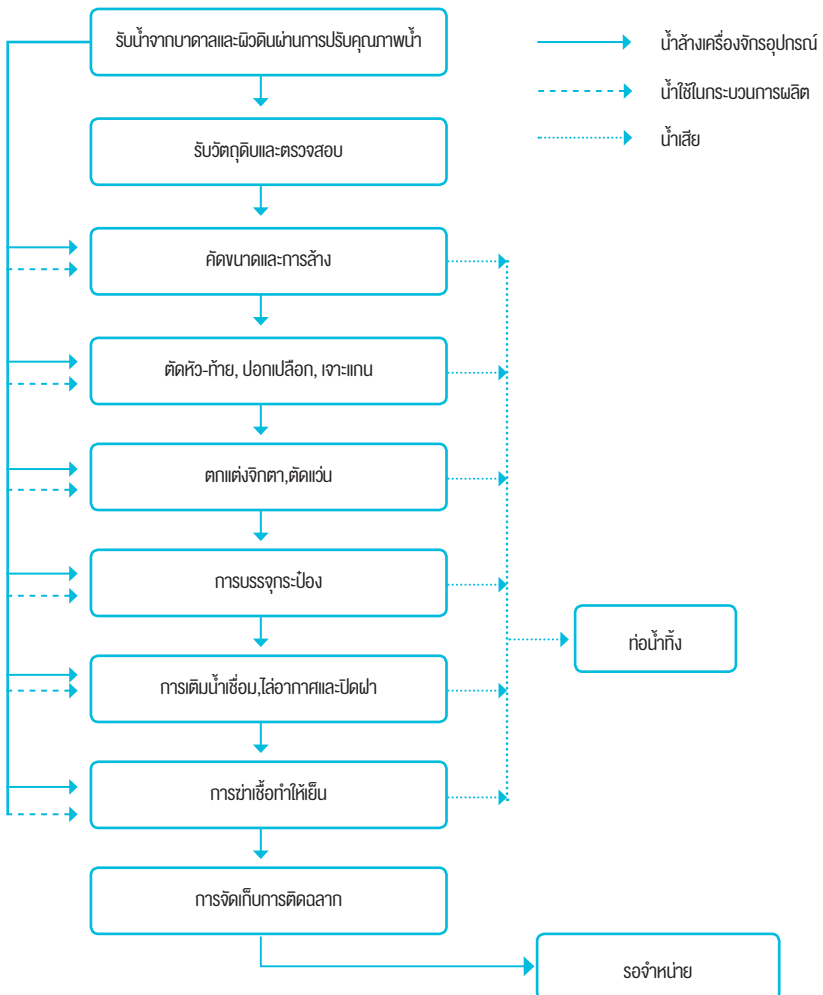


ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องมีการใช้แรงงานพนักงานควบคุมการทำงานของเครื่องจักร โดยมีขั้นตอนการผลิต โดยสังเขป ดังนี้

1. รับสับปะรดเข้าเครื่องแยกขนาดเพื่อทำการคัดขนาดแบ่งตามขนาดต่าง ๆ ตามเส้นผ่านศูนย์กลางของสับปะรดแล้วนำสับปะรดที่ผ่านการคัดขนาดเข้าสู่กระบวนการล้างผ่านเครื่องฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาด ชะล้างฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากผล หลังจากนั้นลำเลียงเข้าเครื่องตัดหัว-ท้าย ปอกเปลือก และคว้านแกนออก โดยสับปะรดที่ผ่านขั้นตอนนี้จะเป็นรูปทรงกระบอกตรงกลางกลวง
2. สับปะรดที่ได้จะผ่านการล้างทำความสะอาดอีกครั้ง ก่อนที่จะเคลื่อนไปตามเครื่องลำเลียงเพื่อเข้าสู่กระบวนการคัดแต่งจิกตาตัดแวน โดยพนักงานตกแต่งตาหรือเปลือกที่ยังติดค้างอยู่ จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องหั่นสับปะรดเป็นแวน (สับปะรด 1 ลูก จะหั่นได้ประมาณ 8-10 แวน) ซึ่งในขั้นตอนนี้ พนักงานจะต้องคัดเลือกแวนตามสีและขนาดความสมบูรณ์ของแวน จากนั้นคนงานจะหยิบแวนสับปะรดบรรจุกระป๋องใส่น้ำเชื่อมพอท่วมชิ้นสับปะรด และชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่ต้องการ
3. นำเข้าหม้ออบเพื่อไล่อากาศ แล้วผ่านเข้าเครื่องพ่นฝากรอง และส่งเข้าเครื่องอัดโนบิตสู่กระบวนการสเตอริไรซ์เพื่อฆ่าเชื้อโรค จากนั้นจะต้องทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยการนำสับปะรดที่ผ่านการสเตอริไรซ์ลำเลียงผ่านสายน้ำเย็นนานประมาณ 10 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้สี รสชาติ กลิ่น และเนื้อสับปะรดเปลี่ยนไป เมื่อนำออกจากสายน้ำเย็นแล้วปล่อยให้แห้ง ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพให้คืนตัว และมีคุณภาพคงที่ ในช่วงนี้จะมีการตรวจสอบดูอายุร้อย หรือรอยชำรุดต่าง ๆ ซึ่งหากพบกระป๋องที่ชำรุดก็สามารถนำไปเปิดเอาเนื้อออก และบรรจุกระป๋องใหม่ได้ สิ่งที่ต้องระวังเป็นพิเศษ คือ ระดับความเป็นกรด หรือค่าภายในกระป๋อง ซึ่งจะต้องรักษาระดับค่า pH ให้ต่ำกว่า 4.0 มิฉะนั้นแบคทีเรียบางชนิดอาจไม่ตาย และจะทำให้กระป๋องบวมพอง เกิดความเสียหายได้
4. ปิดฉลากตามที่ลูกค้าต้องการจากนั้นบรรจุใส่กล่องลำเลียงเพื่อส่งออกต่อไป เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง ดังนั้น กระป๋องที่ใช้สำหรับบรรจุสับปะรดกระป๋องจึงควรเป็นกระป๋องเคลือบดีบุก โดยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ใช้จะต้องมีคุณภาพชั้น 1 ซึ่งปลอดภัยในการสัมผัสกับอาหาร โดยมีมาตรฐานตาม มอก. 16 นอกจากนี้ ผิวด้านในของกระป๋องเคลือบดีบุกไม่น้อยกว่า 11.2 กรัม/ตารางเมตร

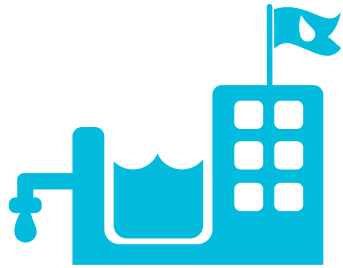
การใช้น้ำของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง

ในอุตสาหกรรมอาหารและผลไม้กระป๋อง น้ำที่ใช้ในกระบวนการสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน ได้แก่ การใช้น้ำในกระบวนการผลิต และการใช้ในการทำความสะอาด น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะครอบคลุมการล้างสับปะรด หลังการปอกเปลือกในทุกขั้นตอน การล้างกระป๋อง การไล่อากาศ การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การผสมน้ำเชื่อม ตลอดจนน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ส่วนน้ำที่ใช้ทำความสะอาดจะรวมถึงการล้างสับปะรดก่อนปอกเปลือก จะมีทั้งการล้างทำความสะอาดพื้น และเครื่องจักร เพื่อรักษาความสะอาดให้เป็นไปตามมาตรฐาน



ภาพที่ 2.1.1 กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ

2.1.2 กรณีศึกษา Water Footprint สืบปะรดกระป๋อง



ประเทศไทยมีแหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญในหลายพื้นที่ เช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดระยอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดพิจิตรโลก รวมพื้นที่ในการเก็บเกี่ยวประมาณ 512,000 ไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) โดยร้อยละ 70-80 ของสับปะรดสดจะถูกส่งเข้าโรงงานแปรรูป ร้อยละ 20-30 ที่เหลือใช้บริโภคสดภายในประเทศ ประเทศไทยมีการส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด ได้แก่ สับปะรดสด สับปะรดแช่เย็น สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดแห้ง สับปะรดกวน สับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยในปี 2557 มีปริมาณการส่งออกรวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 644,000 ตัน เป็นสับปะรดกระป๋อง 536,000 ตัน และน้ำสับปะรด 107,000 ตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) จากการศึกษาขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง พบว่า การใช้น้ำส่วนใหญ่จะมาจากขั้นตอนการเติมน้ำเชื่อม ใส่อากาศ และปิดฝา คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมา คือ การใช้น้ำในขั้นตอน Cooking และ Cooling ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อโดยผ่านสายลำเลียงลงในน้ำร้อนที่เกิดจากความร้อนของไอน้ำแล้วผ่านเข้าน้ำเย็นเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวลง คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในกระบวนการผลิต ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง แนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำ หลักการคือ นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ยกตัวอย่างเช่น

1. นำน้ำ condensate กลับมาใช้ในขั้นตอนการล้างผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือล้างไลน์การผลิต ที่ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำสะอาดมาก เพื่อลดปริมาณน้ำล้างและเป็นการลดปริมาณน้ำทิ้งได้
2. หากสามารถปรับคุณภาพน้ำ condensate ให้ดีขึ้นได้มากกว่าปัจจุบัน อาจนำกลับมาใช้ใหม่ที่ Boiler ได้
3. การยืดระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำในขั้นตอนการ cooling กระป๋องใหม่ เนื่องจากน้ำในส่วนนี้มีความสะอาดกว่าน้ำ condensate สามารถนำน้ำส่วนนี้มาใช้ได้ยาวนานกว่า

ตัวอย่างการคำนวณ Water Footprint อุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

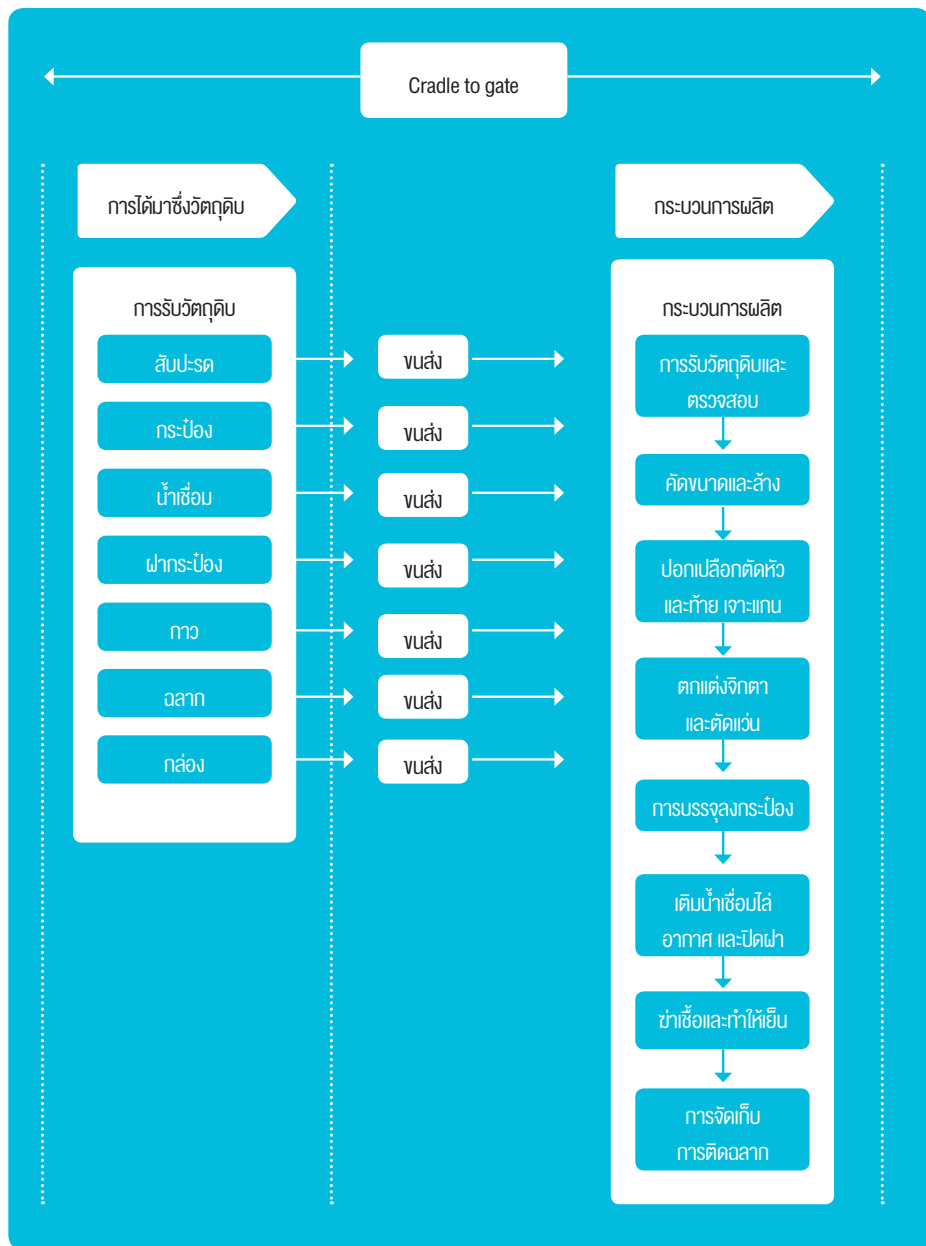
1.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์	สับปะรดในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋องขนาด 20 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 300 กรัม
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Gate (B2B) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นอาหาร
หน่วยการทำงาน	1 กระป๋องน้ำหนักสุทธิ 300 กรัม

1.2 สร้างแผนผังขอบเขตการศึกษา

การประเมิน Water footprint ของสับปะรดในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋องขนาด 20 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 300 กรัม พิจารณาครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิต





ภาพที่ 2.1.2 ขอบเขตการผลิตผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม ขนาด 20 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 300 กรัม

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

2.1 เก็บข้อมูลสารงาเข้า และสารงาออกของกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง (ข้อมูลรายปี)
ข้อมูลการขนส่ง และข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

ตารางที่ 2.1.1 ข้อมูลสารงาเข้า และสารงาออกของกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารงาเข้า				
การเตรียมสับปะรด				
1	สับปะรด	กิโลกรัม	10,000	
2	น้ำประปา	ลบ.ม.	560	
3	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	240	
4	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	4,000	
การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม และปิดฝา				
1	กระป๋องขนาด20 oz.	กิโลกรัม	720	
2	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	400	
3	น้ำเชื่อม	กิโลกรัม	600	
4	ไอน้ำ	ตัน	40	
5	น้ำประปา	ลบ.ม.	400	
6	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	200	
7	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	5,200	
การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น				
1	ไอน้ำ	ตัน	80	
2	น้ำ	ลบ.ม.	400	
3	สารเคมี A	กิโลกรัม	280	
4	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	640	
5	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	6,000	
การจัดเก็บ				
1	ฟิล์มพันกระป๋องจัดเก็บ	กิโลกรัม	2	
2	LPG ฟิลลคัลฟด์	กิโลกรัม	1,200	
3	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	320	

ตารางที่ 2.1.1 ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารขาออก				
การเตรียมสับปะรด				
1	(ผลิตภัณฑ์) สับปะรดหั่นแว่น	กิโลกรัม	6,000	
2	(ผลิตภัณฑ์รวม) แก่นและเนื้อตัดเปลือก	กิโลกรัม	4,000	
3	น้ำเสีย	ลบ.ม.	560	
การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม และปิดฝา				
1	(ผลิตภัณฑ์) สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	กิโลกรัม	6,600	
2	(ของเสีย) กระป๋องขนาด 20 oz.	กิโลกรัม	36	
3	น้ำเสีย	ลบ.ม.	440	
4	(ของเสีย) ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	20	
การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น				
1	(ผลิตภัณฑ์) สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	กิโลกรัม	6,600	
2	น้ำเสีย	ลบ.ม.	760	

ตารางที่ 2.1.2 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

ลำดับ	รายการ	ระยะทาง (กม.)	ประเภทยานพาหนะ	หมายเหตุ	
				เที่ยวไป	เที่ยวกลับ
การเตรียมสับปะรด					
1	สับปะรด	20	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 7 ตัน	100%	0%
การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม,ไล่อากาศ และปิดฝา					
1	กระป๋องขนาด20 oz.	120	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน	100%	0%
2	ฝากระป๋อง	120	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน	100%	0%
3	น้ำเชื่อม	100	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 8.5 ตัน	100%	0%
การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น					
1	สารเคมี A	50	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 8.5 ตัน	100%	0%
การจัดเก็บ					
1	ฟิล์มพันกระป๋องจัดเก็บ	50	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 7 ตัน	100%	0%
2	LPG โฟลคลิฟต์	80	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 8.5 ตัน	100%	0%

ตารางที่ 2.1.3 Emission Factor การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	m³H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
สับปรด	กิโลกรัม	0.2150	0.0090	0.0310
กระป๋อง 20 oz.	กิโลกรัม	0.0000	0.5990	0.0000
ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0000	0.5990	0.0000
น้ำเชื่อม	กิโลกรัม	1.1750	0.1630	0.1550
สารเคมี A	กิโลกรัม	0.0000	0.0092	0.0000
ฟิล์มพันกระป๋องจัดเก็บ	กิโลกรัม	0.0000	0.0445	0.0000
LPG โฟลค์ลิฟต์	กิโลกรัม	0.0000	0.0194	0.0000
ไฟฟ้า	kWh	0.0000	0.0028	0.0000
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.0000	1.8084	0.0000
น้ำ	ลิตร	0.0000	0.1270	0.0000

ตารางที่ 2.1.4 Emission Factor การบำบัดและการจัดการของเสีย

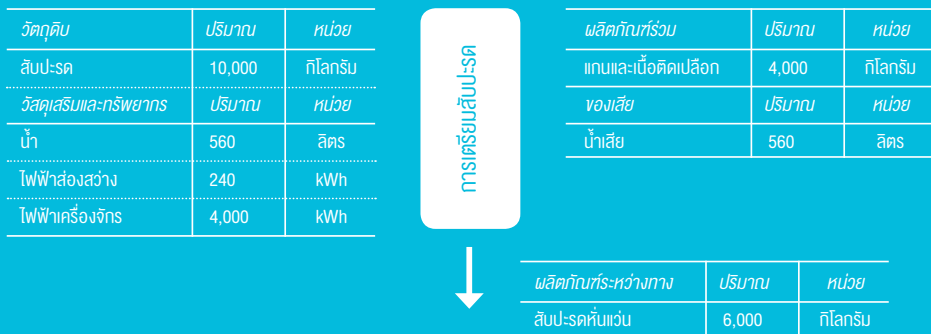
รายการ	หน่วย	m³H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
การบำบัดน้ำเสีย	ลิตร	0.0000	0.0092	0.0002
การฝังกลบ	kg	0.0000	0.0005	0.0000

ตารางที่ 2.1.5 Emission Factor การบำบัดและการจัดการของเสีย

รายการ	m³H ₂ O/หน่วย	
	เที่ยวไป 100% loading (m³H ₂ O/tkm.)	เที่ยวกลับ 100% loading (m³H ₂ O/tkm.)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาด 7 ตัน	0.1500	0.0500
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 8.5 ตัน	0.2500	0.1000
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	0.5000	0.2000
รถบรรทุกยกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	0.4500	0.2000

2.1 สร้างแผนกระบวนการผลิต และตรวจสอบสมดุลมวลสาร

กระบวนการที่ 1 การเตรียมสับปะรด (ข้อมูลรายปี)



ภาพที่ 2.1.3 แผนภาพข้อมูลรายปี การเตรียมสับปะรด



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

น้ำหนักสับปะรด = นน. เนื้อสับปะรด + นน. แกน และ เปลือก

ดังนั้น น้ำหนักเนื้อสับปะรดหั่นแฉับ

$$= 10,000 \text{ kg} - 4,000 \text{ kg}$$

$$= 6,000 \text{ kg}$$



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

น้ำหนักสารขาเข้ารวม = น้ำหนักสารขาออกรวม

น้ำหนักสารขาเข้ารวม = นน. สับปะรด + น้ำล้าง

$$= 10,000 \text{ kg} + (560 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l})$$

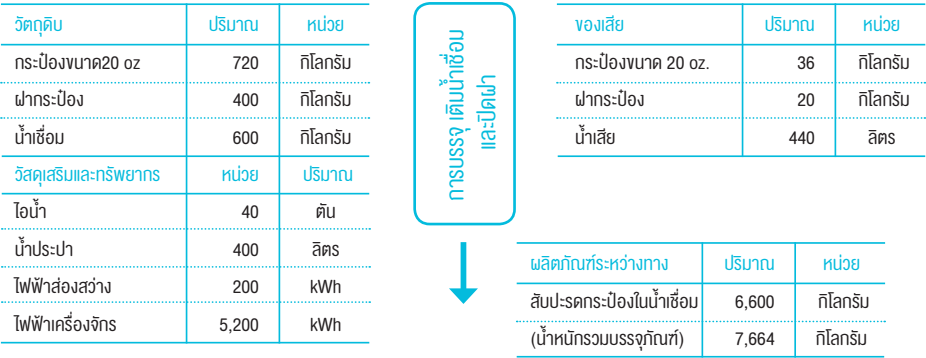
$$= 10,560 \text{ kg}$$

น้ำหนักสารขาออกรวม = นน. แกนและเนื้อสับปะรด + น้ำล้าง

$$= 4,000 \text{ kg} + (560 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) + 6,000 \text{ kg}$$

$$= 10,560 \text{ kg}$$

กระบวนการที่ 2 การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม และปิดฝา (ข้อมูลรายปี)



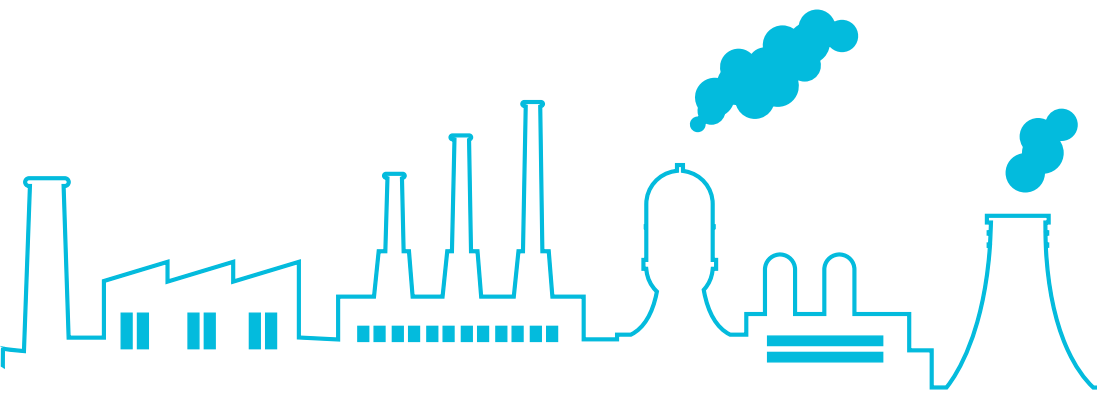
ภาพที่ 2.1.4 แผนภาพข้อมูลรายปี การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม และปิดฝา

การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

น้ำหนักสับปรดบรรจุกระป๋องในน้ำเชื่อม

= นน.สับปรด + นน.น้ำเชื่อม + (นน.กระป๋องดี - นน.กระป๋องเสีย)
+ (นน.ฝาดี - นน.ฝาเสีย)
= 6,000 kg + 600 kg + (720 - 36) kg + (400 - 20) kg
= 7,664 kg





ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

น้ำหนักสารขาเข้ารวม

= น้ำหนักสารขาออกรวม

น้ำหนักสารขาเข้ารวม

= นน.เนื้อสับปะรดหั่นแว่น + นน.น้ำเชื่อม + นน.กระป๋อง + นน.ฝา
+ ไอ้ น้ำ + น้ำประปา

= 6,000 kg + 600 kg + 720 kg + 400 kg + 40 kg
+ (400 l x 1 kg/l)

= 8,160 kg

น้ำหนักสารขาออกรวม

= นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม+ นน.กระป๋องเสีย
+ นน.ฝาเสีย + น้ำเสีย

= 7,664 kg + 36 kg + 20 kg + 440 kg

= 8,160 kg

กระบวนการที่ 3 การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น (ข้อมูลรายปี)

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	80	ตัน
น้ำ	400	ลิตร
สารเคมี A	280	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	640	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	6,000	kWh

การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย (รวมไอน้ำ)	760	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	6,600	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	7,664	กิโลกรัม
	22,000	กระป๋อง

ภาพที่ 2.1.5 แผนภาพข้อมูลรายปี การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น



การคำนวณปริมาณน้ำเสีย สารเคมีไม่ติดไปกับผลิตภัณฑ์

ดังนั้น ปริมาณน้ำเสียที่ออกจากการผลิต

$$\begin{aligned}
 &= \text{น้ำล้าง} + \text{นน.สารเคมี} + \text{ไอน้ำ} \\
 &= (400 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) + 280 \text{ kg} + 80 \text{ kg} \\
 &= 760 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักสับปะรดกระป๋อง} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม} - \text{ของเสีย} \\
 &= 7,664 \text{ kg} - 0 \text{ kg} \\
 &= 7,664 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

น้ำหนักสารขาเข้ารวม = น้ำหนักสารขาออกรวม

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักสารขาเข้ารวม} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม} + \text{น้ำล้าง} + \text{ไอน้ำ} + \text{สารเคมี} \\
 &= 7,664 \text{ kg} + 400 \text{ kg} + 80 \text{ kg} + 280 \text{ kg} \\
 &= 8,424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักสารขาออกรวม} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม} + \text{น้ำเสียที่ออกจากการผลิต} \\
 &= 7,664 \text{ kg} + 760 \text{ kg} \\
 &= 8,424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



กระบวนการที่ 4 การจัดเก็บ (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ฟิล์มพันกระป๋องจัดเก็บ	2	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
LPG (สทฟอรัคลิฟท์)	1,200	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	320	kWh



ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	6,600	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	7,666.00	กิโลกรัม
	22,000	กระป๋อง

ภาพที่ 2.1.6 แผนภาพข้อมูลรายปี การจัดเก็บ

 การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

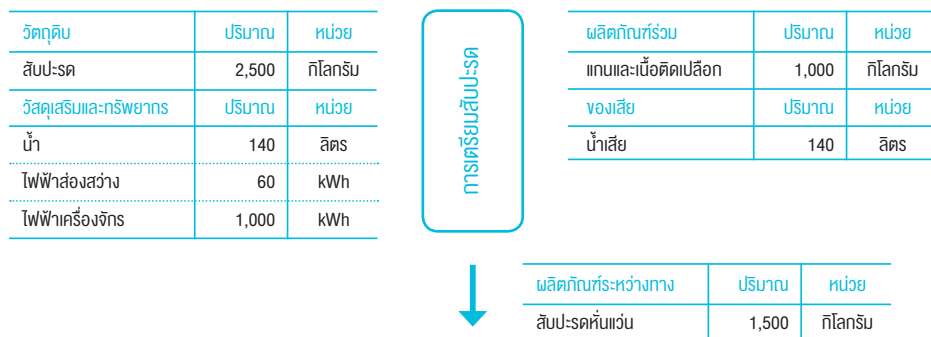
$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักสับปะรด} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม} - \text{ของเสีย} \\
 &= 7,664 \text{ kg} - 0 \text{ kg} \\
 &= 7,664 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

 ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักสารขาเข้ารวม} &= \text{น้ำหนักสารขาออกรวม} \\
 \text{น้ำหนักสารขาเข้ารวม} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม} + \text{นน. ฟิล์มพันกระป๋อง} \\
 &= 7,664 \text{ kg} + 2 \text{ kg} \\
 &= 7,666 \text{ kg} \\
 \text{น้ำหนักสารขาออกรวม} &= \text{นน.สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อมพันฟิล์ม} \\
 &= 7,666 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

เมื่อเก็บข้อมูลรายปีเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปของปริมาณต่อหน่วย หน้าที่หรือที่เรียกว่า ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle inventory: LCI) นั่นเอง ซึ่งจากแผนภาพกระบวนการผลิต (ข้อมูลรายปี) มีการผลิตสับปะรดกระป๋องออกมาในหลายรูปแบบ แต่ผลิตภัณฑ์ที่เราศึกษามีเพียงแบบเดียว ดังนั้น การจัดทำ LCI จะต้องมีการเป็นส่วนเข้ามาร่วมด้วย ซึ่งในอุตสาหกรรมสับปะรดแนะนำให้มีการเป็นส่วนโดยน้ำหนัก ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการเป็นส่วน โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

กระบวนการที่ 1 การเตรียมสับปะรด (ข้อมูลรายปี)



ภาพที่ 2.1.7 แผนภาพข้อมูลรายปีก่อนการเป็นส่วนการเตรียมสับปะรด



ตัวประกอบการเป็นส่วน

กำหนดให้

ในระหว่างปีมีการผลิตสับปะรดภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่สนใจทั้งหมด 1,650 กิโลกรัม
ดังนั้น ค่าตัวประกอบการเป็นส่วนสับปะรดที่ผลิตได้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ปริมาณสับปะรดกระป๋อง}}{\text{ปริมาณสับปะรดในน้ำเชื่อมทั้งหมด}} \times 100\% \\
 &= \frac{1,650 \text{ kg}}{6,000 \text{ kg}} \times 100\% \\
 &= 25 \%
 \end{aligned}$$



การคำนวณบัญชีรายการ หลังการปันส่วน ปริมาณสับปะรดที่ใช้

$$\begin{aligned} &= \text{ปริมาณสับปะรด} \times \text{ค่าตัวประกอบการปันส่วนสับปะรดที่ผลิตได้} \\ &= 10,000 \text{ kg} \times 25 \% \\ &= 2,500 \text{ kg} \end{aligned}$$



ดังนั้น ปริมาณสับปะรด ที่ใช้เพื่อการผลิตสับปะรดกระป๋องขนาดบรรจุ 300 กรัม ที่แท้จริง คือ 2,500 กิโลกรัม ดำเนินการปันส่วนเช่นนี้กับบัญชีรายการในทุกกระบวนการผลิตทั้งสารขาเข้า และขาออก เนื่องจากข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออก เป็นข้อมูลกิจกรรมที่ใช้เพื่อการผลิตสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อมรวม จึงต้องปันส่วน แผนข้อมูลรายปีหลังการปันส่วน ดังภาพที่ 2.1.8

หลังจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวซึ่งเป็นการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อมบรรจุ 300 กรัม ที่สนใจ 5,500 กระป๋อง เทียบบัญชีวิธีไตรยางค์ข้อมูลให้เป็นข้อมูลต่อกระป๋อง ดังภาพที่ 2.1.9 จะได้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม 1 กระป๋อง

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรด	2,500	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	140	ลิตร
ไฟฟ้าส่องสว่าง	60	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	1,000	kWh

การเตรียมสับปะรด

ผลิตภัณฑ์ระหว่าง	ปริมาณ	หน่วย
แกนและเนื้อติดเปลือก	1,000	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	140	ลิตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องขนาด 20 oz	180	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	100	กิโลกรัม
น้ำเชื่อม	150	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	หน่วย	ปริมาณ
ไอน้ำ	10	ตัน
น้ำประปา	100	ลิตร
ไฟฟ้าส่องสว่าง	50	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	1,300	kWh

การบรรจุเต็มน้ำเชื่อมและปิดฝา

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดหั่นแว่น	1,500	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องขนาด 20 oz.	9	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	5	กิโลกรัม
น้ำเสีย	110	ลิตร

วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	20	ตัน
น้ำ	100	ลิตร
สารเคมี A	70	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	160	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	1,500	kWh

การฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็น

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	1,650	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,916	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย (รวบไอน้ำ)	190	ลิตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ฟิล์มพ่นกระป๋องจัดเก็บ	0.50	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
LPG (สฟลอร็อคลิฟท์)	300	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	80	kWh

การจัดเก็บ

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	1,650	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,916	กิโลกรัม
	5,500	กระป๋อง

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	1,650	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,916	กิโลกรัม
	5,500	กระป๋อง

ภาพที่ 2.1.8 แผนภาพการผลิตสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อมข้อมูลรายปีหลังการปันส่วน

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรด	0.4545	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ	0.0255	ลิตร
ไฟฟ้าส่องสว่าง	0.0109	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	0.1818	kWh

การเตรียมสับปะรด

ผลิตภัณฑ์ที่ร่วม	ปริมาณ	หน่วย
แกนและเนื้อติดเปลือก	0.1818	กิโลกรัม
ทองเสี	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.0255	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ที่ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดหั่นแว่น	0.2727	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องขนาด 20 oz	0.0327	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	0.0182	กิโลกรัม
น้ำเชื่อม	0.0273	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	หน่วย	ปริมาณ
ไอน้ำ	0.0018	ตัน
น้ำประปา	0.0182	ลิตร
ไฟฟ้าส่องสว่าง	0.0091	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	0.2364	kWh

การบรรจุ เติมน้ำเชื่อม และปิดฝา

ทองเสี	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องขนาด 20 oz.	0.0016	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	0.0009	กิโลกรัม
น้ำเสีย	0.0200	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ที่ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	0.3000	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	0.3509	กิโลกรัม

วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	0.0036	ตัน
น้ำ	0.0182	ลิตร
สารเคมี A	0.0127	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	0.0291	kWh
ไฟฟ้าเครื่องจักร	0.2727	kWh

การนำเชื้อเพลิงมาห้เย็น

ทองเสี	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย (รวมไอน้ำ)	0.0345	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ที่ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	0.3000	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	0.3509	กิโลกรัม
	1	กระป๋อง

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ฟอสฟอรัสป้องกันเชื้อ	0.0001	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรพยาง	ปริมาณ	หน่วย
LPG (สทฟอรัลลิฟท์)	0.0545	กิโลกรัม
ไฟฟ้าส่องสว่าง	0.0145	kWh

การจัดเก็บ

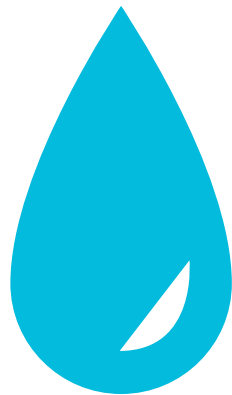
ผลิตภัณฑ์ที่ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
สับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม	0.3000	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	0.3510	กิโลกรัม
	1	กระป๋อง

ภาพที่ 2.1.9 แผนภาพการผลิตสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม 1 กระป๋อง

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินค่า Water Footprint

เมื่อจัดทำบัญชีรายการ (LCI) ของผลิตภัณฑ์เป้าหมายแล้ว
ขั้นตอนต่อไป คือ การประเมิน Water Footprint โดยการนำข้อมูลปริมาณ
LCI คูณด้วยข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรายการนั้น ๆ ตลอด
วัฏจักรชีวิตดังตารางที่ 2.1.6–2.1.8

ทั้งนี้ การขนส่งของเสียจากกระบวนการผลิตและของเสียหลังใช้
งานผลิตภัณฑ์จะคิดน้ำหนักรวมส่วนที่รีไซเคิลและกำจัดแบบฝังกลบ
เพราะไม่ว่าจะเป็นของเสียส่วนที่รีไซเคิลหรือส่วนที่นำไปฝังกลบต่าง
ก็ต้องการขนส่งไปกำจัดเช่นกัน



ตารางที่ 2.1.6 ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร
ของสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม 1 กระป๋อง

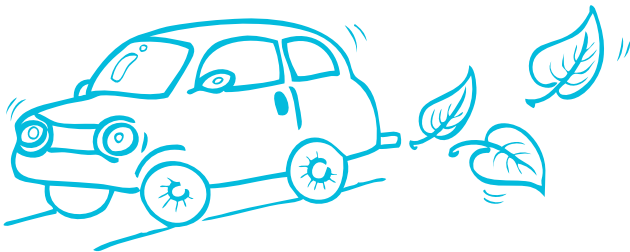
ช่วง วัตถุดิบ	รายการ	หน่วยคอปิ	ปริมาณ	EF (m³H ₂ O/หน่วย) EF (m³H ₂ O/หน่วย)			Water footprint (m³H ₂ O/หน่วย)			
				น้ำเสียฟิ้ว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	น้ำเสียฟิ้ว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม
ระดับวัตถุดิบ	สับปะรด	กิโลกรัม	0.4545	2.15E-01	9.00E-03	3.10E-02	9.77E-02	4.09E-03	1.41E-02	1.16E-01
	กระป๋อง 20 oz.	กิโลกรัม	0.0327	0.00E+00	5.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.96E-02	0.00E+00	1.96E-02
	ผ้ากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0182	0.00E+00	5.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.09E-02	0.00E+00	1.09E-02
	น้ำเชื่อม	กิโลกรัม	0.0273	1.18E+00	1.63E-01	1.55E-01	3.21E-02	4.45E-03	4.23E-03	4.08E-02
	ฟิล์มพลาสติกกระป๋อง	กิโลกรัม	0.0001	0.00E+00	4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-06	0.00E+00	4.45E-06
รวม							1.30E-01	3.90E-02	1.83E-02	1.87E-01
การผลิต	การเตรียมสับปะรด									
	น้ำประปา	ลิตร	0.0255	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.24E-03	0.00E+00	3.24E-03
	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	0.0109	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	3.05E-06	0.00E+00	3.05E-06
	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	0.1818	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	5.09E-05	0.00E+00	5.09E-05
	น้ำเสีย	ลิตร	0.0255	0.00E+00	9.20E-03	2.00E-04	0.00E+00	2.35E-04	5.10E-06	2.40E-04
	การบรรจุ สับปะรดน้ำเชื่อม และปิดฝา									
	ไอน้ำ	ตัน	0.0018	0.00E+00	1.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.26E-03	0.00E+00	3.26E-03
	น้ำประปา	ลิตร	0.0182	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.31E-03	0.00E+00	2.31E-03
	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	0.0091	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	2.55E-06	0.00E+00	2.55E-06
	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	0.2364	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	6.62E-05	0.00E+00	6.62E-05
	(ของเสีย) กระป๋อง 20 oz.	กิโลกรัม	0.0016	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00	0.00E+00	8.00E-07	0.00E+00	8.00E-07
	(ของเสีย) ผ้ากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0009	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.50E-07	0.00E+00	4.50E-07
	น้ำเสีย	ลิตร	0.0200	0.00E+00	9.20E-03	2.00E-04	0.00E+00	1.84E-04	4.00E-06	1.88E-04
	การฆ่าเชื้อและส่วนที่เหลือ									
	ไอน้ำ	ตัน	0.0036	0.00E+00	1.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.51E-03	0.00E+00	6.51E-03
	น้ำ	ลิตร	0.0182	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.31E-03	0.00E+00	2.31E-03
	สารเคมี A	กิโลกรัม	0.0127	0.00E+00	9.20E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.17E-04	0.00E+00	1.17E-04
	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	0.0291	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	8.15E-06	0.00E+00	8.15E-06
	ไฟฟ้าเครื่องจักร	kWh	0.2727	0.00E+00	2.80E-04	0.00E+00	0.00E+00	7.64E-05	0.00E+00	7.64E-05
	น้ำเสีย	กิโลกรัม	0.0345	0.00E+00	9.20E-03	2.00E-04	0.00E+00	3.17E-04	6.90E-06	3.24E-04
	การจัดเก็บ									
	LPG (ไฟรั่วสัฟฟ)	กิโลกรัม	0.0545	0.00E+00	1.94E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.06E-03	0.00E+00	1.06E-03
	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	0.0145	0.00E+00	3.00E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.35E-06	0.00E+00	4.35E-06
	รวม						0.00E+00	1.97E-02	1.60E-05	1.98E-02
	รวมระดับ Water footprint จากวัตถุดิบของสับปะรด-กระป๋องในน้ำเชื่อม 1 กระป๋อง						1.30E-01	5.88E-02	1.83E-02	2.07E-01

ตารางที่ 2.1.7 ระดับ Water Footprint จากการขนส่ง

ช่วง วัฏจักร ชีวิต	รายการ	ปริมาณ วัตถุดิบ kg	ระยะทาง ต่อเที่ยว (กม.)	ประเภท ยานพาหนะ	การะ		EF (m ³ H ₂ O/หน่วย)		ค่า Water Footprint (m ³ H ₂ O)		
					เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	100%L	0%L	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	รวม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	สับปะรด	0.4545	20	กระบะ 4 ล้อ 7 คัน	9.09E-03	1.30E-03	1.50E-01	5.00E-02	1.36E-03	6.49E-05	1.43E-03
	กระป๋อง20 oz.	0.0327	120	กระบะ 10 ล้อ 16 คัน	3.92E-03	2.45E-04	5.00E-01	2.00E-01	1.96E-03	4.91E-05	2.01E-03
	ฝากระป๋อง	0.0182	120	กระบะ 10 ล้อ 16 คัน	2.18E-03	1.37E-04	5.00E-01	2.00E-01	1.09E-03	2.73E-05	1.12E-03
	น้ำเชื่อม	0.0273	100	กระบะ 6 ล้อ 8.5 คัน	2.73E-03	3.21E-04	2.50E-01	1.00E-01	6.83E-04	3.21E-05	7.15E-04
	ฟิล์มพันกระป๋องจัดเก็บ	0.0001	50	กระบะ 4 ล้อ 7 คัน	5.00E-06	7.14E-07	1.50E-01	5.00E-02	7.50E-07	3.57E-08	7.86E-07
รวม									5.10E-03	1.73E-04	5.27E-03
การผลิต	การฆ่าเชื้อแสงทำให้อุ่น										
	สารเคมี A	0.0127	50	กระบะ 6 ล้อ 8.5 คัน	6.35E-04	7.47E-05	2.50E-01	1.00E-01	1.59E-04	7.47E-06	3.32E-06
	การจัดเก็บ										
	LPG (โพลีคาร์บอเนต)	0.0545	80	กระบะ 6 ล้อ 8.5 คัน	4.36E-03	5.13E-04	2.50E-01	1.00E-01	1.09E-03	5.13E-05	1.43E-05
รวม									1.25E-03	5.88E-05	1.76E-05
รวมระดับ Water footprint จากวัตถุดิบของสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม 1 กระป๋อง									6.35E-03	2.32E-04	5.29E-03

ตารางที่ 2.1.8 สรุประดับ Water Footprint ของสับปะรดกระป๋องในน้ำเชื่อม ขนาดบรรจุ 300 กรัม 1 กระป๋อง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (m ³ H ₂ O)				ระดับ Water Footprint ของการขนส่ง (m ³ H ₂ O)				ผลรวม
	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	
การได้มาของวัตถุดิบ	1.30E-01	3.90E-02	1.83E-02	1.87E-01	0.00E+00	5.27E-03	0.00E+00	5.27E-03	1.92E-01
การผลิต	0.00E+00	1.97E-02	1.60E-05	1.98E-02	0.00E+00	1.76E-05	0.00E+00	1.76E-05	1.98E-02
รวม	1.30E-01	5.88E-02	1.83E-02	2.07E-01	0.00E+00	5.29E-03	0.00E+00	5.29E-03	2.12E-01



ขั้นตอนที่ 4 การแปลผล

จากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและการประเมินผลจากค่า Water Footprint ตามช่วงวัฏจักรชีวิต พบว่า ช่วงวัฏจักรการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือ สับปะรด ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จึงควรพิจารณาให้ละเอียดถึงขั้นตอน และวิธีการปลูกสับปะรด เพื่อหาแนวทางการพัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกต่อไปได้

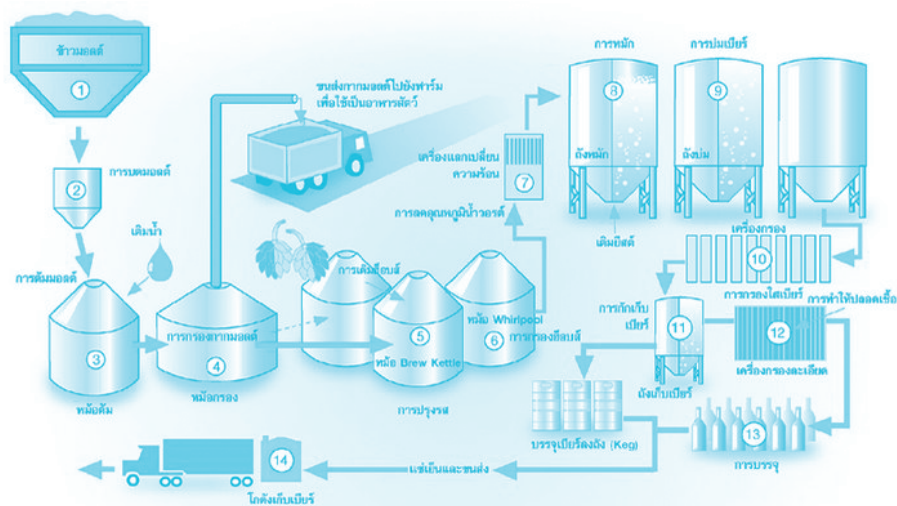
เมื่อพิจารณา Water Footprint ช่วงการผลิต พบว่า การใช้ไอน้ำเป็นทรัพยากรช่วยในการผลิต ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จึงควรพิจารณาให้ละเอียดถึงขั้นตอน และวิธีการผลิตไอน้ำ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว เช่น การนำน้ำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ การสอบทวนปริมาณสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในระหว่างกระบวนการ เป็นต้น

2.2 ผลิตภัณฑ์เบียร์

2.2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ข้อมูลเบื้องต้น

เบียร์ เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในรูปแบบที่ผ่านกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์พวกธัญพืชเป็นวัตถุดิบหลัก โดยเบียร์จะมีความแตกต่างกันไป เนื่องจากเครื่องปรุงและกรรมวิธีในการผลิตเบียร์ที่แตกต่างกันไปตามสถานที่ ลักษณะของเบียร์ (ชนิดของเบียร์ รสชาติ และสี) จึงมีความแตกต่างกันได้มาก การแบ่งประเภทของเบียร์สามารถแบ่งได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น แบ่งตามประเภทของยีสต์ที่ใช้ในการหมัก นอกจากนี้ยังแบ่งตามสี แหล่งผลิต วัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต ปริมาณแอลกอฮอล์ เป็นต้น

เบียร์ที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเบียร์ประเภทเดียวกับเบียร์ที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศเยอรมนี เรียกว่า ลาเกอร์เบียร์ (Lager Beer) โดยลาเกอร์เบียร์มีทั้งรสหวานจนถึงรสขม มีทั้งสีอ่อนจนถึงสีเข้ม แต่ส่วนใหญ่แล้วจะมีสีและรสชาติค่อนข้างอ่อน และมีระดับแอลกอฮอล์ต่ำประมาณ 3-5% โดยปริมาตร ทำให้ลาเกอร์เบียร์เป็นเบียร์ที่ดื่มง่ายและได้รับความนิยมจากผู้บริโภคชาวไทยรวมถึงผู้คนทั่วโลก



ภาพที่ 2.2.1 กระบวนการผลิตเบียร์(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552)

กระบวนการผลิตเบียร์



1. การเตรียมวัตถุดิบเมล็ดชนิดต่าง ๆ รวมทั้งส่วนผสมต่าง ๆ จะถูกซึ่งน้ำหนักตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ในการปรุงเบียร์แต่ละสูตรเพื่อเตรียมลำเลียงไปทอด
2. การบดมอลต์ โดยมอลต์จะถูกส่งไปบดด้วยโม่บดมอลต์ (grain mill) ซึ่งเป็นเพียงการบดให้แตกเมื่อผ่านการบดหยาบเนื้อมอลต์จะแตกออกและเอนไซม์ภายในจะสามารถละลายน้ำได้ง่ายขึ้นเมื่อนำไปต้มเพื่อเตรียมน้ำวอร์ต (wort) สำหรับการผลิตเบียร์ในประเทศไทยมีการใช้ปลายข้าวเป็นส่วนผสมข้างเคียงสำหรับผลิตน้ำวอร์ตเพื่อลดต้นทุนการผลิต ปลายข้าวจะถูกบดและต้มให้สุกก่อนนำไปผสมกับมอลต์
3. การต้มมอลต์ มอลต์และส่วนผสมข้างเคียง เช่น แป้งข้าวที่ต้มจนสุกแล้วจะถูกลำเลียงลงในหม้อต้ม พร้อมกับน้ำร้อนที่ได้จากกากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 38°C แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 78°C ประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที เป็นการหยุดการทำงานของเอนไซม์ จะได้น้ำวอร์ตซึ่งประกอบด้วยแป้งที่ย่อยแล้วบางส่วน น้ำตาล เอนไซม์และโปรตีนสำหรับใช้หมักเบียร์

4. การกรองกากมอลต์ ส่วนผสมทั้งหมดจะถูกบีบจากหม้อต้มไปยังหม้อกรองเมื่อน้ำแห้งแล้ว จะมีการใช้น้ำเพื่อสกัดน้ำวอร์ตส่วนที่ยังตกค้างอยู่ในกากมอลต์ออกมาให้มากที่สุด
5. การปรุงรสน้ำวอร์ตจะถูกบีบเข้าสู่หม้อต้ม ให้เดือดอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ ข่าเชื้อและเคียวหัววด ระหว่างนี้จะเติมฮ็อปเพื่อให้ น้ำวอร์ตมีรสขมและ กลิ่นเฉพาะตัว
6. การกรองฮ็อป น้ำวอร์ตที่เคียวจนได้ที่แล้วจะถูกบีบเข้าสู่หม้อ whirlpool เพื่อแยกตะกอนโปรตีน ส่วนเกิน และกากฮ็อปออกไป โดยอาศัยการกวนให้ตะกอนมารวมตัวกันที่ก้นหม้อแล้วจึงถ่ายออก
7. การลดอุณหภูมิ น้ำวอร์ต ก่อนหมักเบียร์ต้องลดอุณหภูมิ น้ำวอร์ตให้เย็นลงโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน
8. การหมักน้ำวอร์ตที่เย็นลง ($\sim 12^{\circ}\text{C}$) จะถูกเติมอากาศและบีบเข้าสู่ถังหมักและมีการเติมยีสต์ ด้วยในเวลาเดียวกัน โดยใช้เวลาในการหมักนาน 7 วัน
9. การบ่มเบียร์ น้ำเบียร์ที่เพิ่งหมักเสร็จจะถูกสูบเข้าสู่ถังบ่มและลดอุณหภูมิลงเป็น $1-3^{\circ}\text{C}$ เพื่อบ่ม อีก 21 วัน ให้ได้เบียร์ที่มีรสชาติเหมาะสม
10. การกรองใสเบียร์ เบียร์บรรจุขวดต้องกรองยีสต์ส่วนที่ยังตกค้างอยู่ออกไป โดยก่อนกรองต้อง ลดอุณหภูมิเบียร์ลงจนเหลือประมาณ $0-1^{\circ}\text{C}$ เพื่อป้องกันการเกิดฟองเบียร์ในเครื่องกรอง
11. การกักเก็บเบียร์ หลังผ่านการกรองหยาบแล้วจึงกรองละเอียดให้เบียร์ใสขึ้น เบียร์ที่ผ่านการกรอง แล้วจะถูกสูบไปเก็บไว้ในถังเก็บเบียร์เพื่อรอบรรจุขวดต่อไป
12. กระบวนการบรรจุเบียร์ สำหรับเบียร์บรรจุขวดหรือบรรจุกระป๋อง ต้องผ่านการทำให้ปลอดเชื้อ ก่อนโดยพ่นเครื่องกรองจนเบียร์ปลอดเชื้อแล้ว เบียร์จะคงสภาพ และสามารถเก็บรักษาคุณภาพ ไว้ได้นานในภาชนะบรรจุ โดยภาชนะบรรจุต้องมีการผ่านการล้างทำความสะอาดก่อนบรรจุเบียร์ และปิดฉลาก

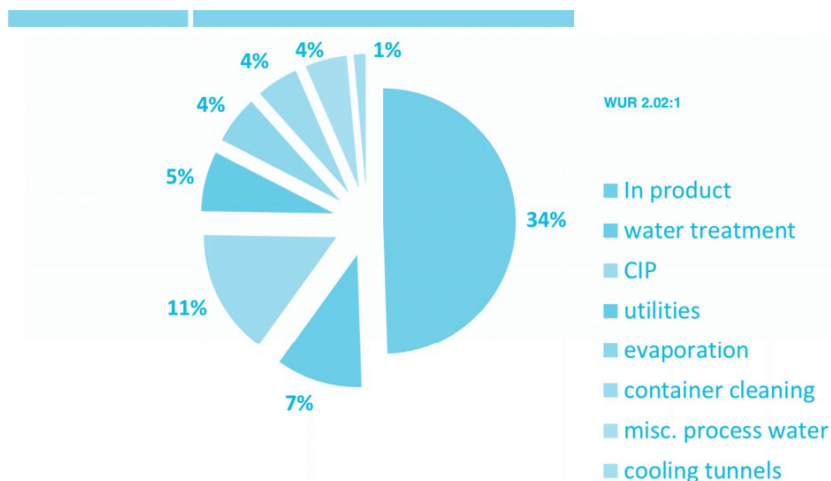




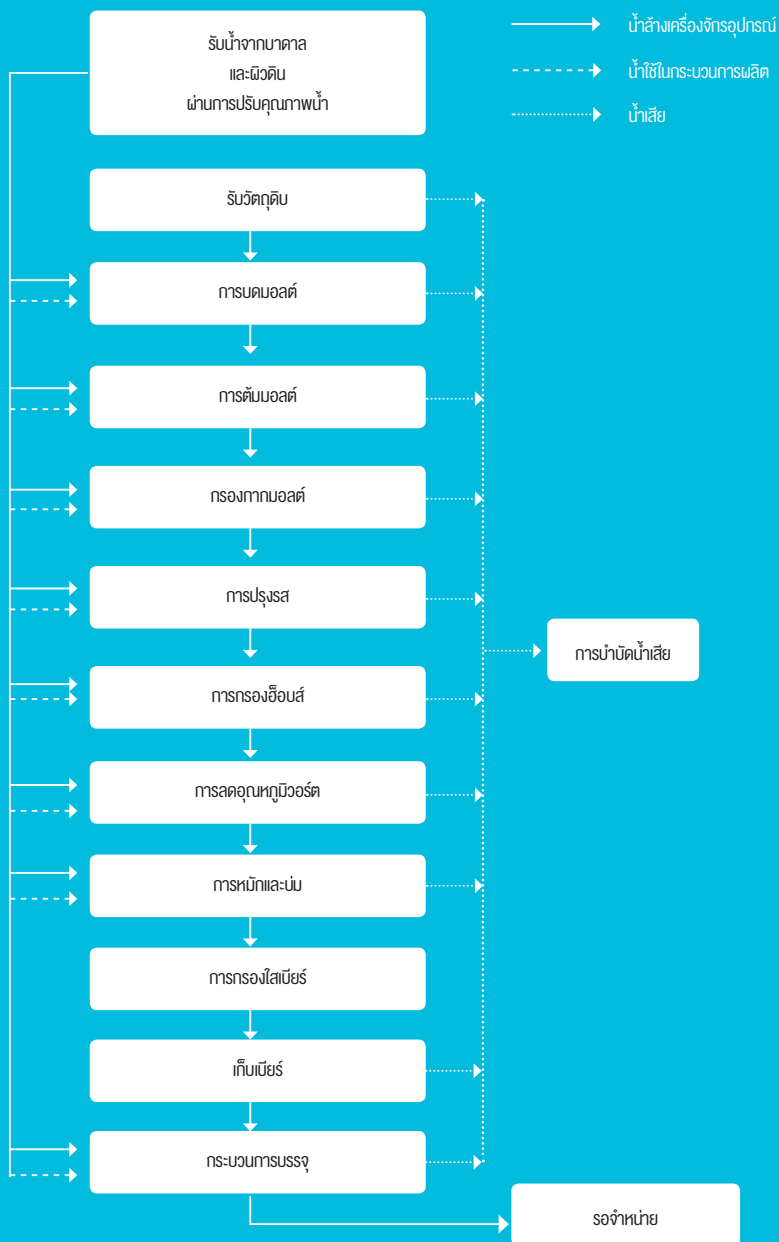
การใช้น้ำของอุตสาหกรรมเบียร์

ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มส่วนใหญ่มีน้ำในกระบวนการค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเบียร์ โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะถูกดึงไปบำบัดจากผลการศึกษา Beverage Industry Environment Roundtable (BIER) พบว่า น้ำที่ถูกบำบัดคิดเป็นร้อยละ 7 รองจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการและน้ำที่ใช้ในการล้าง (Cleaning in process: CIP)

Water Use Breakdown



ภาพที่ 2.2.2 ปริมาณน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

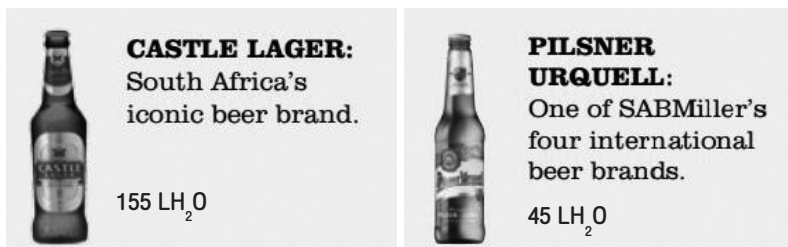


ภาพที่ 2.2.3 กระบวนการผลิตเบียร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ

2.2.2 กรณีศึกษา Water Footprint เบียร์

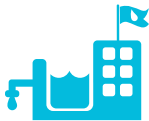
จากข้อมูลของ Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra, 2010 รายงานปริมาณ Water Footprint เบียร์ที่ผลิตจากมอลต์เอวี่ของโลกมีค่าเท่ากับ 298 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยเป็นปริมาณ Water Footprint สีเขียวคิดเป็นร้อยละ 85 Water Footprint สีฟ้าคิดเป็นร้อยละ 6 และ Water Footprint สีเทาคิดเป็นร้อยละ 9 เมื่อพิจารณาวจจะเห็นได้ชัดว่าปริมาณ Water Footprint ส่วนใหญ่มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ นั่นคือ การได้มาซึ่งมอลต์ในกระบวนการผลิตเบียร์ มีปริมาณ Water Footprint รวม 1,950 ลิตรต่อมอลต์หนึ่งกิโลกรัม ในประเทศไทยก็ได้มีการศึกษา Water Footprint ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารของ แชนเบียร์ ทิวาลา และรัตนาวรรณ เบิ้งคัง (2556) พบว่า ปริมาณ Water Footprint เบียร์ที่ผลิตจากมอลต์มีค่าเท่ากับ 450 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์ โดยที่ปริมาณ Water Footprint ส่วนใหญ่มาจาก Water Footprint สีเขียว เช่นเดียวกัน

ในปี พ.ศ. 2551 Sab Miller และ WWF ได้มีการศึกษาตัวอย่างโรงงานผลิตเบียร์ที่อยู่ภายใต้การดูแลโดยเปรียบเทียบการผลิตเบียร์ที่มาจากผลผลิตทางการเกษตรใน 2 พื้นที่การเพาะปลูกที่มีความแตกต่างกัน โดยพิจารณาปริมาณ Water Footprint โดยรวม พบว่า เบียร์ที่ได้จากการเพาะปลูกในพื้นที่หนึ่งมีปริมาณ Water Footprint สูงกว่าอีกที่ถึงสามเท่า อีกทั้งผลการวิจัยของทั้งสองพื้นที่ยังแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการผลิตและบรรจุเบียร์ รวมไปถึงการกำจัดของเสีย ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณ Water Footprint รวมทั้งหมด แต่ปริมาณ Water Footprint กว่าร้อยละ 90 เป็นผลมาจากเพาะปลูกพืชที่จะนำมาผลิตเบียร์ โดยมีปริมาณ Water Footprint ของเบียร์ที่ผลิตโดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรจากพื้นที่ South Africa เท่ากับ 155 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์ และเบียร์ที่ผลิตโดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรจากพื้นที่ในแถบทวีปยุโรปเท่ากับ 45 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์



ภาพที่ 2.2.4 ผลิตภัณฑ์ของ SAB Miller ที่มีการทำ Water Footprint

ตัวอย่างการคำนวณ Water Footprint อุตสาหกรรมผลิตเบียร์



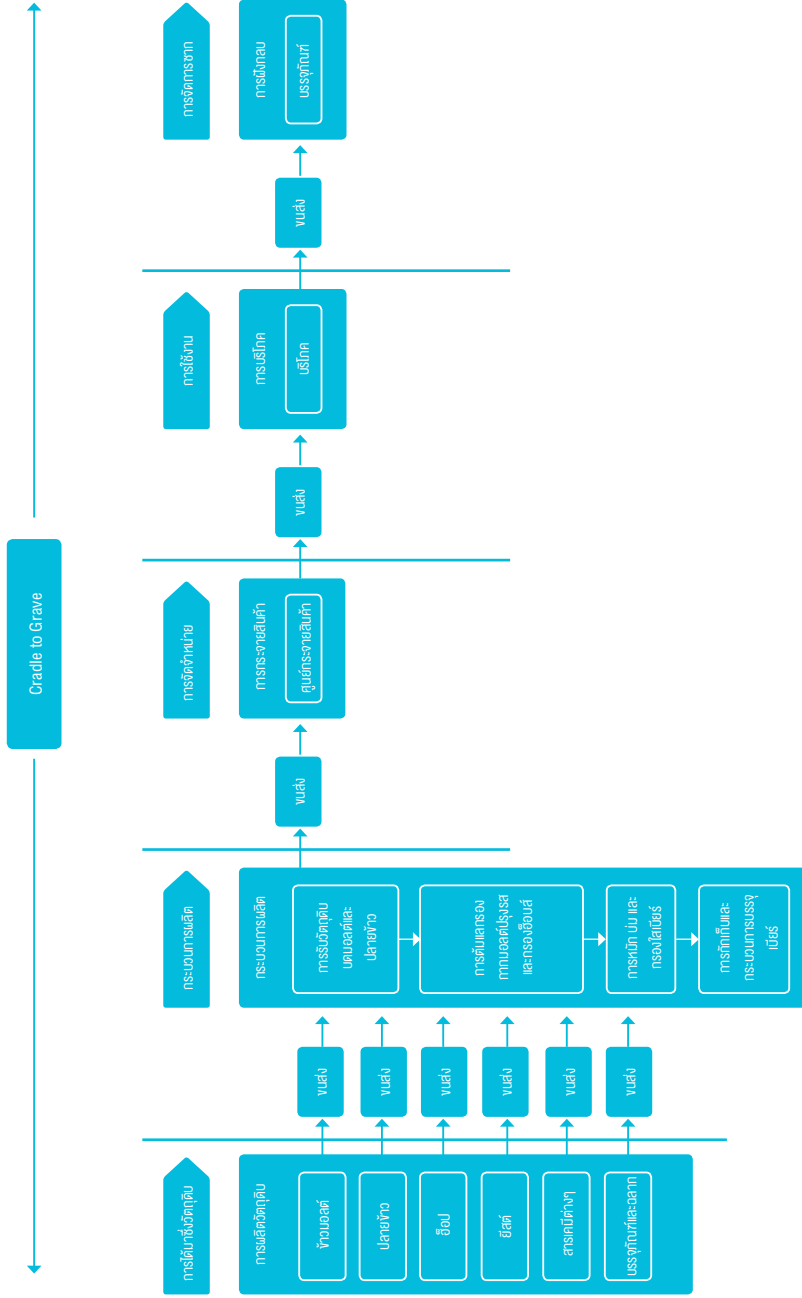
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

1.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	เบียร์บรรจุกระป๋องขนาด 350 มิลลิลิตร ปริมาณสุกั 350 มิลลิลิตร
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Grave (B2C) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต >การจัดจำหน่าย >การใช้งาน >การกำจัดซากผลิตภัณฑ์
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นเครื่องดื่ม
หน่วยการทำงาน	เบียร์บรรจุกระป๋องปริมาณสุกั 350 มิลลิลิตร

1.2 สร้างแผนผังขอบเขตการศึกษา

การประเมิน Water Footprint ของ เบียร์บรรจุกระป๋องขนาด 350 มิลลิลิตร ปริมาณสุกั 350 มิลลิลิตร พิจารณาครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิตการจัดจำหน่ายการใช้งาน และการกำจัดซาก ดังภาพที่ 2.2.5



ภาพที่ 2.2.5 ขอบเขตการผลิตผลิตภัณฑ์เบียร์ บรรจุกระป๋อง 350 มิลลิลิตรปริมาณสุทธิ

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

2.1 เก็บข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของกระบวนการผลิตเบียร์ (ข้อมูลรายปี) ข้อมูลการขนส่ง และข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำ

ตารางที่ 2.2.1 ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของกระบวนการผลิตเบียร์

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารขาเข้า				
การปรับปรุงสภาพวัตถุดิบ				
1	ปลายข้าว	กิโลกรัม	130.00	
2	ข้าวมอลต์	กิโลกรัม	300.00	
3	ไฟฟ้า	kWh	1.50	
4	น้ำมันหล่อลื่น	กิโลกรัม	0.20	
การต้มเบียร์				
1	ฮอป	กิโลกรัม	0.20	
2	สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.20	
3	ไฟฟ้า	kWh	194.00	
4	พลังงานความร้อน	กิโลกรัม	350.00	
5	น้ำ (ส่วนผสม)	m³	5.00	
6	น้ำ (ล้าง)	m³	1.00	
7	สารเคมีทำความสะอาด	กิโลกรัม	2.00	
การหมักและกรองเบียร์				
1	ยีสต์	กิโลกรัม	4.50	
2	น้ำ (ส่วนผสม)	m³	0.50	
3	น้ำ (ล้าง)	m³	2.50	
4	อากาศอัด	Nm³	5.00	
5	ไฟฟ้า	kWh	15.00	
6	พลังงานความร้อน	กิโลกรัม	4.00	
7	อากาศอัด CA-7	Nm³	6.00	
8	สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	20.00	

ตารางที่ 2.2.1 ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของกระบวนการผลิตเบียร์

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารขาเข้า				
กระบวนการบรรจุเบียร์กระป๋อง				
1	กระป๋อง	กิโลกรัม	30.00	
2	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	8.00	
3	หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.00	
4	กล่องเบียร์	กิโลกรัม	20.00	
5	กาว	กิโลกรัม	0.10	
6	ไฟฟ้า	kWh	15.00	
7	พลังงานความร้อน(ในการทำให้ปลอดเชื้อ)	กิโลกรัม	70.00	
8	น้ำ (ล้าง)	m³	2.50	
9	สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.50	
10	อากาศอัด	Nm³	5.00	
11	พลังงานความเย็น	Kwh-Ref.	70.00	
สารขาออก				
การดื่มเบียร์				
1	กากมอลต์และปลายข้าว	กิโลกรัม	10	
2	น้ำเสีย	m³	1.002	
การหมักและกรองเบียร์				
1	ยีสต์	กิโลกรัม	4.50	
2	น้ำเสีย	m³	2.52	
3	น้ำเบียร์	m³	10.00	
กระบวนการบรรจุเบียร์กระป๋อง				
1	ฝากระป๋องเสีย	กิโลกรัม	0.01	
2	กระป๋องเสีย	กิโลกรัม	0.04	
3	กล่องเสีย	กิโลกรัม	0.70	
4	น้ำเสียจากกระบวนการบรรจุ	m³	2.50	
5	น้ำเบียร์เสียจากกระบวนการบรรจุ	กิโลกรัม	0.65	

ตารางที่ 2.2.2 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุของผลิตภัณฑ์เบียร์

ลำดับ	รายการ	ระยะทาง (กม.)	ประเภทยานพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก	
				เที่ยวไป	เที่ยวกลับ
การรับวัตถุดิบ บดมอลต์และปลายข้าว					
1	ปลายข้าว	50	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%
2	ข้าวมอลต์	2500	เรือบรรทุก Container	100%	0%
การต้มและกรองกากมอลต์บดเพื่อ ปรุงรสและกรองฮีป					
1	ฮีป	2500	เรือบรรทุก Container	100%	0%
2	สารเคมีต่างๆ	100	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 8.5 ตัน	100%	0%
การกักเก็บและกระบวนการบรรจุเบียร์					
1	กระป๋อง	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%
2	ฝากระป๋อง	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%
3	หมึกพิมพ์	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%
4	กล่องเบียร์	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%
5	กาว	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน	100%	0%



ตารางที่ 2.2.3 Emission Factor การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
ปลายข้าว	กิโลกรัม	2.3710	0.4880	0.1110
ข้าวบด	กิโลกรัม	2.8060	0.0000	0.1430
ธัญพืช	กิโลกรัม	1.6620	0.1080	0.1800
สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.0000	0.0047	0.0000
ยีสต์เปียก	กิโลกรัม	0.0000	0.0445	0.0000
กระป๋อง	กิโลกรัม	0.0000	0.0658	0.0000
ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0000	0.0045	0.0000
หมักพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	0.0848	0.0000
กล่องเบียร์	กิโลกรัม	0.0000	0.0080	0.0000
กาว	กิโลกรัม	0.0000	0.0157	0.0000
ไฟฟ้า	kWh	0.0000	0.0151	0.0000
อากาศอัด	Nm ³	0.0000	0.0157	0.0000
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.0000	0.0151	0.0000
น้ำ (ส่วนผสม)	ลบ.ม.	0.0000	0.1270	0.0000
น้ำ (ล้าง)	ลบ.ม.	0.0000	0.0157	0.0000
สารเคมีทำความสะอาด	กิโลกรัม	0.0000	0.0092	0.0000
น้ำมันหล่อลื่น	กิโลกรัม	0.0000	0.0658	0.0000
สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.0000	0.0090	0.0000

ตารางที่ 2.2.4 Emission Factor การบำบัดและการจัดการของเสีย

รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
การบำบัดน้ำเสีย	ลบ.ม.	0.0000000	0.0091707	0.0000000
การฝังกลบ	กิโลกรัม	0.0000000	0.0003367	0.0000000



ตารางที่ 2.2.5 Emission Factor ของยานพาหนะแต่ละชนิด

ประเภทยานพาหนะ	น้ำมัน	
	เที่ยวไป 100% loading (m³H ₂ O/tkm.)	เที่ยวกลับ 0% loading (m³H ₂ O/tkm.)
เรือบรรทุก Container	0.00000654	
รถกระบะ-บรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 8.5 ตัน	0.00004398	0.00027735
รถกระบะ-บรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน	0.00003462	0.00038291
รถตู้บรรทุกขยะ- 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน	0.0000308	0.0003195



2.2 สร้างแผนกระบวนการผลิตและตรวจสอบสมดุลมวลสาร

กระบวนการที่ 1 การรับวัตถุดิบ บดมอลต์และปลายข้าว (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลายข้าว	130.00	กิโลกรัม
ข้าวมอลต์	300.00	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1.50	kWh

การรับวัตถุดิบบดมอลต์
และปลายข้าว



ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวมอลต์+ปลายข้าว	430.00	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.2.6 แผนภาพข้อมูลรายปี การรับวัตถุดิบ บดมอลต์และปลายข้าว



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

น้ำหนักข้าวมอลต์ + ปลายข้าว

= นน. ข้าวมอลต์+นน. ปลายข้าว

= 130 + 300 = 430 kg

กระบวนการที่ 2 การตัดทรงทากามอลด์ปรงสและทรงฮือป (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ออฟ	0.20	กิโลกรัม
น้ำ (ส่วนผสม)	5.00	m ³
สารเคมีต่างๆ	0.20	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	หน่วย	ปริมาณ
ไฟฟ้า	12.00	kWh
พลังงานความร้อน	350.00	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	1.00	m ³
สารเคมีทำความสะอาด	2.00	กิโลกรัม

การตัดและทรงทากามอลด์
มอลด์ปรงสและ
ทรงฮือป



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กากมอลด์และปลายข้าว	10.00	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	1.00	m ³

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำออร์ต	5,420.40	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.2.7 แผนภาพข้อมูลรายปี การตัดและทรงทากามอลด์ปรงสและทรงฮือป



การคำนวณปริมาณน้ำเสีย (เนื่องจากเป็นสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดจึงไม่มีการติดไปกับผลิตภัณฑ์) สารเคมีมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 kg/l

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น ปริมาณน้ำเสียที่ออกจากการผลิต} &= \text{น้ำล้าง} + \text{สารเคมี} \\
 &= 1 \text{ m}^3 + (2 \text{ kg} \div 1000 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 1.002 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

น้ำหนักข้าวมอลด์และปลายข้าว

$$\begin{aligned}
 &= \text{นน. ข้าวมอลด์} + \text{นน. ปลายข้าว} + \text{ฮือป} + \text{น้ำ (ลิตร)} \\
 &+ \text{สารเคมี (ส่วนผสม)} - \text{กากมอลด์และปลายข้าว} \\
 &= 430 \text{ kg} + 0.2 \text{ kg} + (5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ l/m}^3) + 0.2 \text{ kg} - 10 \text{ kg} \\
 &= 5,420.4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

น้ำหนักสารขาเข้ารวม = น้ำหนักสารขาออกรวม

น้ำหนักสารขาเข้ารวม = นน.จ๊ววมอลต์ + นน.ปลายจ๊ว + อีโอป + น้ำ(ลิตร)
+ สารเคมี (ส่วนผสม) + น้ำล้าง + สารเคมีทำความสะอาด
= $[430 + 0.2 + (5 \times 1000) + 0.2] \text{ kg} + (1 \text{ m}^3 \times 1,000 \text{ kg/m}^3)$
= 6,430.4 kg

น้ำหนักสารขาออกรวม = น้ำวอร์ต + กากจ๊ววมอลต์และปลายจ๊ว + น้ำเสีย
= $[5,420.4 + 10] \text{ kg} + (1 \text{ m}^3 \times 1,000 \text{ kg/m}^3)$
= 6,430.4 kg

กระบวนการที่ 3 การหมัก บ่มเบียร์ และกรองใสเบียร์ (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ (ส่วนผสม)	0.50	m ³
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	15.00	kWh
อากาศอัด	6.00	Nm ³
พลังงานความร้อน	4.00	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	2.50	m ³
สารเคมีต่างๆ	20.00	กิโลกรัม
ยีสต์	4.50	กิโลกรัม
พลังงานความเย็น	70.00	กิโลกรัมความเย็น

การหมักและบ่ม
กรองใสเบียร์



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ยีสต์	4.50	กิโลกรัม
น้ำเสีย	2.52	m ³
น้ำเบียร์	10.00	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ใส	5,910.40	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.2.8 แผนภาพข้อมูลรายปี การหมัก บ่มเบียร์ และกรองใสเบียร์



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

เบียร์ใส = น้ำวอร์ต + น้ำ(ลิตร) - น้ำเบียร์เสีย
= $5,420.4 \text{ kg} + (0.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3) - 10 \text{ kg}$
= 5,910.4 kg



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักรวมขาเข้ารวม} &= \text{น้ำหนักรวมขาออกรวม} \\
 \text{น้ำหนักรวมขาเข้ารวม} &= \text{น้ำจืด + น้ำ(เสีย) + น้ำล้าง + สารเคมีต่าง ๆ + ยีสต์} \\
 &= [5,420.4 + (0.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3) + 2.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3] \\
 &\quad + 20 \text{ kg} + 4.5 \text{ kg} \\
 &= 8,434.9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักรวมขาออกรวม} &= \text{เบียร์ใส + น้ำเสีย + ยีสต์} \\
 &= 5,910.4 \text{ kg} + (2.52 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3) + 4.5 \text{ kg} \\
 &= 8,434.9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

กระบวนการที่ 4 การกักเก็บและกระบวนการบรรจุเบียร์ (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	30.00	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	8.00	กิโลกรัม
หมึกพิมพ์	0.003	กิโลกรัม
กล่องเบียร์	20.00	กิโลกรัม
ทาว	0.10	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรรไกร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	15.00	kWh
อากาศอัด	5.00	Nm ³
พลังงานความร้อน(ในการทำให้ปลอดเชื้อ)	70.00	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	2.50	m ³
สารเคมีต่างๆ	0.50	กิโลกรัม

การกักเก็บและกระบวนการบรรจุเบียร์



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ฝากระป๋องเสีย	0.01	กิโลกรัม
กระป๋องเสีย	0.04	กิโลกรัม
กล่องเสีย	0.70	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสียจากกระบวนการบรรจุ	2.50	m ³
น้ำเบียร์เสียจากกระบวนการบรรจุ	0.65	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ใสพร้อมบรรจุ	5,909.75	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	5,967.10	กิโลกรัม
เบียร์บรรจุกระป๋อง	16,885.00	กระป๋อง

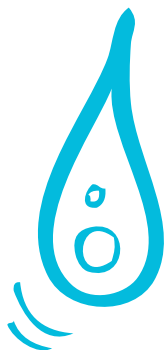
ภาพที่ 2.2.9 แผนภาพข้อมูลรายปี การกักเก็บและกระบวนการบรรจุเบียร์



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

$$\begin{aligned}
 \text{น.เบียร์รวมบรรจุภัณฑ์} &= \text{น้ำเบียร์ + กระป๋อง + ฝา + หมึกพิมพ์ + กล่องเบียร์ + ทาว} \\
 &\quad - \text{น้ำเบียร์เสีย - กระป๋องเสีย - ฝาเสีย - กล่องเสีย} \\
 &= (5,910.4 + 30 + 8 + 0.003 + 20 + 0.1 - 0.65 - 0.04 - 0.01 - 0.7) \text{ kg} \\
 &= 5967.10 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



เมื่อเก็บข้อมูลรายปีเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปของปริมาณต่อหน่วยหน้าที่ หรือที่เรียกว่า ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle inventory: LCI) นั่นเอง ซึ่งจากแผนภาพกระบวนการผลิต (ข้อมูลรายปี) มีการผลิตเบียร์กระป๋องออกมาในหลายรูปแบบ จึงพบว่า มีผลิตภัณฑ์ร่วมเกิดขึ้น ในที่นี้ คือเบียร์อื่น ๆ ที่โรงงานได้ขายให้กับบุคคลภายนอก ดังนั้น การจัดทำ LCI จะต้องมีการปันส่วนเข้ามาร่วมด้วย ซึ่งในอุตสาหกรรมเบียร์แนะนำให้มีการปันส่วนโดยน้ำหนัก ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการปันส่วน โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

กระบวนการที่ 1 การรับวัตถุดิบ บดมอลต์ และปลายข้าว (ข้อมูลรายปี)

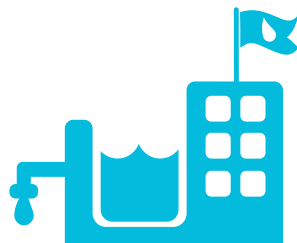
วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลายข้าว	52.00	กิโลกรัม
ข้าวมอลต์	120.00	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรฟยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.60	kWh

การรับวัตถุดิบบดมอลต์
และปลายข้าว



ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวมอลต์+ปลายข้าว	172.00	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.2.11 แผนภาพข้อมูลรายปีก่อนการปันส่วนการรับวัตถุดิบ บดมอลต์ และปลายข้าว





ตัวประกอบการเป็นส่วน

กำหนดให้

ในระหว่างปีมีการผลิตเบียร์กระป๋องภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่สนใจทั้งหมด 6,754 กระป๋องคิดเป็นปริมาณเบียร์

$$= 6,754 \times 0.35 \text{ L} = 2,363.9 \text{ L}$$

ดังนั้น ค่าตัวประกอบการเป็นส่วนเบียร์ที่ผลิตได้

$$= \frac{\text{ปริมาณเบียร์กระป๋อง}}{\text{ปริมาณเบียร์ทั้งหมด}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,363.90 \text{ L}}{5909.75} \times 100\%$$

$$= 40.00 \%$$



การคำนวณบัญชีรายการ หลังการเป็นส่วน ปลายข้าว และข้าวมอลต์

ปริมาณปลายข้าวที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์

$$= \text{ปริมาณปลายข้าว} \times \text{ค่าตัวประกอบการเป็นส่วนเบียร์ที่ผลิตได้}$$

$$= 130 \text{ kg} \times 40.00 \%$$

$$= 52 \text{ kg}$$

ดังนั้น ปริมาณปลายข้าว ที่ใช้เพื่อการผลิตเบียร์ที่แท้จริง คือ 52 กิโลกรัม ดำเนินการเป็นส่วนเช่นนี้กับบัญชีรายการในทุกกระบวนการผลิตทั้งสารขาเข้า และสารขาออก เนื่องจากข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกเป็นข้อมูลกิจกรรมที่ใช้เพื่อการผลิตเบียร์บรรจุกระป๋องรวมจึงต้องเป็นส่วน แผนข้อมูลรายปีหลังการเป็นส่วน ดังภาพที่ 2.2.12

หลังจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวซึ่งเป็นการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์เบียร์บรรจุกระป๋อง 350 มิลลิลิตรที่สนใจ 6,754 กระป๋อง เทียบบัญชีวิธีไตรยางค์ข้อมูลให้เป็นข้อมูลต่อกระป๋อง ดังภาพที่ 2.2.13 จะได้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เบียร์ 1 กระป๋อง

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลายข้าว	52.00	กิโลกรัม
ข้าวบดสด	120.00	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.60	kWh

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ออฟ	0.08	กิโลกรัม
น้ำ (ส่วนผสม)	2.00	m³
สารเคมีต่างๆ	0.08	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	4.80	kWh
พลังงานความร้อน	140.00	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	0.40	m³
สารเคมีทำความสะอาด	0.80	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ (ส่วนผสม)	0.20	m³
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	6.00	kWh
อากาศอัด	2.40	Nm³
พลังงานความร้อน	1.60	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	1.00	m³
สารเคมีต่างๆ	8.00	กิโลกรัม
ยีสต์	1.80	กิโลกรัม
พลังงานความเย็น	28.00	กิโลกรัมความเย็น

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กร-บ้อง	12.00	กิโลกรัม
ฝากระบ้อง	3.20	กิโลกรัม
หมักพันธุ์	0.001	กิโลกรัม
กล่องเบียร์	8.00	กิโลกรัม
ทาว	0.04	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	6.00	kWh
อากาศอัด	2.00	Nm³
พลังงานความร้อน(ในการทำให้แอลกอฮอล์)	28.00	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	1.00	m³
สารเคมีต่างๆ	0.20	กิโลกรัม

การรับวัตถุดิบคอสต์
และปลายข้าว



การตั้งและกรองกากบดสด
บดสดปรุงรสและ
กรองเชื้อยีสต์



การหมักและบ่ม
กรองไฮเบียร์



การกักเก็บและกระบวน
การบรรจุเบียร์



ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวบดสด+ปลายข้าว	172.00	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กากบดสดและปลายข้าว	4.00	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.16	m³

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำวอร์ต	2,168.16	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ยีสต์	1.80	กิโลกรัม
น้ำเสีย	0.40	m³
น้ำเบียร์	4.00	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ไฮ	2,364.16	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ฝากระบ้องเสีย	0.00	กิโลกรัม
กระบ้องเสีย	0.02	กิโลกรัม
กล่องเสีย	0.28	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสียจากการระบวมการบรรจุ	1.00	m³
น้ำเบียร์เสียจากการระบวมการบรรจุ	0.26	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ไฮพร้อมบรรจุ	2,363.90	กิโลกรัม
(น้ำหมักรวมบรรจุภัณฑ์)	2,386.84	กิโลกรัม
เบียร์บรรจุกระบ้อง	6,754.00	กระบ้อง

ภาพที่ 2.2.12 แผนภาพการผลิตเบียร์ข้อมูลรายปีหลังการปั่นส่วน

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลายข้าว	0.00770	กิโลกรัม
ข้าวบด	0.01777	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.00009	kWh

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
อow	0.00001	กิโลกรัม
น้ำ (ส่วนผสม)	0.00030	m³
สารเคมีต่างๆ	0.00001	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.00071	kWh
พลังงานความร้อน	0.02073	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	0.00006	m³
สารเคมีทำความสะอาด	0.00012	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำ (ส่วนผสม)	0.00003	m³
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.00089	kWh
อากาศอัด	0.00036	Nm³
พลังงานความร้อน	0.00024	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	0.00015	m³
สารเคมีต่างๆ	0.00118	กิโลกรัม
ยีสต์	0.00027	กิโลกรัม
พลังงานความเย็น	0.00415	กิโลกรัมความเย็น

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	0.00178	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	0.00047	กิโลกรัม
หมักพืช	0.00000	กิโลกรัม
กล่องเบียร์	0.00118	กิโลกรัม
กาว	0.00001	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.00089	kWh
อากาศอัด	0.00030	Nm³
พลังงานความร้อน(ในการทำให้ปลอดเชื้อ)	0.00415	กิโลกรัม
น้ำ (ล้าง)	0.00015	m³
สารเคมีต่างๆ	0.00003	กิโลกรัม

การรับวัตถุดิบเบสและปลายข้าว

การขึ้นและกรองจากเบสและบดแป้งและกรองเชื้อยีสต์

การหมักและบ่มกรองไลโซ

การกักเก็บและกระบวนการบรรจุเบียร์

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวบด+ปลายข้าว	0.02547	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กากเบสและปลายข้าว	40.00059	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.00002	m³

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
น้ำวอร์ค	0.32102	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ยีสต์	0.00027	กิโลกรัม
น้ำเสีย	0.00006	m³
น้ำเบียร์	0.00059	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ไลโซ	0.35004	กิโลกรัม

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ฝากระป๋องเสีย	0.0000006	กิโลกรัม
กระป๋องเสีย	0.0000024	กิโลกรัม
กล่องเสีย	0.00004	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสียจากการบวนการบรรจุ	0.00015	m³
น้ำเบียร์เสียจากการบวนการบรรจุ	0.00004	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
เบียร์ไลโซพร้อมบรรจุ	0.35000	กิโลกรัม
(น้ำหมักรวมบรรจุทุกที่)	0.35340	กิโลกรัม
เบียร์บรรจุกระป๋อง	1	กระป๋อง

ภาพที่ 2.2.13 แผนภาพการผลิตเบียร์ 1 กระป๋อง

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินค่า Water Footprint

เมื่อจัดทำบัญชีรายการ (LCI) ของผลิตภัณฑ์เป้าหมายแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การประเมิน Water Footprint โดยการนำข้อมูลปริมาณ LCI คูณด้วยข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรายการนั้น ๆ ตลอดวงจรชีวิต ดังตารางที่ 2.2.6–2.2.8

สำหรับตัวอย่างการประเมิน Water Footprint ของเบียร์มีข้อสังเกต ดังนี้

1. การผลิต : กระป๋อง (ของเสียในกระบวนการผลิต) จากการคำนวณ Water Footprint การจัดการซาก ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ด้วยการฝังกลบ (Land-fill) ยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้จะประเมินตามอัตราการรีไซเคิล หรือในกรณีที่ทราบสัดส่วนวิธีการจัดการของเสียของโรงงาน สามารถใช้ค่าตามวิธีจัดการได้ เช่น ส่งไปรีไซเคิลคิดเป็นร้อยละ 100 รายละเอียดดังตารางที่ 1.7 ดังนั้น ปริมาณการปล่อยเสีย เท่ากับ

$$\begin{aligned}\text{กระป๋องเสีย} &= 0.0000024 \text{ kg} \times (1-0.71) \\ &= 0.000000696 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. การจัดการซากของเสียหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กระป๋อง และฝากระป๋องหลังใช้งาน (หลังบริโภคแล้ว ผู้บริโภคทิ้งกระป๋องและฝา)

โดย น้ำหนักกระป๋อง 1 กระป๋อง จากข้อมูลกระบวนการผลิต

$$\begin{aligned}&= \text{น้ำหนักกระป๋องขาเข้า} - \text{น้ำหนักกระป๋องเสีย} \\ &= 0.00178 \text{ kg} - 0.0000024 \text{ kg} \\ &= 0.00177 \text{ kg}\end{aligned}$$

ดังนั้น 1 กระป๋องบรรจุภัณฑ์มีน้ำหนัก 0.00177 kg

เนื่องจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับผู้บริโภค ดังนั้น จึงใช้ค่าที่กรมควบคุมมลพิษสำรวจการจัดการขยะ

คิดเป็นน้ำหนักที่ถูกกำจัดโดยการฝังกลบ

$$\begin{aligned}&= 0.00177 \text{ kg} \times (1-0.71) \\ &= 0.000515 \text{ kg}\end{aligned}$$



น้ำหนักฝาระป๋อง 1 ฝา จากข้อมูลกระบวนการผลิต
= น้ำหนักฝาระป๋องงาเข้า – น้ำหนักฝาระป๋องเสีย
ดังนั้น น้ำหนักฝาระป๋อง คือ 0.00047 kg
คิดเป็นน้ำหนักที่ถูกกำจัดโดยการฝังกลบ
= $0.00047 \text{ kg} \times (1-0.71)$
= 0.000137 kg

ทั้งนี้ การขนส่งของเสียจากกระบวนการผลิตและของเสียหลังใช้งานผลิตภัณฑ์จะคิดน้ำหนักรวมส่วนของรีไซเคิลและกำจัดแบบฝังกลบเพราะไม่ว่าจะเป็นของเสียส่วนที่รีไซเคิลหรือส่วนที่นำไปฝังกลบต่างก็ต้องมีการขนส่งไปกำจัดเช่นกัน



ตารางที่ 2.2.6 ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร

ช่วง วัฏจักร ชีวิต	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	EF (m³H₂O/หน่วย)			Water footprint (m³H₂O /หน่วย)			
				น้ำสีเขียว	น้ำฟ้า	น้ำสีเทา	น้ำสีเขียว	น้ำฟ้า	น้ำสีเทา	รวม
รับวัตถุดิบ	ปลายข้าว	กิโลกรัม	0.0077	2.37E+00	4.88E-01	1.11E-01	1.83E-02	3.76E-03	8.55E-04	2.29E-02
	ข้าวหอมดซ์	กิโลกรัม	0.0178	2.81E+00	0.00E+00	1.43E-01	4.99E-02	0.00E+00	2.54E-03	5.24E-02
	ออฟ	กิโลกรัม	0.0000	1.66E+00	1.08E-01	1.80E-01	1.97E-05	1.28E-06	2.13E-06	2.31E-05
	สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.0012	0.00E+00	4.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.77E-06	0.00E+00	5.77E-06
	กระป๋อง	กิโลกรัม	0.0018	0.00E+00	4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	7.91E-05	0.00E+00	7.91E-05
	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0005	0.00E+00	6.58E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.12E-05	0.00E+00	3.12E-05
	หมักฟิฟฟ์	กิโลกรัม	0.0000	0.00E+00	4.49E-03	0.00E+00	0.00E+00	7.98E-10	0.00E+00	7.98E-10
	กล่องเนียร์	กิโลกรัม	0.0012	0.00E+00	8.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-04	0.00E+00	1.00E-04
	ทาว	กิโลกรัม	0.0000	0.00E+00	8.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.74E-08	0.00E+00	4.74E-08
	รวม						6.81E-02	3.97E-03	3.40E-03	7.55E-02
การรับวัตถุดิบ										
ไฟฟ้า	kWh	0.0001	0.00E+00	1.51E-02	4.00E-04	0.00E+00	1.34E-06	3.55E-08	1.38E-06	
การต้มเบียร์										
ไฟฟ้า	kWh	0.0007	0.00E+00	1.51E-02	4.00E-04	0.00E+00	1.07E-05	2.84E-07	1.10E-05	
พลังงานความร้อน	กิโลกรัม	0.0207	0.00E+00	1.51E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.13E-04	0.00E+00	3.13E-04	
น้ำ (ส่วนผสม)	ลบ.ม.	0.0003	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.76E-05	0.00E+00	3.76E-05	
น้ำ (ล้าง)	ลบ.ม.	0.0001	0.00E+00	1.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	9.27E-07	0.00E+00	9.27E-07	
สารเคมีทำความสะอาด	กิโลกรัม	0.0001	0.00E+00	9.25E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-06	0.00E+00	1.10E-06	
น้ำเสีย	ลบ.ม.	0.0000	0.00E+00	9.17E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.18E-07	0.00E+00	2.18E-07	
การหมักและกรองเบียร์										
ยีสต์	กิโลกรัม	0.0003	0.00E+00	4.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.19E-05	0.00E+00	1.19E-05	
น้ำ (ส่วนผสม)	ลบ.ม.	0.0000	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.76E-06	0.00E+00	3.76E-06	
น้ำ (ล้าง)	ลบ.ม.	0.0001	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-05	0.00E+00	1.88E-05	
อากาศอัด	Nm³	0.0004	0.00E+00	1.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	5.56E-06	0.00E+00	5.56E-06	
ไฟฟ้า	kWh	0.0009	0.00E+00	1.51E-02	4.00E-04	0.00E+00	1.34E-05	3.55E-07	1.38E-05	
พลังงานความร้อน	กิโลกรัม	0.0002	0.00E+00	1.51E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.58E-06	0.00E+00	3.58E-06	
สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.0041	0.00E+00	4.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.95E-05	0.00E+00	1.95E-05	
พลังงานความร้อน	Kwh-Ref.	0.0041	0.00E+00	6.58E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.73E-04	0.00E+00	2.73E-04	
น้ำเสีย	ลบ.ม.	0.0001	0.00E+00	9.17E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.47E-07	0.00E+00	5.47E-07	
กระบวนการบรรจุเบียร์กระป๋อง										
ไฟฟ้า	kWh	0.0009	0.00E+00	1.51E-02	4.00E-04	0.00E+00	1.34E-05	3.55E-07	1.38E-05	
พลังงานความร้อน (ในการกรอกฟัลโบลัดเชื้อ)	กิโลกรัม	0.0041	0.00E+00	1.51E-02	0.00E+00	0.00E+00	6.26E-05	0.00E+00	6.26E-05	
น้ำ (ล้าง)	ลบ.ม.	0.0001	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-05	0.00E+00	1.88E-05	
สารเคมีต่างๆ	กิโลกรัม	0.0000	0.00E+00	9.25E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.74E-07	0.00E+00	2.74E-07	
อากาศอัด	Nm³	0.0003	0.00E+00	1.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.63E-06	0.00E+00	4.63E-06	
น้ำเสีย	ลบ.ม.	0.0001	0.00E+00	9.17E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.36E-06	0.00E+00	1.36E-06	
(ของเสีย)กระป๋อง	กิโลกรัม	2.00E-06	0.00E+00	3.40E-04	0.00E+00	0.00E+00	7.98E-10	0.00E+00	7.98E-10	
(ของเสีย)ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	1.00E-06	0.00E+00	3.40E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.99E-10	0.00E+00	1.99E-10	
(ของเสีย)กล่องเนียร์	กิโลกรัม	4.10E-05	0.00E+00	3.40E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.40E-08	0.00E+00	1.40E-08	
รวม						0.00E+00	8.16E-04	1.03E-06	8.17E-04	
การกระจาย สินค้า	ไม่มีการใช้วัตถุดิบในช่วงวัฏจักรชีวิต									
การใช้งาน	ไม่มีการใช้วัตถุดิบในช่วงวัฏจักรชีวิต									
การจัด	กระป๋อง	กิโลกรัม	0.0018	0.00E+00	3.37E-04	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-07	0.00E+00	5.97E-07
การจาก	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0005	0.00E+00	3.37E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.59E-07	0.00E+00	1.59E-07
รวม						0.00E+00	7.57E-07	0.00E+00	7.57E-07	
รวมระดับ Water Footprint จากวัตถุดิบของเบียร์ 1 กระป๋อง						6.81E-02	4.79E-03	3.40E-03	7.63E-02	

ตารางที่ 2.2.7 ระดับ Water Footprint ของการขนส่ง

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ วัตถุดิบ kg	ระยะทาง ต่อเที่ยว (กม.)	ประเภท ยานพาหนะ	การบรรทุก		EF (ม ³ H ₂ O/หน่วย)		ค่า Water Footprint (ม ³ H ₂ O)		
					เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	100%L	0%L	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	รวม
การได้มาซึ่ง วัตถุดิบ	ปลายข้าว	7.70E-06	50	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	3.85E-04	2.41E-05	3.46E-05	3.83E-04	1.33E-08	9.21E-09	2.25E-08
	ข้าวบดคัสต์	1.78E-05	2,500	เรือบรรทุก Container	4.44E-02	2.78E-03	6.54E-06	6.54E-06	2.90E-07	1.82E-08	3.09E-07
	ฮอฟ	1.18E-08	2,500	เรือบรรทุก Container	2.96E-05	1.85E-06	6.54E-06	6.54E-06	1.94E-10	1.21E-11	2.06E-10
รวม									3.040E-07	2.738E-08	3.314E-07
การผลิต	การต้มเบียร์										
	สารเคมีต่างๆ	1.18E-08	100	รถกระบะ: 6 ล้อ 8.5 ตัน	1.18E-06	7.40E-08	4.40E-05	2.77E-04	5.21E-11	2.05E-11	7.26E-11
	การบรรจุเบียร์กระป๋อง										
	กระป๋อง	1.78E-06	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	1.78E-04	1.11E-05	3.46E-05	3.83E-04	6.15E-09	4.252E-09	1.040E-08
	ฝากระป๋อง	4.74E-04	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	4.74E-02	2.96E-03	3.46E-05	3.83E-04	1.64E-06	1.134E-06	2.774E-06
	หมักพื้นพี	1.78E-10	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	1.78E-08	1.11E-09	3.46E-05	3.83E-04	6.15E-13	4.252E-13	1.040E-12
	กล่องเบียร์	1.18E-06	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	1.18E-04	7.40E-06	3.46E-05	3.83E-04	4.10E-09	2.835E-09	6.935E-09
	ทาว	5.92E-09	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	5.92E-07	3.70E-08	3.46E-05	3.83E-04	2.05E-11	1.417E-11	3.468E-11
รวม									1.651E-06	1.141E-06	2.792E-06
การใช้งาน	เบียร์กระป๋อง	3.53E-04	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	3.53E-02	2.21E-03	3.46E-05	3.83E-04	1.22E-06	8.457E-07	2.069E-06
การใช้งาน	ไม่คิดการขนส่งไปยังผู้บริโภค เนื่องจากมีความหลากหลายไม่สามารถคิดตามข้อมูลได้										
การจัด	กระป๋อง	1.78E-06	1.00E+02	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	1.78E-04	1.11E-05	3.46E-05	3.83E-04	6.15E-09	4.25E-09	1.04E-08
การซาก	ฝากระป๋อง	4.74E-07	1.00E+02	รถกระบะ:10 ล้อ 16 ตัน	4.74E-05	2.96E-06	3.46E-05	3.83E-04	1.64E-09	1.13E-09	2.77E-09
รวม									1.23E-06	8.51E-07	2.08E-06
รวมระดับ Water footprint จากวัตถุดิบของเบียร์ 1 กระป๋อง									3.19E-06	2.02E-06	5.21E-06

ตารางที่ 2.2.8 ระดับ Water Footprint ของเบียร์บรรจุกระป๋องขนาด 350 มิลลิลิตร ปริมาณสุทธิ 350 มิลลิลิตร 1 กระป๋อง

ช่วงวงจรชีวิต	ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (m³H ₂ O)				ระดับ Water Footprint ของการขนส่ง (m³H ₂ O)				ผลรวม
	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	
การได้มาของวัตถุดิบ	6.81E-02	3.97E-03	3.40E-03	7.55E-02	0.00E+00	3.31E-07	0.00E+00	3.31E-07	7.55E-02
การผลิต	0.00E+00	8.16E-04	1.03E-06	8.17E-04	0.00E+00	2.79E-06	0.00E+00	2.79E-06	8.20E-04
การกระจายสินค้า	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.07E-06	0.00E+00	2.07E-06	2.07E-06
การใช้จ่าย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การจัดการซาก	0.00E+00	7.57E-07	0.00E+00	7.57E-07	0.00E+00	1.32E-08	0.00E+00	1.32E-08	7.70E-07
รวม	6.81E-02	4.79E-03	3.40E-03	7.63E-02	0.00E+00	5.21E-06	0.00E+00	5.21E-06	7.63E-02

ขั้นตอนที่ 4 การแปลผล

จากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและการประเมินผลจากค่า Water Footprint ตามช่วงวัฏจักรชีวิต พบว่า ช่วงวัฏจักร การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด โดยเป็นผลมาจากการได้มาซึ่ง ข้าวมอลต์และปลายข้าว ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้น หากสามารถพิจารณาให้ละเอียดถึงขั้นตอน และวิธีการปลูก เพื่อหา แนวทางการพัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกต่อไปได้

เมื่อพิจารณา Water Footprint จากการผลิต พบว่า การใช้ความเย็นในการลดอุณหภูมิในการผลิต ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จึงพิจารณาให้ละเอียดถึงขั้นตอน และวิธีการผลิตพลังงานความเย็น เพื่อหาแนวทาง การปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว เช่น การทวนสอบ ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการและสารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น

2.3 ผลิตภัณฑ์ปลากระป๋อง

2.3.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตปลากระป๋อง

ข้อมูลเบื้องต้น

ปลากระป๋อง เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปประมงประเภทหนึ่งในที่นี้ คือ ใช้ปลาช่อนเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป ผ่านกระบวนการปรุงรส ให้ความร้อน และบรรจุกระป๋องเพื่อจัดเก็บปลากระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นที่รู้จักและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกอาหารทะเลบรรจุกระป๋องที่สำคัญของโลก และปลากระป๋องยังเป็นสินค้าส่งออกชนิดหนึ่งที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ โดยมีการจัดทำคู่มือแนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปประเภทปลา เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติ และการพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ ภายในอุตสาหกรรมให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไปอีกด้วย

กระบวนการผลิตปลาช่อนบรรจุกระป๋องของแต่ละโรงงาน อาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะการบรรจุ เช่น การบรรจุกระป๋องในน้ำมันพืช น้ำเกลือ หรือซอสมะเขือเทศ แต่จะมีลักษณะขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

1. การตรวจสอบและคัดคุณภาพของวัตถุดิบ การตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบโดยทางกายภาพ โดยตรวจสอบ ตา เหนือ หู หนั ความยืดหยุ่นของเนื้อปลา ให้มีสภาพที่ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้มีคุณภาพที่ดี และตรงตามมาตรฐาน สำหรับบางโรงงานอาจนำวัตถุดิบส่วนหนึ่งไปแช่แข็ง ซึ่งจำเป็นต้องมีการละลายน้ำแข็งเมื่อต้องการใช้งาน โดยนำปลาดังกล่าวมาแช่ในน้ำเป็นเวลา 2–3 ชั่วโมง เพื่อให้เนื้อปลามีอุณหภูมิประมาณ 5 °C ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป
2. การตัดแต่งเนื้อปลา โดยตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก ได้แก่ หัวปลา หางปลา และไส้ปลา โดยส่วนที่เหลือจากการตัดแต่ง จะถูกแยกไว้ เพื่อนำไปขายหรือใช้ประโยชน์ต่อไป
3. การล้างปลา เนื้อปลาที่ทำการตัดแต่งแล้วจะถูกนำไปล้างให้สะอาด เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวของเนื้อปลา
4. การชั่งน้ำหนัก ปลาที่ผ่านการตัดแต่งแล้วจะถูกนำมาตรวจสอบลักษณะภายนอก คัดขนาด และทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อให้เนื้อปลาที่บรรจุในกระป๋องมีขนาดและน้ำหนักสม่ำเสมอ ตรงตามความต้องการของลูกค้า
5. การบรรจุกระป๋อง บรรจุเนื้อปลาที่ได้คุณภาพ ผ่าน การตัดแต่ง และทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วลงในกระป๋องโลหะที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว
6. การนึ่งให้ความร้อนแก่เนื้อปลา เนื้อปลาที่บรรจุกระป๋องแล้ว จะนำมาให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยไอน้ำ เพื่อทำให้เนื้อปลาเหนียว โดยทำการนึ่งให้ความร้อน จนกระทั่งภายในตัวปลามีอุณหภูมิประมาณ 40–60 °C ทั้งนี้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของปลา จากนั้นทำการแยกน้ำและส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น เศษเนื้อปลาออก
7. การเติมเครื่องปรุงรส เป็นขั้นตอนการนำส่วนผสม ได้แก่ เครื่องปรุงรสและซอสมาเพื่อเคลือบบรรจุลงในกระป๋อง โดยอาศัยเครื่องจักรหรือแรงงานคน
8. การไล่อากาศ ก่อนการปิดฝากระป๋องต้องมีการไล่อากาศโดยการพ่นไอน้ำบริเวณช่องว่างเหนือกระป๋อง เพื่อให้ไอไอน้ำเกิด การควบแน่น เกิดเป็นสภาวะสุญญากาศที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ (aerobic microorganisms) รวมทั้งทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic microorganisms)
9. การปิดผนึก เมื่อเติมส่วนผสมต่าง ๆ ครบแล้ว จะทำการปิดฝากระป๋องโดยใช้ไอน้ำ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนจากภายนอก เช่น จุลินทรีย์ สารเคมี เป็นต้น
10. การล้างทำความสะอาดกระป๋อง นำกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วมาล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดคราบไขมันหรือส่วนผสมที่ติดอยู่ด้านนอกของกระป๋องออก

11. การนึ่งฆ่าเชื้อ คือ การใช้ความร้อนในช่วง 110–121 °C ซึ่งเป็นระดับที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ชนิดสร้างสารพิษ และจุลินทรีย์ชนิดก่อโรค รวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเสียภายใต้สภาพการเก็บรักษาอาหารกระป๋องที่อุณหภูมิห้อง ขณะเดียวกันความร้อนระดับดังกล่าวนี้ยังคงรักษาคุณภาพอาหารด้านสี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคยอมรับ
12. การลดอุณหภูมิของกระป๋อง เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมทำให้เนื้อปลาอยู่เกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติสีกลิ่น และคุณค่าทางอาหารของเนื้อปลารวมทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในอุณหภูมิสูง ที่เกิดขึ้นหลังจากการนึ่ง ฆ่าเชื้อ ดังนั้น จะต้องมีการลดอุณหภูมิกระป๋องลงอย่างรวดเร็ว โดยในขณะทำการลดอุณหภูมิจะเกิดเป็นภาวะสุญญากาศภายในกระป๋อง ซึ่งอาจทำให้ปลากะป๋องเสียได้ น้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิจึงต้องเป็นน้ำสะอาดที่มีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค โดยให้มีคลอรีนอิสระประมาณ 5 ส่วนในล้านส่วน ทำการลดอุณหภูมิกระป๋องลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิประมาณ 35–40 °C เพื่อให้ความร้อนที่เหลืออยู่ทำให้กระป๋องแห้งเองหรือเป่าด้วยพัดลมเพื่อป้องกันการเกิดสนิม
13. การปิดฉลากและบรรจุกล่อง เมื่ออุณหภูมิของกระป๋องลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง และแห้งสนิทแล้วหลังจากนั้นจะนำไปปิดฉลากบรรจุภัณฑ์ และบรรจุกล่องกระดาษเพื่อการเก็บรักษาและการขนส่งต่อไป



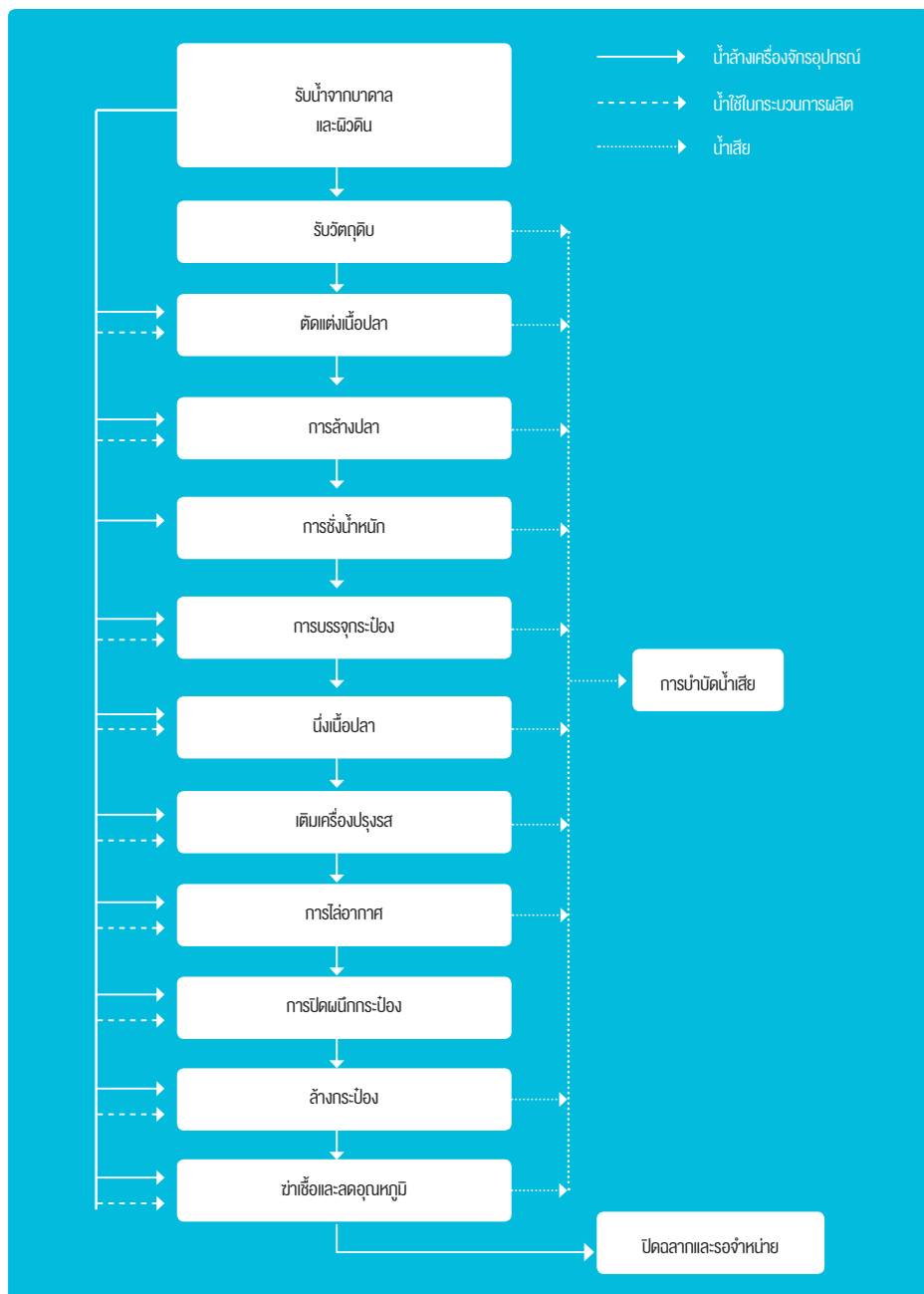


การใช้น้ำของอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตปลาซาร์ดีนบรรจุกระป๋องจะมีการใช้น้ำในกระบวนการเกือบทุกขั้นตอน เช่น เมื่อรับปลาสดเข้ามาจะนำมาแช่ในน้ำแข็งไว้ก่อนเพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพแล้วนำมาละลายเมื่อต้องการ การใช้น้ำล้างในขั้นตอนการตัดแต่ง การทำให้ปลาสุกโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ การปิดผนึกฝากระป๋องรวมไปถึง การล้างเพื่อกำจัดคราบสกปรกภายนอกกระป๋องออกก่อนนำไปนึ่งด้วยความร้อน เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ และใช้น้ำสะอาดลดอุณหภูมิกระป๋องลงเพื่อการเก็บรักษาหรือขนส่งต่อไป โดยน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่จะกลายเป็นน้ำเสียที่ต้องผ่านการปรับคุณภาพก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำต่อไป



ภาพที่ 2.3.1 การละลายน้ำแข็งเพื่อรักษาคุณภาพของปลาซาร์ดีน
(<http://editorial.4seephoto.com/features/sardine-industry-in-portugal>, 2015)



ภาพที่ 2.3.2 กระบวนการผลิตปลากระป๋องที่เกี่ยวกับการใช้น้ำ

2.2.2 กรณีศึกษา Water Footprint ปลายทาง

ในอุตสาหกรรมปลายทางซึ่งในที่นี้คือ ปลายทางต้นบรรจุกระป๋อง ยังไม่มีการศึกษาด้าน Water Footprint ที่เด่นชัด แต่กรมโรงงานอุตสาหกรรมและกรมควบคุมมลพิษ รวมไปถึง ผู้ประกอบการ เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ที่ใช้ ได้แก่ วัตถุดิบ สารเคมี พลังงาน และ ทรัพยากรน้ำ เนื่องจากปลายทางต้นบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย จึงได้มีการคิดค้นเครื่องมือหรือกลไกสนับสนุนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และการพัฒนา อุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ซึ่งได้มีการจัดทำโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และป้องกันมลพิษสำหรับ อุตสาหกรรมปลายทางเพื่อศึกษาข้อมูลมาเป็นหลักปฏิบัติการป้องกันมลพิษ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ ทรัพยากร และลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้น การศึกษา Water Footprint จึงเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่สามารถ ทำให้ทราบถึงจุดแข็ง และจุดอ่อนของกระบวนการเพื่อนำไปปรับปรุงได้อย่างตรงจุด

ตัวอย่างการคำนวณ Water Footprint อุตสาหกรรมผลิตปลายทาง

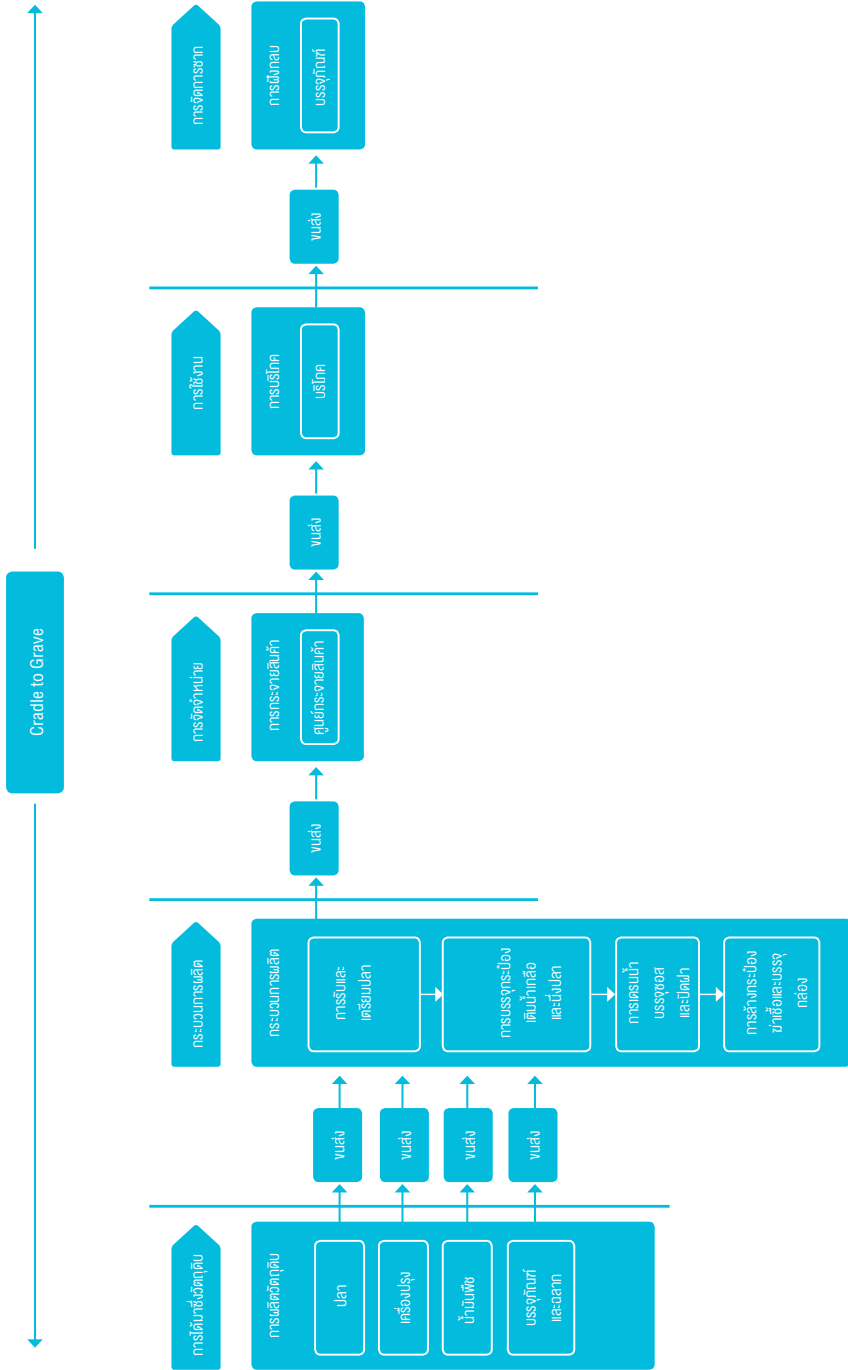
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

1.3 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	ปลาในซอสมะเขือเทศ บรรจุกระป๋อง น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle to Grave (B2C) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต >การจัดจำหน่าย >การใช้งาน >การกำจัดซาก
หน้าที่หลัก	บริโภคเป็นอาหาร
หน่วยการทำงาน	ปลาในซอสมะเขือเทศ น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม

1.4 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

การประเมิน Water Footprint ของ ปลาในซอสมะเขือเทศ น้ำหนักสุทธิ 100 กรัมพิจารณารอบคลุม ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน และการกำจัดซาก ดังภาพที่ 2.3.3



ภาพที่ 2.3.3 ขอบเขตการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาในโซ่สมะเพื่อเทศ

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

2.1 เก็บข้อมูลสารพาเข้า และสารพาออกของกระบวนการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศ (ข้อมูลรายปี)
ข้อมูลการขนส่ง และข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

ตารางที่ 2.3.1 ข้อมูลสารพาเข้า และสารพาออกของกระบวนการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศ

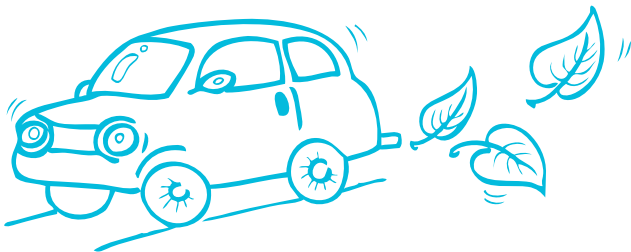
ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารพาเข้า - พาออก				
การรับและเตรียมปลา				
1	ปลาสด	กิโลกรัม	1,000	
2	น้ำแข็ง	ลิตร	10	
3	น้ำประปาล้างกระบวนการ	ลิตร	300	
4	ไฟฟ้า	kWh	1,200	
5	(ผลิตภัณฑ์) ปลาตัดหัวล้างสะอาด	กิโลกรัม	700	
6	(ผลิตภัณฑ์พร้อม) เศษปลา หัว และหาง	กิโลกรัม	300	
7	น้ำเสีย	ลิตร	310	
การบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเกลือและนึ่งปลา				
1	กระป๋องเปล่า	กิโลกรัม	25	
2	น้ำเกลือ	กิโลกรัม	300	
3	ไฟฟ้า	kWh	1,500	
4	น้ำล้างกระบวนการ	ลบ.ม.	450	
5	ไอน้ำ	กิโลกรัม	100	
6	(ผลิตภัณฑ์) ปลาบรรจุกระป๋องหลังนึ่ง	กิโลกรัม	1,000	
7	(ของเสีย) กระป๋องเปล่า	กิโลกรัม	5	
8	น้ำเสีย	ลิตร	550	

ตารางที่ 2.3.1 ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของกระบวนการผลิตปลาในชุมชนเจ็ดกต (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ	หมายเหตุ
สารขาเข้า - ขาออก				
การเตรนน้ำปลา บรรจุขวดและปิดฝา				
1	ขอสมะเจ็ดกต	กิโลกรัม	500	
2	เครื่องปรุงรส	กิโลกรัม	100	
3	น้ำมันพืชกั่วเหลือง	กิโลกรัม	100	
4	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	10	
5	ไฟฟ้า	kWh	1,200	
6	น้ำ (ส่วนผสม)	ลิตร	50	
7	น้ำสำหรับกระบวนการ	ลิตร	400	
8	(ผลิตภัณฑ์) ปลาในขอสมบรรจุกระป๋อง	กิโลกรัม	1,750	
9	น้ำเสีย	ลิตร	400	
10	(ของเสีย) ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	5	
การล้างกระป๋อง ข่าเชื้อและบรรจุกล่อง				
1	น้ำสำหรับกระบวนการ	ลิตร	450	
2	ไอน้ำ	กิโลกรัม	150	
3	กาว	กิโลกรัม	1	
4	ไฟฟ้า	kWh	1,500	
5	หมักพิมพ์	กิโลกรัม	1	
6	กล่องกระดาษลูกฟูก	กิโลกรัม	30	
7	(ผลิตภัณฑ์) ปลาในขอสมบรรจุกระป๋องหลังฆ่าเชื้อ	กิโลกรัม	1,750	
8	น้ำเสีย	ลิตร	5	
9	บรรจุภัณฑ์ที่เสีย	กิโลกรัม	450	

ตารางที่ 2.3.2 ข้อมูลการขนส่งวัตถุอันตรายของผลิตภัณฑ์ปลาในซอสมะเขือเทศ

ลำดับ	รายการ	ระยะทาง (กม.)	ประเภทยานพาหนะ	น้ำหนักบรรทุก	
				เที่ยวไป	เที่ยวกลับ
การรับและเตรียมปลา					
1	ปลาสด	120	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%
2	น้ำแข็ง	30	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 7 ตัน	100%	0%
การบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเกลือและนึ่งปลา					
1	กระป๋องเปล่า	90	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	100%	0%
2	น้ำเกลือ	50	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	100%	0%
การเตรียมน้ำปลา บรรจุซอสและปิดฝา					
1	ซอสมะเขือเทศ	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%
2	เครื่องปรุงรส	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%
3	น้ำมันพืชหัวเหลือง	100	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%
4	ฝากระป๋อง	90	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน	100%	0%
การล้างกระป๋อง ข่าเชื้อและบรรจุกล่อง					
1	กาว	50	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 7 ตัน	100%	0%
2	หมึกพิมพ์	50	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%
3	กล่องกระดาษลูกฟูก	50	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	100%	0%





ตารางที่ 2.3.3 Emission Factor การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
พลาสติก	กิโลกรัม	0.0000	0.0008	0.0000
น้ำแข็ง	กิโลกรัม	0.0000	0.0094	0.0000
กระป๋องเปล่า	กิโลกรัม	0.0000	0.5990	0.0000
น้ำเกลือ	กิโลกรัม	0.0000	0.0057	0.0000
ซอสมะเขือเทศ	กิโลกรัม	0.1350	0.0790	0.0530
เครื่องปรุงรส	กิโลกรัม	0.0000	0.0057	0.0000
น้ำมันพืชถั่วเหลือง	กิโลกรัม	4.9020	0.0000	0.0490
ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0000	0.5990	0.0000
กาว	กิโลกรัม	0.0000	0.0031	0.0000
หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0000	0.0047	0.0000
กล่องกระดาษลูกฟูก	กิโลกรัม	0.0000	0.0053	0.0000
น้ำประปาสำนักงาน	ลิตร	0.0000	0.0013	0.0000
ไฟฟ้า	kWh	0.0000	0.0028	0.0000
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.0000	0.0084	0.0000

ตารางที่ 2.3.4 Emission Factor การบำบัดและการจัดการของเสีย

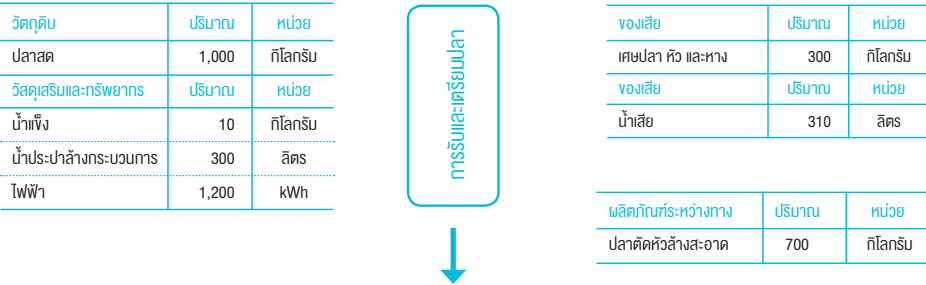
รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
การบำบัดน้ำเสีย	ลิตร	0.0000	0.0092	0.0000
การฝังกลบ	กิโลกรัม	0.0000	0.0003	0.0000

ตารางที่ 2.3.5 Emission Factor ของยานพาหนะแต่ละชนิด

ประเภทยานพาหนะ	น้ำมัน	
	เที่ยวไป 100% loading (m ³ H ₂ O/tkm.)	เที่ยวกลับ 0% loading (m ³ H ₂ O/tkm.)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 7 ตัน	0.15	0.20
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 8.5 ตัน	0.20	0.25
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน	0.25	0.30
รถตู้บรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน	0.30	0.35

2.2 สร้างแผนกระบวนการผลิตและตรวจสอบสมดุลมวลสาร

กระบวนการที่ 1 การรับวัตถุดิบ บดมอลต์ และปลายข้าว (ข้อมูลรายปี)



ภาพที่ 2.3.6 แผนภาพข้อมูลรายปี การรับและเตรียมปลา



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก
นน.ปลา = นน. ปลาตัดหัว + นน. เศษปลาหัวและหาง
= 700 kg +300 kg
= 1,000 kg

กระบวนการที่ 2 การบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเกลือและนึ่งปลา (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องเปล่า	25	กิโลกรัม
น้ำเกลือ	300	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1,500	kWh
น้ำล้างกระบวนการ	450	ลิตร
ไอน้ำ	100	กิโลกรัม

การบรรจุกระป๋อง
เติมน้ำเกลือและนึ่งปลา



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องเปล่า	5	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	550	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาตัดหัวลำ ปลายบรรจุกระป๋องหนึ่ง (น้ำหมักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,000	กิโลกรัม
	1,020	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.3.7 แผนภาพข้อมูลรายปี การบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเกลือ และนึ่งปลา



การคำนวณปริมาณน้ำเสียและไอน้ำที่ควบแน่นติดไปกับน้ำเสีย

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น ปริมาณน้ำเสียที่ออกจากการผลิต} &= \text{น้ำล้าง} + \text{ไอน้ำ} \\
 &= (450 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) + 100 \text{ kg} \\
 &= 550 \text{ l}
 \end{aligned}$$



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

$$\begin{aligned}
 \text{นน. ปลายบรรจุกระป๋อง} &= \text{นน. ปลาตัดหัวลำสะอาด} + \text{นน. กระป๋องเปล่า} \\
 &\quad + \text{นน. น้ำเกลือ} - \text{นน. กระป๋องเสีย} \\
 &= 700 \text{ kg} + 25 \text{ kg} + 300 \text{ kg} - 5 \text{ kg} \\
 &= 1,020 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำนักสารขาเข้ารวม} &= \text{น้ำนักสารขาออกรวม} \\
 \text{น้ำนักสารขาเข้ารวม} &= \text{นน. ปลาติดหัวล้างสะอาด} + \text{นน. กระจ่องปลา} + \text{นน. น้ำเกลือ} \\
 &\quad + \text{น้ำล้างกระบวนการ} + \text{ไอน้ำ} \\
 &= 700 \text{ kg} + 25 \text{ kg} + 300 \text{ kg} + (450 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) + 100 \text{ kg} \\
 &= 1,575 \text{ kg} \\
 \text{น้ำนักสารขาออกรวม} &= \text{นน. ปลาบรรจุกระจ่องหลังล้าง} + \text{นน. กระจ่องเสีย} + \text{นน. น้ำเสีย} \\
 &= 1,020 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + (550 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) \\
 &= 1,575 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

กระบวนการที่ 3 การเตรียมน้ำปลาบรรจุซองและปิดฝา (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ซอสมะเขือเทศ	500	กิโลกรัม
เครื่องปรุงรส	100	กิโลกรัม
น้ำมันพืชทั่วเหลือง	100	กิโลกรัม
ฝากระจ่อง	10	กิโลกรัม
น้ำ	50	ลิตร
วัสดุสิ้นเปลืองและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1,200	kWh
น้ำล้างกระบวนการ	400	ลิตร

การเตรียมน้ำปลา
บรรจุซองและปิดฝา



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	700	ลิตร
ฝากระจ่อง	5	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซองบรรจุกระจ่อง	1,450	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,475	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.3.8 แผนภาพข้อมูลรายปี การเตรียมน้ำปลาบรรจุซอง และปิดฝา



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

$$\begin{aligned}
 \text{ปลาในซองบรรจุกระจ่อง} &= \text{นน. ปลาบรรจุกระจ่องหลังล้าง} + \text{นน. ซอสมะเขือเทศ} \\
 &\quad + \text{นน. เครื่องปรุงรส} + \text{น้ำมันพืชทั่วเหลือง} + \text{นน. ฝากระจ่อง} \\
 &\quad - \text{ฝาเสีย} + \text{น้ำส่วนผสม} - \text{น้ำเสีย} \\
 &= 1,020 \text{ kg} + 500 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + (10 - 5 \text{ kg}) \\
 &\quad + (50 \text{ l} \times 1 \text{ kg/l}) - 300 \text{ kg} \\
 &= 1,475 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ตรวจสอบสมดุลมวลสาร

น้ำหนักสารขาเข้ารวม

น้ำหนักรวมสารขาเข้ารวม

= น้ำหนักสารขาออกรวม

= นน.ปลาบรรจุกระป๋องหลังนี้ + นน. ซอสมะเขือเทศ
+ นน. เครื่องปรุงรส + น้ำมันพืชทั่วห่อ + นน. ฝากระป๋อง
+ น้ำส่วนผสม + น้ำล้างกระบวนการ

= 1,020 kg + 500 kg + 100 kg + 100 kg + 10 kg

+ (50 l x 1 kg/l) + (400 l x 1 kg/l)

= 2,180 kg

น้ำหนักรวมสารขาออกรวม

= นน. ปลาในซอสบรรจุกระป๋อง + นน. ฝาเสีย + น้ำเสีย

= 1,475 kg + 5 kg + 700 kg

= 2,180 kg

กระบวนการที่ 4 การล้างกระป๋อง ข่าเชื้อและบรรจุกล่อง (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กาว	1	กิโลกรัม
หมึกพิมพ์	1	กิโลกรัม
กล่องกระดาษลูกฟูก	30	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำล้างกระบวนการ	450	ลิตร
ไอน้ำ	150	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	1,500	kWh

การล้างกระป๋อง
ข่าเชื้อและบรรจุกล่อง



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
บรรจุภัณฑ์เสีย	5	กิโลกรัม
น้ำเสีย	600	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกล่อง	1,450	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,502	กิโลกรัม
	14,500	กระป๋อง

ภาพที่ 2.3.9 แผนภาพข้อมูลรายปี การล้างกระป๋อง ข่าเชื้อ และบรรจุกล่อง



การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง

สารขาเข้า = สารขาออก

นน.ปลาในซอสบรรจุกล่อง = นน.ปลาในซอสบรรจุกระป๋อง + นน.กาว + นน.หมึกพิมพ์
+ นน.กล่องกระดาษลูกฟูก - นน.บรรจุภัณฑ์เสีย

= 1,475 kg + 1 kg + 1 kg + 30 kg

= 1,502 kg

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
พลาสติก	1,000	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกัฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำแข็ง	10	กิโลกรัม
น้ำประปาสำหรับกระบวนการ	300	ลิตร
ไฟฟ้า	1,200	kWh

การรับและเตรียมปลา

ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
เศษปลา หัว และหาง	300	กิโลกรัม
ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	310	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาตัดหัวสำหรับสะอาด	700	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	25	กิโลกรัม
น้ำเกลือ	300	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกัฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1,500	kWh
น้ำสำหรับกระบวนการ	450	ลิตร
ไอน้ำ	100	กิโลกรัม

การบรรจุกระป๋อง
เติมน้ำเกลือและน้ำมันปลา

ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	5	กิโลกรัม
ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	550	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาตัดหัวสำหรับบรรจุกระป๋องหนึ่ง (น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,000	กิโลกรัม
	1,020	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ซอสเผือกเทศ	500	กิโลกรัม
เครื่องปรุงรส	100	กิโลกรัม
น้ำมันพืชหัวเหลือง	100	กิโลกรัม
ฝากระป๋อง	10	กิโลกรัม
น้ำ	50	ลิตร
วัสดุเสริมและกัฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	1,200	kWh
น้ำสำหรับกระบวนการ	400	ลิตร

การผสมน้ำปลา
บรรจุซอสและปิดฝา

ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	700	ลิตร
ฝากระป๋อง	5	กิโลกรัม

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกระป๋อง	1,450	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,475	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กาก	1	กิโลกรัม
หมักพื้นผิว	1	กิโลกรัม
กล่องกระดาษลูกฟูก	30	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกัฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำสำหรับกระบวนการ	450	ลิตร
ไอน้ำ	150	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	1,500	kWh

การบรรจุกระป๋อง
ข้าวโอ๊ตและบรรจุกล่อง

ทองเสียบ	ปริมาณ	หน่วย
บรรจุภัณฑ์ที่เสีย	5	กิโลกรัม
น้ำเสีย	600	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกล่อง	1,450	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	1,502	กิโลกรัม
	14,500	กระป๋อง

ภาพที่ 2.3.10 แผนภาพข้อมูลรายปีก่อนการปันส่วน การผลิตปลาในซอสเผือกเทศบรรจุกระป๋อง



เมื่อเก็บข้อมูลรายปีเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของปริมาณต่อหน่วยหน้าที่ หรือที่เรียกว่า ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle inventory: LCI) นั่นเอง ซึ่งจากแผนภาพกระบวนการผลิต (ข้อมูลรายปี) มีการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋องออกมาในหลายรูปแบบ จึงพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ร่วมเกิดขึ้นในที่นี้ คือ ภาระปะปนอันตรายอื่น ๆ ที่โรงงานได้ขายให้กับบุคคลภายนอก ดังนั้น การจัดทำ LCI จะต้องมีการปันส่วนเข้ามาด้วย โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

กระบวนการที่ 1 การรับและเตรียมปลา (ข้อมูลรายปี)

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแมคเคอเรลสด	300	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกรวยยาง		
น้ำแข็ง	3	กิโลกรัม
น้ำประปาสำนักงาน	90	ลิตร
ไฟฟ้า	360	kWh

การรับและเตรียมปลา



ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
เศษปลา หัว และหาง	90	กิโลกรัม
ของเสีย		
น้ำเสีย	93	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแมคเคอเรลตัดหัวล้างสะอาด	210	กิโลกรัม

ภาพที่ 2.3.11 แผนภาพข้อมูลรายปีก่อนการปันส่วน การรับและเตรียมปลา



ตัวประกอบการปันส่วน

กำหนดให้ในระหว่างปีมีการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศภายใต้ผลิตภัณฑ์ที่สนใจทั้งหมด 435 กิโลกรัม

ดังนั้น ค่าตัวประกอบการปันส่วนปลาในซอสมะเขือเทศที่ผลิตได้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ปริมาณปลาในซอสมะเขือเทศขนาด 100 กรัม}}{\text{ปริมาณปลาในซอสมะเขือเทศทั้งหมด}} \times 100\% \\
 &= \frac{435 \text{ kg}}{1,450 \text{ kg}} \times 100\% \\
 &= 30.0\%
 \end{aligned}$$



การคำนวณบัญชีรายการ หลังการปันส่วน การรับและการเตรียมปลา
ปริมาณปลาสดที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ

$$\begin{aligned} &= \text{ปริมาณปลาสด} \times \text{ค่าตัวประกอบการปันส่วนที่ผลิตได้} \\ &= 1,000 \text{ kg} \times 30.0 \% \\ &= 300 \text{ kg} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณปลาสด ที่ใช้เพื่อการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศ ขนาดบรรจุ 100 กรัม ที่แท้จริง คือ 300 กิโลกรัม ดำเนินการปันส่วนเช่นนี้กับบัญชีรายการในทุกกระบวนการผลิตทั้งสารขาเข้า และสารขาออก เนื่องจากข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกเป็นข้อมูลกิจกรรมที่ใช้เพื่อการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋องรวม จึงต้องปันส่วน แผนข้อมูลรายปีหลังการปันส่วน ดังภาพที่ 2.3.12

หลังจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวซึ่งเป็นการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑปลาในซอสมะเขือเทศ บรรจุกระป๋องขนาดบรรจุ 100 กรัม ที่สนใจ 4,350 กระป๋อง เทียบบัญชีต้นทุนโดยตรงข้อมูลให้เป็นข้อมูลต่อกระป๋อง ดังภาพที่ 2.3.13 จะได้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของ ผลิตภัณฑปลาในซอสมะเขือเทศ 1 กระป๋อง

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแมคเคอรอสสด	300	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำแข็ง	3	กิโลกรัม
น้ำประปาสำหรับกระบวนการ	90	ลิตร
ไฟฟ้า	360	kWh

การรับและเตรียมปลา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
เศษปลา หัว และหาง	90	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	93	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแมคเคอรอสคัตหัว้างสะอาด	210	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	7.5	กิโลกรัม
น้ำเกลือ	90	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	450	kWh
น้ำสำหรับกระบวนการ	135	ลิตร
ไอน้ำ	30	กิโลกรัม

การบรรจุกระป๋อง
เติมน้ำเกลือและน้ำปลา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	1.5	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	165	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาบรรจุกระป๋องหลังหนึ่ง	300	กิโลกรัม
ปลาบรรจุกระป๋องหลังหนึ่ง	306	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ซอสมะเขือเทศ	150	กิโลกรัม
เครื่องปรุงรส	30	กิโลกรัม
น้ำมันพืชตัวเหลือง	30	กิโลกรัม
ผากระป๋อง	3	กิโลกรัม
น้ำ	15	ลิตร
วัสดุเสริมและกริฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	360	kWh
น้ำสำหรับกระบวนการ	120	ลิตร

การผสมน้ำปลา
บรรจุซอสและปิดฝา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ผากระป๋อง	1.5	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	120	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกระป๋อง	435	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	443	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.30	กิโลกรัม
หมึกพิมพ์	0.30	กิโลกรัม
กล่องกระดาษลูกฟูก	9	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำสำหรับกระบวนการ	135	ลิตร
ไอน้ำ	45	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	450	kWh

การสร้างกระป๋อง
เข้าซื้อและบรรจุกล่อง

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
บรรจุภัณฑ์เสีย	1.5	กิโลกรัม
น้ำเสีย	180	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกล่อง	435	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	451	กิโลกรัม
	4,350	กระป๋อง

ภาพที่ 2.3.12 แผนภาพการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋องข้อมูลรายปีหลังการป็นส่วน

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแปดเคอร์ออสต์	0.0690	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายกร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำแข็ง	0.0007	กิโลกรัม
น้ำประปาสำนักงาน	0.0207	ลิตร
ไฟฟ้า	0.0828	kWh

การรับและเตรียมปลา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
เศษปลา หัว และหาง	0.0207	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.0214	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาแปดเคอร์ออสต์คั่วหัวและหาง	0.0483	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	0.0017	กิโลกรัม
น้ำเกลือ	0.0207	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายกร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.1034	kWh
น้ำสำนักงาน	0.0310	ลิตร
ไอน้ำ	0.0069	กิโลกรัม

การบรรจุกระป๋อง
เติมน้ำเกลือและน้ำปลา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋องปลา	0.0003	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.0379	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาบรรจุกระป๋องหลังหนึ่ง	0.0690	กิโลกรัม
ปลาบรรจุกระป๋องหลังหนึ่ง	0.0703	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ซอสมะเขือเทศ	0.0345	กิโลกรัม
เครื่องปรุงรส	0.0069	กิโลกรัม
น้ำมันพืชหัวเหลือง	0.0069	กิโลกรัม
ผักกระป๋อง	0.0007	กิโลกรัม
น้ำ	0.0034	ลิตร
วัสดุเสริมและกริฟฟายกร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.0828	kWh
น้ำสำนักงาน	0.0276	ลิตร

การดองปลา
บรรจุซอสและน้ำมัน

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ผักกระป๋อง	0.0003	กิโลกรัม
ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.0276	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกระป๋อง	0.1207	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	0.1211	กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.0001	กิโลกรัม
หมึกพิมพ์	0.0001	กิโลกรัม
กล่องกระดาษลูกฟูก	0.0021	กิโลกรัม
วัสดุเสริมและกริฟฟายกร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำสำนักงาน	0.0310	ลิตร
ไอน้ำ	0.0103	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	0.1034	kWh

การฉีกกระป๋อง
เข้าช่องและบรรจุกล่อง

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
บรรจุภัณฑ์เสีย	0.0003	กิโลกรัม
น้ำเสีย	0.0414	ลิตร

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ปลาในซอสบรรจุกล่อง	0.100	กิโลกรัม
(น้ำหนักรวมบรรจุภัณฑ์)	0.104	กิโลกรัม
	1	กระป๋อง

ภาพที่ 2.3.13 แผนภาพการผลิตปลาในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง 1 กระป๋อง

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินค่า Water Footprint

เมื่อจัดทำบัญชีรายการ (LCI) ของผลิตภัณฑ์เป้าหมายแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การประเมิน Water Footprint โดยการนำข้อมูลปริมาณ LCI คูณด้วยข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรายการนั้นๆ ตลอดวัฏจักรชีวิต ดังตารางที่ 2.3.6–2.3.8

สำหรับตัวอย่างการประเมิน Water Footprint ของปลาในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋องมีข้อสังเกตดังนี้

1. การผลิต : กระป๋อง (ของเสียในกระบวนการผลิต) จากการคำนวณ Water Footprint การจัดการซาก ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ด้วยการฝังกลบ (Landfill) ยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้จะประเมินตามอัตราการใช้เชื้อเพลิงหรือในกรณีที่ทราบสัดส่วนวิธีการจัดการของเสียของโรงงาน สามารถใช้ค่าตามวิธีจัดการได้ เช่น ส่งไปรีไซเคิลคิดเป็นร้อยละ 100 รายละเอียดดังตารางที่ 2.3.6 ดังนั้น ปริมาณกระป๋องเสีย เท่ากับ

$$\begin{aligned}\text{กระป๋องเสีย} &= 0.00034 \text{ kg} \times (1-0.71) \\ &= 0.0000986 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. การจัดการซากของเสียหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กระป๋อง และฝากระป๋องหลังใช้งาน (หลังบริโภคแล้ว ผู้บริโภคทั้งกระป๋องและฝา)

โดย น้ำหนักกระป๋อง 1 กระป๋อง จากข้อมูลกระบวนการผลิต

$$\begin{aligned}&= \text{น้ำหนักกระป๋องขาเข้า} - \text{น้ำหนักกระป๋องเสีย} \\ &= 0.0017 \text{ kg} - 0.0003 \text{ kg} \\ &= 0.0014 \text{ kg}\end{aligned}$$

ดังนั้น 1 กระป๋องบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนัก 0.0014 kg

เนื่องจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับผู้บริโภคดังนั้นจึงใช้ค่าที่กรมควบคุมมลพิษสำรวจจากการจัดการขยะ ดังตารางที่ 2.3.6

คิดเป็นน้ำหนักที่ถูกกำจัดโดยการฝังกลบ

$$\begin{aligned}&= 0.0014 \text{ kg} \times (1-0.71) \\ &= 0.000406 \text{ kg}\end{aligned}$$



น้ำหมักฝากระป๋อง 1 ฝา จากข้อมูลกระบวนการผลิต

= น้ำหมักฝากระป๋องขาเข้า – น้ำหมักฝากระป๋องเสีย

= 0.0007 - 0.0003

= 0.0004 kg

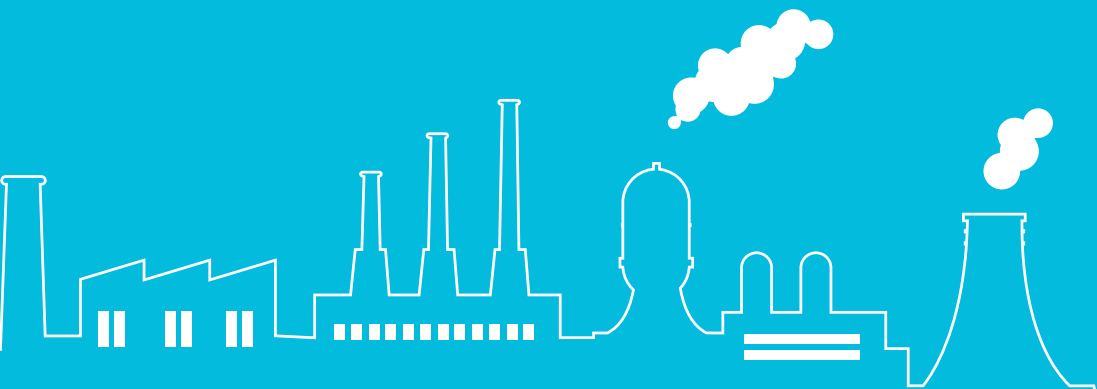
ดังนั้น น้ำหมักฝากระป๋อง คือ 0.0004 kg

คิดเป็นน้ำหมักที่ถูกกำจัดโดยการฝังกลบ

= 0.0004 kg $\times$ (1-0.71)

= 0.000116 kg

ทั้งนี้ การขนส่งของเสียจากกระบวนการผลิตและของเสียหลังใช้งานผลิตภัณฑ์จะคิดน้ำหมักรวมส่วนที่รีไซเคิลและกำจัดแบบฝังกลบเพราะไม่ว่าจะเป็นของเสียส่วนที่รีไซเคิลหรือส่วนที่นำไปฝังกลบต่างก็ต้องการขนส่งไปกำจัดเช่นกัน



ตารางที่ 2.3.6 ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากร ของปลาในซอสมะเขือเทศ 1 กระป๋อง

ช่วง วัฏจักร ชีวิต	รายการ	หน่วยคอปิ	ปริมาณ	EF (m ³ H ₂ O/หน่วย)			Water footprint (m ³ H ₂ O /หน่วย)			
				น้ำสีเขียว	น้ำฟ้า	น้ำดำ	น้ำสีเขียว	น้ำฟ้า	น้ำดำ	รวม
วัตถุดิบ	ปลาหมึกหลอดสด	กิโลกรัม	0.0571	0.00E+00	8.34E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.77E-05	0.00E+00	4.77E-05
	น้ำแข็ง	กิโลกรัม	0.0006	0.00E+00	9.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.35E-06	0.00E+00	5.35E-06
	กระป๋องปลา	กิโลกรัม	0.0014	0.00E+00	5.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	8.56E-04	0.00E+00	8.56E-04
	น้ำเกลือ	กิโลกรัม	0.0171	0.00E+00	5.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	9.79E-05	0.00E+00	9.79E-05
	ซอสมะเขือเทศ	กิโลกรัม	0.0286	1.35E-01	7.90E-02	5.30E-02	3.86E-03	2.26E-03	1.51E-03	7.63E-03
	เครื่องปรุงรส	กิโลกรัม	0.0057	0.00E+00	5.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.26E-05	0.00E+00	3.26E-05
	น้ำมันพืชหัวเหลือง	กิโลกรัม	0.0057	4.90E+00	0.00E+00	4.90E-02	2.80E-02	0.00E+00	2.80E-04	2.83E-02
	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0006	0.00E+00	5.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.42E-04	0.00E+00	3.42E-04
	กาว	กิโลกรัม	0.0001	0.00E+00	3.10E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.77E-07	0.00E+00	1.77E-07
	หมึกพิมพ์	กิโลกรัม	0.0001	0.00E+00	4.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.69E-07	0.00E+00	2.69E-07
	กล่องกระดาษลูกฟูก	กิโลกรัม	0.0017	0.00E+00	5.35E-03	0.00E+00	0.00E+00	9.17E-06	0.00E+00	9.17E-06
รวม							3.19E-02	3.65E-03	1.79E-03	3.73E-02
การผลิต	การรับและเตรียมปลา									
	น้ำประปาสำหรับการบวนการ	ลิตร	0.0276	0.00E+00	1.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.59E-05	0.00E+00	3.59E-05
	ไฟฟ้า	kWh	0.0828	0.00E+00	2.83E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04	0.00E+00	2.34E-04
	การบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเกลือและยังปลา									
	ไฟฟ้า	kWh	0.1034	0.00E+00	2.83E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.93E-04	0.00E+00	2.93E-04
	น้ำสำหรับการบวนการ	ลิตร	0.0310	0.00E+00	1.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.03E-05	0.00E+00	4.03E-05
	ไอน้ำ	ลบ.ม.	0.0069	0.00E+00	8.43E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.81E-05	0.00E+00	5.81E-05
	การเตรียมน้ำปลา บรรจุขวดและปิดฝา									
	ไฟฟ้า	kWh	0.0828	1.35E-01	7.90E-02	5.30E-02	1.12E-02	6.54E-03	4.39E-03	2.21E-02
	น้ำสำหรับการบวนการ	ลิตร	0.0276	0.00E+00	1.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.59E-05	0.00E+00	3.59E-05
	การล้างกระป๋อง ข้างเชื้อและบรรจุกล่อง									
	น้ำสำหรับการบวนการ	ลิตร	0.0310	0.00E+00	1.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.03E-05	0.00E+00	4.03E-05
	ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.0103	0.00E+00	8.43E-03	0.00E+00	0.00E+00	8.72E-05	0.00E+00	8.72E-05
	ไฟฟ้า	kWh	0.1034	0.00E+00	4.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.87E-04	0.00E+00	4.87E-04
รวม							1.12E-02	7.85E-03	4.39E-03	2.34E-02
การกระจาย สินค้า	ไม่มีการใช้วัตถุดิบในวัฏจักรชีวิต ทั้งการกระจายสินค้าและการใช้งาน									
การใช้งาน	การจัด	กระป๋อง	กิโลกรัม	0.0005	0.00E+00	3.37E-04	0.00E+00	1.75E-07	0.00E+00	1.75E-07
	การซากา	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.0005	0.00E+00	3.37E-04	0.00E+00	1.75E-07	0.00E+00	1.75E-07
รวม							0.00E+00	3.50E-07	0.00E+00	3.50E-07
รวมระดับ Water Footprint จากวัตถุดิบของปลาในซอสมะเขือเทศ 1 กระป๋อง							4.30E-02	1.15E-02	6.18E-03	6.07E-02

ตารางที่ 2.3.7 ระดับ Water Footprint ของการขนส่ง

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ วัตถุดิบ kg	ระยะทาง ต่อเที่ยว (กม.)	ประเภท ยานพาหนะ	การบรรทุก		EF (ม ³ H ₂ O/หน่วย)		ค่า Water Footprint (ม ³ H ₂ O)		
					เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	100%L	0%L	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	รวม
การเดินขั้ววัตถุดิบ	พลาสติก	0.0571	120	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	6.86E-03	4.29E-04	2.50E-01	3.00E-01	1.71E-03	1.29E-04	1.84E-03
	น้ำแข็ง	0.0006	30	รถกระบะ: 4 ล้อ 7 นิ้ว	1.71E-05	2.45E-06	1.50E-01	2.00E-01	2.57E-06	4.90E-07	3.06E-06
	กระป๋องเปล่า	0.0014	90	รถกระบะ: 6 ล้อ 8.5 นิ้ว	1.29E-04	1.51E-05	2.00E-01	2.50E-01	2.57E-05	3.78E-06	2.95E-05
	น้ำเกลือ	0.0171	50	รถกระบะ: 6 ล้อ 8.5 นิ้ว	8.57E-04	1.01E-04	2.00E-01	2.50E-01	1.71E-04	2.52E-05	1.97E-04
	ขอลอะไหล่รถ	0.0286	100	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	2.86E-03	1.79E-04	2.50E-01	3.00E-01	7.14E-04	5.36E-05	7.68E-04
	เครื่องประรส	0.0057	100	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	5.71E-04	3.57E-05	2.50E-01	3.00E-01	1.43E-04	1.07E-05	1.54E-04
	น้ำมันพืชหัวเหลือง	0.0057	100	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	5.71E-04	3.57E-05	2.50E-01	3.00E-01	1.43E-04	1.07E-05	1.54E-04
	ฝากระป๋อง	0.0006	90	รถกระบะ: 6 ล้อ 8.5 นิ้ว	5.14E-05	6.05E-06	2.00E-01	2.50E-01	1.03E-05	1.51E-06	1.18E-05
	กาว	0.0001	50	รถกระบะ: 4 ล้อ 7 นิ้ว	2.86E-06	4.08E-07	1.50E-01	2.00E-01	4.29E-07	8.16E-08	5.10E-07
	หมึกพิมพ์	0.0001	50	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	2.86E-06	1.79E-07	2.50E-01	3.00E-01	7.14E-07	5.36E-08	7.68E-07
	กล่องกระดาษลูกฟูก	0.0017	50	รถกระบะ: 10 ล้อ 16 นิ้ว	8.57E-05	5.36E-06	2.50E-01	3.00E-01	2.14E-05	1.61E-06	2.30E-05
รวม									1.033E-03	7.825E-05	1.111E-03
การผลิต	การล้างกระป๋อง ข่าเชื้อและบรรจุกล่อง										
	(ของเสีย) บรรจุกันที่เสีย	0.0003	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 นิ้ว	3.45E-05	2.16E-06	2.50E-01	3.00E-01	8.62E-06	6.47E-07	9.27E-06
รวม									8.621E-06	6.466E-07	9.267E-06
การกระจายสินค้า	ปลากรอบบรรจุกล่อง	0.1036	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 นิ้ว	1.04E-02	6.47E-04	2.50E-01	3.00E-01	2.59E-03	1.94E-04	2.78E-03
การใช้งาน	ไม่มีการขนส่งไปยังผู้บริโภค เนื่องจากมีความหลากหลายไม่สามารถคิดตามข้อมูลได้										
การจัด	กระป๋อง	0.0005	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 นิ้ว	5.20E-05	3.25E-06	3.00E-01	3.50E-01	1.56E-05	1.14E-06	1.67E-05
การซาว	ฝากระป๋อง	0.0005	100	รถกระบะ:10 ล้อ 16 นิ้ว	5.20E-05	3.25E-06	3.00E-01	3.50E-01	1.56E-05	1.14E-06	1.67E-05
รวม									2.62E-03	1.96E-04	2.82E-03
รวมระดับ Water Footprint จากวัตถุดิบของปลาในซอสมะเขือเทศ 1 กระป๋อง									3.66E-03	2.75E-04	3.94E-03

ตารางที่ 2.3.8 ระดับ Water Footprint ของปลาในซอสมะเขือเทศ ขนาดบรรจุ 100 กรัม 1 กระป๋อง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ระดับ Water Footprint ของการได้มาและการใช้ประโยชน์วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร (ม ³ H ₂ O)				ระดับ Water Footprint ของการขนส่ง (ม ³ H ₂ O)				ผลรวม
	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	รวม	
การได้มาของวัตถุดิบ	3.19E-02	3.65E-03	1.79E-03	3.73E-02	1.11E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.11E-03	3.84E-02
การผลิต	1.12E-02	7.85E-03	4.39E-03	2.34E-02	9.27E-06	0.00E+00	0.00E+00	9.27E-06	2.34E-02
การกระจายสินค้า	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.78E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.78E-03	2.78E-03
การใช้งาน	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การจัดการซาก	0.00E+00	3.50E-07	0.00E+00	3.50E-07	3.35E-05	0.00E+00	0.00E+00	3.35E-05	3.38E-05
รวม	4.30E-02	1.15E-02	6.18E-03	6.07E-02	3.94E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.94E-03	6.47E-02

ขั้นตอนที่ 4 การแปลผล

จากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและการประเมินผลจากค่า Water Footprint ผลิตภัณฑ์ปลาในซอสมะเขือเทศตามช่วงวัฏจักรชีวิต พบว่า ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คือ น้ำมันพืชกั่วเหลือง และซอสมะเขือเทศ ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จึงควรพิจารณาให้ละเอียดถึงแหล่งที่มาของวัตถุดิบ เพื่อหาแนวทางการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพต่อไป

เมื่อพิจารณา Water Footprint จากการผลิต พบว่า การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ส่งผลต่อค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จึงควรพิจารณาให้ละเอียดถึงขั้นตอนต่าง ๆ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว เช่น การซ่อมบำรุงเครื่องจักร เป็นต้น



บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552). คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมเบียร์.

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม และทิพย์ปภา สุขุมาลชาติ (2555).

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกทะเทียม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 ปี 2555 จังหวัดอุดรธานี

พริดา คุณิพงษ์, บุรี บุญสมภพพันธุ์ เสรี, จิณนิจันต์ และ พุสดี เพ็ญวงษ์. (2541).

คู่มือการให้น้ำแก่พืชเศรษฐกิจในดินไร่ที่จังหวัดลพบุรี. เอกสารวิชาการเล่มที่ 431. กลุ่มวิจัยและประเมินกำลังผลิตของดิน กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 32 น.

พรเทพ แก้วเชื้อ. (2556). การพัฒนารอยเท้าน้ำในประเทศไทย. วิศวกรรมศาสตร์ฉบับที่ 30 ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2556, 13-18.

รมณี จังเมือง. (2555). การเปรียบเทียบร่องรอยการใช้น้ำและการประเมินวัฏจักรชีวิตที่เกี่ยวข้องกับน้ำ แป้งข้าว.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนวรรณ มั่งคั่ง, แซบเบียร์ ทิวลา, Perret, S., ธกัทร ศิลาสิริรักษา, ปริญญา นิลสลับ และ ณัฐพล ชัยวรรณการ. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์ และพลังงาน เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ.

วราพร พันธุ์จันทร์ดี. (2556). การประเมินวัฏจักรชีวิตของมะม่วงและมังคุดในประเทศไทย.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

सानิตยดา เตียวต้อย และคณะ (2555). Water Footprint ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอล

ในภาคตะวันออกประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2557). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2558.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2556).

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2557 จาก www.tgo.or.th

Aderson Soares Andrade Junior, et al. (2013).

Agricultural water footprint of ethanol and sugar from sugar cane under fertigation production system

Brazzale Company, Gran Moravia is the first cheese in the world to set its Water Footprint, Gran moravia Water Footprint สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 จาก <http://www.brazzale.com/gran-moravia-is-the-first-cheese-in-the-world-to-set-its-water-footprint/?lang=en>

Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain. 2006.

Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern. *Water Resources Management*. 21(1): 35-48.

Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. K. (2007).

Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, *Water Resource Manage* 21: 35–48

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., and Mekonnen, M.M. (2009).

Water Footprint Assessment Manual State of the Art 2009.

Hoekstra, A.Y., Arjen, Y., Chapagain, A.K., K.Ashok, Aldaya, M., Maite and Mesfin, M. (2011).

“The water footprint Assessment manual: setting the global standard,” Earthscan

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. (2011).

The Water Footprint Assessment Manual: Setting the global standard, Earthscan, 203

Humbert, S., (2009). ISO standard on Water Footprint: Principles, Requirements and Guidelines.

Water footprint: requirements and guidelines. UNEP Water Accounting and Efficiency Stocktaking workshop 23 November 2009.

Kulawal Supesuntorn, (2012). Sustainable Use of Water in the Food and Beverage Sector through

Product Water Footprint Labeling: WITH EMPIRICAL EVIDENCE FROM THAILAND. Centre for Sustainability Management (CSM), Luneburg.

Ministry for the Environment, (2010). An introduction to the New Zealand:

Water Efficiency Labelling Scheme. New Zealand Government, New Zealand.

Piyanon Kaenchan and Shabbir H. Gheewala. (2013). A Review of the Water Footprint of Biofuel

- Crop Production in Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment 4 (2013) 45-52
- Rattikarn Kongboon* and Sate Sampattagul. (2012).
The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460
- Sab miller and WWF (2008). Water Footprint identifying and addressing water risks in the value chain.
- Ulrike Sapiro, (2011). Towards sustainable sugar sourcing in Europe:
Water Footprint sustainability assessment (WFSa). S.A. Coca-Cola Services N.V., Belgium. UNEP DTIE, (2011). Water Footprint and Corporate Water Accounting for Resource Efficiency,
UNEP DTIE, (2011). Water Footprint and Corporate Water Accounting for Resource Efficiency, United Nations Environment Programme
United Nations Environment Programme, UNICEF and World Health Organization. (2012). Progress on Drinking Water and sanitation 2012 update, the United States of America.
- US Infrastructure, (2014). The Global Water Footprint (Business Infographics).
สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2557 จาก <http://www.designinfographics.com/business-infographics/the-global-water-footprint>
- Wackernagel, M., and Rees, W., (1996) Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth.
New Society Publishers, Gabriola Island
- Wackernagel M, Onisto L, Linares AC, Falfan ISL, Garcia JM, Guerrero IS, Guerrero MGS (1997) Ecological footprints of nations: how much nature do they use? How much nature do they have? Centre for Sustainability Studies, Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico
- World Wildlife Fund, (2012). The Water footprint of Mexico in the context of North America
- Zeng, Z., J. Liu and H.H.G. Savenije. 2013. A Simple Approach to Assess Water Scarcity Integrating
Water Quantity and Quality. Ecological Indicators. 34(441-449).

ผู้เขียน

ผศ.ดร.จีมา	ศรีลัมพ์
ผศ.ดร.หาญพล	พั่งรัมย์
ดร.ปุ่นณมี	สัจจกมล
ดร.ไพรัช	อุศุภรัตน์

กองบรรณาธิการ

คุณพรศิริ	ศิลปนาฏ
คุณรณกรณ	สว่างวงษ์

พิมพ์ครั้งที่ สิงหาคม 2558 จำนวน 400 เล่ม

ISBN

ผู้จัดพิมพ์

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม
 2008 ซอยอรุณอมรินทร์ 36 ถนนอรุณอมรินทร์
 แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700 โทรศัพท์ 02 886 8088
 โทรสาร 02 886 8105
www.nfi.or.th

ภายใต้

โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint
 ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก

ห้ามมิให้ผู้ใดจัดทำซ้ำ ตัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักงาน
 เศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม





บรรณานุกรม

ประธานกรรมการ

คุณนพมาศ ช่วยบุญล
ผู้อำนวยการสำนักนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 1

กรรมการ

1. คุณสันรนา หิรัศศักดิ์สกุล
ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน
ภาคอุตสาหกรรม
2. คุณศิริกาญจน์ เหลืองสกุล
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
3. คุณณัฐจิรา เนตยสุภา
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ
4. คุณบวร กิติไพศาลนนท์
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
5. คุณธารทิพย์ ศรีสันติสุข
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
6. คุณจิตติยา วิสารัตน์
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ



คณะทำงาน

1. พรศิริ	ศิลปนาฏ	สถาบันอาหาร
2. คุณนาภรณ์	สว่างวงศ์	สถาบันอาหาร
3. ผศ.ดร.จีมา	ศรีลัมพ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ดร.ปุ่นณมี	สังกมล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. ดร.ไพรัช	อุศุรัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
6. ผศ.ดร.หาญพล	พึงรัมย์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
7. คุณปฐมา	ไพโรจน์ศักดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. คุณพงศกร	ศรีวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9. คุณพีระญาณ	งามสอาด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
10. คุณสุสิพร	กิริตยากรณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11. คุณสุวรรณา	ผ่องบางแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12. คุณหัตถยา	ทรงนิรันดร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
13. คุณอมรรัตน์	สุนทรกิริตน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
14. คุณเกตุณ	พูลสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
15. คุณกรชนก	แก้วประเสริฐสม	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
16. คุณกิตติพงษ์	รุ่งน้อย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
17. คุณนิชา	สุโธดมโชติ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
18. คุณมนต์ชัย	จิตติปัญญากุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
19. คุณยศวดี	ว่องธนาการ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
20. คุณวริศ	บุญหมื่นไวย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
21. คุณศรีสุพรรณ	เพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
22. คุณสุพศิน	ลดาวัลย์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม
2008 ซอยอรุณอมรินทร์ 36 ถนนอรุณอมรินทร์
แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700 โทรศัพท์ 02 886 8088
โทรสาร 02 886 8105
www.nfi.or.th