การประเมินโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์โดยใช้ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนสิ่งแวดล้อม และภาษีคาร์บอน

โดย

นายสมัชชา กรุงแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์โดยใช้ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนสิ่งแวดล้อม และภาษีคาร์บอน

โดย
นายสมัชชา กรุงแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EVALUATION OF NEW COST STRUCTURE FOR PASTEURIZED MILK PRODUCTS USING ACTIVITY-BASED COSTING SYSTEM, ENVIRONMENTAL COST AND CARBON TAX

By

MR. Samatcha KRUNGKAEW

A Master's Report Submitted in partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (FOOD TECHNOLOGY)

Engineering and Industrial Technology Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การประเมินโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์โดยใช้ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนสิ่งแวดล้อม และภาษีคาร์บอน
โดย	สมัชชา กรุงแก้ว
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ กิ่งผดุง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณศรี ลีจีรจำเนียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ กิ่งผดุง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพพัต ควรพงษากุล)

57403301 : เทคโนโลยีอาหาร แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การคิดต้นทุนฐานกิจกรรม, ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม, ภาษีคาร์บอน, คาร์บอนฟุตพริ้นท์

นาย สมัชชา กรุงแก้ว: การประเมินโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์โดยใช้ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนสิ่งแวดล้อม และภาษีคาร์บอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ กิ่งผดุง

ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินต้นทุนการผลิตและต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 ชนิด คือ นมรสจืด นมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่ในปี พ.ศ. 2559 พบว่าการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากต้นทุนที่คิดโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิมซึ่งลดลง 0.50% ต่อซองสำหรับนมรสจืดและเพิ่มขึ้น 53.57%, 5.51%, 3.22% และ 29.46% ต่อซองสำหรับนมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่ตามลำดับ ในส่วนของต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ประกอบไปด้วยต้นทุนการจัดการขยะซึ่งทางโรงงานมีค่าใช้จ่ายคงที่ 300 บาทต่อเดือน แต่ทางโรงงานมีรายได้จากการขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์ในอัตรา 5 บาทต่อกิโลกรัมขยะฟิล์ม เมื่อรวมต้นทุนสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์จะทำให้ต้นทุนการผลิตของทุกผลิตภัณฑ์ลดลง 0.0022% ถึง 0.0224% ต่อซอง แต่เมื่อคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยรวมมูลค่าของเสียพบว่าต้นทุนสิ่งแวดล้อมของนมรสหวานมีค่าสูงที่สุด คือ 3.04 บาทต่อซอง คิดเป็น 33.20% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อซอง

การประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของนมรสจืดมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.3032 $kgCO_2e$ ต่อซอง และนมรสหวานมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.3035 $kgCO_2e$ ต่อซอง ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ได้ถูกนำมาใช้คำนวณภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์เพื่อคิดเป็นต้นทุนการผลิตใหม่ โดยที่อัตราการเก็บภาษีคาร์บอนของประเทศไทยมีการประเมินโดยใช้อัตราส่วนของอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนของประเทศอ้างอิง และใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ต่อหัวของประเทศอ้างอิงเทียบกับประเทศไทย พบว่านมรสชาติต่าง ๆ ยกเว้นนมรสหวานจะมีกำไรที่ลดลงเมื่ออัตราภาษีคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งนมรสสตรอเบอร์รี่จะได้กำไรเพียง 0.57% ในขณะที่นมรสหวานขาดทุนถึง 63.53% เมื่อมีการเก็บภาษีที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e โครงสร้างต้นทุนแบบใหม่ของทางโรงงานในการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ทุกรสชาติบรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร โดยรวมประกอบไปด้วยต้นทุนผลิตภัณฑ์ 96,565,291.47 บาทต่อปี ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม 7,384,716.71 บาทต่อปี และต้นทุนภาษีคาร์บอน 298,751.86 บาทต่อปีเมื่อเก็บภาษีที่อัตรา 39.86 บาท/tCO_2e และจะสูงถึง 22,482,601.58 บาทต่อปีเมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e

57403301 : Major (FOOD TECHNOLOGY)

Keyword : Activity-based costing system, Environmental cost, Carbon tax, Carbon footprint

MR. Samatcha KRUNGKAEW: EVALUATION OF NEW COST STRUCTURE FOR PASTEURIZED MILK PRODUCTS USING ACTIVITY-BASED COSTING SYSTEM, ENVIRONMENTAL COST AND CARBON TAX Thesis advisor : Assistant Professor Kanokwan Kingphadung, Ph.D.

Activity-based costing (ABC) system was used to determine the production cost and environmental cost of 5 pasteurized milk products (200 ml): fresh milk, sweetened milk, coffee-flavored milk, cocoa-flavored milk, and strawberry-flavored milk by using the data in year 2016. The results showed that the production cost of product calculated by ABC system decreased 0.50% for fresh milk and increased 53.57%, 5.51%, 3.22% and 29.46% for sweetened milk, coffee-flavored milk, cocoa-flavored milk and strawberry-flavored milk, respectively. Environmental cost of pasteurized milk product consisted of waste management which the company had to spend 300 Baht/month. However, the company sold the packaging waste at the rate of 5 Baht/kg plastic film. Environmental cost reduced the production cost about 0.0022% to 0.0224%. However, environmental cost increased when the value of non-product output was included which resulted in environmental cost of 3.04 Baht per package for sweetened milk or about 33.20% of total cost per package.

Carbon footprint of the product was determined in order to calculate carbon cost of the product. Carbon footprint of fresh milk was the lowest which was 0.3032 $kgCO_2e$ and the highest was 1.3035 $kgCO_2e$ for sweetened milk. Carbon tax was determined by the ratio of carbon tax rate and GDP per capita of reference country comparing to GDP per capita of Thailand. All products except sweetened milk will gain lower profit as the increasing of carbon tax rate. At the carbon tax rate of 3,000.00 Baht/tCO_2e, strawberry-flavored milk gained only 0.57% profit, whereas the sweetened milk was 63.53% loss. New cost structure of 200 ml pasteurized milk products consisted of production cost, environmental cost and carbon tax. Production cost and environmental cost for producing 200 ml pasteurized milk products were 96,565,291.47 and 7,384,716.71 Baht per year, respectively, whereas carbon tax was 298,751.86 Baht per year at the carbon tax rate of 39.86 Baht/tCO_2e and 22,482,601.58 Baht per year at the carbon tax rate of 3,000.00 Baht/tCO_2e.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กนกวรรณ กิ่งผดุง อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาชี้แนะแนวทางการวิจัย รวมถึงได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุพพัต ควรพงษากุล ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมไปถึงให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อรุณศรี ลีจีรจำเนียร ที่ได้ช่วยติดต่อและแนะนำผู้วิจัยให้กับทางโรงงานกรณีศึกษา ทำให้ทางโรงงานกรณีศึกษาให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการทำการค้นคว้าอิสระนี้

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษา ผู้บริหาร ผู้จัดการ หัวหน้าแผนก และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้มอบข้อมูลที่สำคัญ อีกทั้งความร่วมมือต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อนร่วมงานที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดเวลาระหว่างการทำงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด

สมัชชา กรุงแก้ว

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 นิยามศัพท์ 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ต้นทุนผลิตภัณฑ์ 5

2.2 ต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental cost) 8

2.3 ภาษีคาร์บอน (Carbon tax) 10

2.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) 13

บทที่ 3 15

วิธีดำเนินการวิจัย 15

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ 16
3.2 ข้อมูลและการเก็บข้อมูล 16
3.3 คำนวณต้นทุนการผลิตและต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ 17
3.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 17
3.5 การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ 19
3.6 การเปรียบเทียบโครงสร้างต้นทุนใหม่ของผลิตภัณฑ์ 19
บทที่ 4 21
ผลการดำเนินงานวิจัย 21
4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นม 21
4.2 การประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ 23
4.3 การประเมินต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ 32
4.3.1 การคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยไม่คำนึงถึงมูลค่าของเสีย 32
4.3.2 การคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยคำนึงถึงมูลค่าของเสีย 34
4.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 39
4.5 การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ 44
บทที่ 5 52
สรุปผล 52
5.1 สรุปผล 52
5.2 ข้อเสนอแนะ 53
รายการอ้างอิง 54
ภาคผนวก 60
ภาคผนวก ก 61
ข้อมูลตัวผลักดันทรัพยากรและตัวผลักดันกิจกรรมของแต่ละผลิตภัณฑ์ 61
ภาคผนวก ข 65

ข้อมูลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....65
ข.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร 66
ข.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการขนส่ง.....68
ข.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิง.....74
ข.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย.....75
ภาคผนวก ค.....77
การประเมินอัตราการเก็บภาษีคาร์บอน 77
ประวัติผู้เขียน 79

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายทางตรงทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมประจำปี พ.ศ. 2559 23

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายทางตรงของแต่ละผลิตภัณฑ์ประจำปี พ.ศ. 2559 24

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมและค่าใช้จ่ายทางอ้อมต่อซองประจำปี พ.ศ. 2559 26

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนการผลิตรวมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม (บาท) 27

ตารางที่ 4.5 ตัวผลักดันทรัพยากรของแต่ละรายการต้นทุน 27

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการแจกแจงต้นทุนทรัพยากรเข้าสู่กิจกรรม (บาท) 28

ตารางที่ 4.7 ตัวผลักดันกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม.....29

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการแจกแจงต้นทุนกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ 30

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนการผลิตรวมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (บาท).....31

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตต่อซองโดยวิธีคิดแบบดั้งเดิมและวิธีคิดตาม
ฐานกิจกรรม 32

ตารางที่ 4.11 ตัวผลักดันกิจกรรมของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย 32

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมรสชาติต่าง ๆ 33

ตารางที่ 4.13 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดการสูญเสียในปี
พ.ศ. 2559 34

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและมูลค่าของวัตถุดิบที่กลาย
เป็นของเสีย.....35

ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายการผลิตผลิตภัณฑ์และค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์.....36

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์.....37

ตารางที่ 4.17 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่อซอง.....38

ตารางที่ 4.18 ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตต่อซอง 40

ตารางที่ 4.19 Emission factor ของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยทรัพยากร.....41
ตารางที่ 4.20 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อซองผลิตภัณฑ์ ($kgCO_2e$/ซอง).....43
ตารางที่ 4.21 ข้อมูลอัตราภาษีคาร์บอนของประเทศอ้างอิงและอัตราภาษีคาร์บอนจากการคำนวณของประเทศไทย.....44
ตารางที่ 4.22 ภาษีคาร์บอน (บาท) ของผลิตภัณฑ์แต่ละรสชาติที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ.....45
ตารางที่ 4.23 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ (ต่อซองผลิตภัณฑ์).....46
ตารางที่ 4.24 กำไร/ขาดทุนของผลิตภัณฑ์ต่อซอง (บาท) ที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ.....47
ตารางที่ 4.25 ต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามชนิดต้นทุน.....51
ตารางที่ ก.1 รายละเอียดปริมาณตัวผลักดันทรัพยากร (%).....62
ตารางที่ ก.2 รายละเอียดจำนวนตัวผลักดันกิจกรรมและต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดันกิจกรรม.....63
ตารางที่ ก.3 รายละเอียดการแจกแจงตัวผลักดันกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์.....63
ตารางที่ ก.4 รายละเอียดจำนวนตัวผลักดันกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมและต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดันกิจกรรม.....64
ตารางที่ ก.5 รายละเอียดการแจกแจงตัวผลักดันกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์.....64
ตารางที่ ข.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบ.....66
ตารางที่ ข.2 ค่า Emission factor ของทรัพยากรต่าง ๆ.....66
ตารางที่ ข.3 ค่า Emission factor ของพาหนะที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบ.....68
ตารางที่ ข.4 ปริมาณการขนส่งนมดิบ (kg) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) ในกิจกรรมการขนส่งจากศูนย์รวบรวมนมดิบมายังโรงงาน ปี พ.ศ. 2559.....70

ตารางที่ ข.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) ในกิจกรรมการขนส่งนมดิบต่อซองผลิตภัณฑ์ 72
ตารางที่ ข.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) จากกิจกรรมการขนส่งวัตถุดิบ 72
ตารางที่ ข.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) จากการขนส่งวัตถุดิบต่อซองผลิตภัณฑ์ 73
ตารางที่ ข.8 ปริมาณน้ำที่ใช้และของเสียต่อซองผลิตภัณฑ์..... 75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์รุ่นปัจจุบัน โดยไม่เบียดเบียนหรือเกิดผลกระทบในทางลบต่อความต้องการของคนรุ่นหลัง ในการที่จะทำให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนนั้น บริษัทหรือผู้ประกอบการต้องดำเนินธุรกิจโดยคำนึงถึง 3 ด้านหลัก ๆ คือ ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม (Petcharat และ Mula, 2012) ในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ปัญหาที่เห็นได้ชัดและทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ คือ ภาวะโลกร้อน ซึ่งสาเหตุหลัก ๆ มาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ต้นเหตุของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดได้ทั้งจากการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ จากการเกษตร จากปศุสัตว์ และจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นในฐานะผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงต่างเป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว สำหรับผู้บริโภคสามารถช่วยลดอัตราการเกิดภาวะโลกร้อนได้โดยการเลือกใช้สินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนผู้ผลิตและผู้ให้บริการจะทำการผลิตหรือเสนอการให้บริการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด แรงผลักดันที่ทำให้ผู้ผลิตหันมาให้ความสนใจในการลดผลกระทบในทางลบของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อมอาจประกอบไปด้วย กฎหมายข้อบังคับของประเทศผู้ผลิต ความต้องการของผู้บริโภคต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จิตสำนึกของผู้ประกอบการต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และความสามารถในการลดต้นทุนรวมไปถึงความสามารถในการทำกำไรของผลิตภัณฑ์ (Jackson และ Singh, 2015)

อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางด้านการใช้ทรัพยากร การเกิดของเสีย และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเทศที่พัฒนาแล้วได้มีการศึกษาพบว่าอุตสาหกรรมอาหารรวมถึงการบริโภคอาหารมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ระหว่าง 15 % ถึง 28 % (Garnett, 2011) ในแต่ละปีประมาณหนึ่งในสามของอาหารที่ผลิตขึ้นเพื่อการบริโภคกลายเป็นของเสีย โดยปี 2005 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาหารที่ถูกผลิตขึ้นและกลายเป็นของเสียรวมทั่วโลกมีค่าประมาณ 3.3×10^9 ตัน ซึ่งเป็นอันดับที่ 3 รองจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศอเมริกาและจีน มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับประมาณ 7 แสน 5 หมื่นล้านดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้การลดปริมาณของเสียของอาหารลง สามารถลดความจำเป็นในการเพิ่มปริมาณการผลิตอาหาร 60 % เพื่อรองรับความต้องการอาหารของประชากรในปี 2050 (FAO, 2013) ทางด้านการใช้ทรัพยากร อุตสาหกรรมอาหารมีปริมาณการใช้น้ำสูงเป็นอันดับที่สามรองจาก

อุตสาหกรรมเคมี และโรงกลั่น (Casani และคณะ, 2005) โดยอุตสาหกรรมนมเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารที่มีการก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้นในปริมาณมาก (Aydiner และคณะ, 2016) การบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำเป็นวิธีที่ใช้ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในขณะเดียวกันก็ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ การผลิตนมในปี 2007 มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเท่ากับ 1.328×10^9 ตันจากทั่วโลก คิดเป็น 2.7 % ของการปลดปล่อยก๊าซที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (FAO, 2010) สำหรับประเทศไทยอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากนมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2543 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและจากการใช้ไฟฟ้าสูงอยู่ในลำดับที่ 57 และลำดับที่ 48 ตามลำดับจากจำนวนสาขาอุตสาหกรรม 180 สาขา ซึ่งผลรวมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.467×10^5 ตัน (นิรมล สุธรรมกิจ และ อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์, 2556)

การปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ยังส่งผลกระทบต่อสังคมด้วย (Hazilla และ Kopp, 1990) นั่นหมายความว่าผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือไม่ได้เป็นผู้บริโภคโดยตรงก็อาจได้รับผลกระทบ เช่น มลพิษทางอากาศ หรือน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ควรให้ผู้ที่ก่อมลพิษเป็นผู้รับผิดชอบ (Steen, 2005) อาจอยู่ในรูปของภาษีการขนส่งหรือภาษีคาร์บอน ในปัจจุบันหลายประเทศ เช่น ประเทศสวีเดน ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ประเทศฟินแลนด์ และประเทศนอร์เวย์ ได้มีการบังคับใช้กฎหมายการเก็บภาษีคาร์บอน ส่วนประเทศไทยอยู่ในระหว่างการพิจารณาการบังคับใช้การเก็บภาษีคาร์บอน (World Bank Group, 2016) ซึ่งเมื่อมีการบังคับใช้แล้วอาจส่งผลให้การดำเนินงานทางธุรกิจเปลี่ยนไปเนื่องจากต้นทุนผลิตภัณฑ์อาจเพิ่มสูงขึ้น เนื่องด้วยภาษีคาร์บอนเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยมลพิษหรือสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่การที่บริษัทจะสามารถดำเนินการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมได้นั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด เมื่อเราสามารถประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรมของการเกิดผลิตภัณฑ์ ก็จะทำให้มีข้อมูลและสามารถดำเนินการจัดการในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลให้ลดผลกระทบของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การประเมินต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้บริษัทมีข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินการทางด้านสิ่งแวดล้อม และยังทำให้ทราบโครงสร้างต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นต้นทุนใหม่ นำไปสู่แนวทางในการลดต้นทุนรวมไปถึงลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร โดยประยุกต์แนวคิดต้นทุนฐานกิจกรรมสำหรับการคิดต้นทุนการผลิตและต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

1.2.2 เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร

1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาคือผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร รสจืด รสหวาน รสกาแฟ รสโกโก้ และรสสตรอเบอร์รี่

1.3.2 ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Cradle-to-Gate (Business to Business: B2B) โดยแสดงในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

1.4 นิยามศัพท์

ตัวผลักดันทรัพยากร หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้เป็นตัวกำหนดสัดส่วนการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เข้าสู่กิจกรรมต่าง ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์

ตัวผลักดันกิจกรรม หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้เป็นตัวกำหนดสัดส่วนการใช้กิจกรรมต่าง ๆ เข้าสู่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคิดต้นทุน

ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การจัดการขยะ การบำบัดน้ำเสีย การจัดทำระบบบริหารจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งแบ่งออกเป็นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่ไม่รวมมูลค่าวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย และต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่รวมมูลค่าวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ภาษีคาร์บอน หมายถึง ภาษีที่จัดเก็บเนื่องมาจากมีการปลดปล่อยมลพิษหรือมีกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อมูลอัตราการจัดเก็บภาษีและฐานภาษีที่ใช้ โดยฐานภาษีที่ใช้อาจเป็นปริมาณการใช้ทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า พลังงาน เชื้อเพลิง หรือปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้วิธีการคิดต้นทุนแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร ประกอบไปด้วยต้นทุนการผลิต ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม และภาษีคาร์บอน โดยประยุกต์ใช้วิธีคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรม

1.5.2 ได้ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร

1.5.3 ได้ทราบต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร

1.5.4 ได้ทราบสารขาเข้าและสารขาออกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร รวมไปถึงมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต ทำให้สามารถหาแนวทางในการลดการเกิดมลพิษจากการผลิตผลิตภัณฑ์ และยังใช้เป็นข้อมูลในการจัดการเพื่อลดต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ต้นทุนผลิตภัณฑ์

ความหมายของต้นทุน

ต้นทุน (Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการผลิตสินค้าหรือบริการ อาจจะเป็นเงินสดหรือเทียบเท่าเงินสดที่ได้จ่ายไป เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบ สินค้า หรือบริการ ที่คาดว่าจะใช้ประโยชน์หรือก่อให้เกิดประโยชน์ในอนาคต (Lewis, 1995)

ชนิดของต้นทุน

ต้นทุนสามารถแยกเป็นชนิดต่าง ๆ คือ ต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิต (Manufacturing Cost) และต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต (Nonmanufacturing Cost) (Kimuda, 2008)

ต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิตเป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า ซึ่งได้แก่

1. ค่าวัสดุ หรือวัตถุดิบ (Material Cost) เป็นส่วนที่สำคัญในการผลิต เพราะ เป็นส่วนของค่าวัตถุดิบที่ใช้

2. ค่าแรงงาน (Labor Cost) เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อทำการเปลี่ยนสภาพจากวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับการผลิตโดยตรง เรียกว่า แรงงานทางตรง

3. ค่าโสหุ้ยการผลิต (Factory Overhead Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากค่าแรงงานทางตรงและวัสดุทางตรง ได้แก่ ค่าวัสดุทางอ้อม ค่าแรงงานทางอ้อม ค่าสาธารณูปโภค ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและสินทรัพย์อื่น ๆ ค่าซ่อมแซมเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต เป็นต้น

ต้นทุนที่ไม่เกี่ยวกับการผลิต เป็นต้นทุนที่นอกเหนือจากต้นทุนต่างๆ ในกระบวนการผลิตทั้งหมด เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับกระบวนการดำเนินงานต่างๆ ของสำนักงาน ได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายในการขาย เช่น เงินเดือนพนักงานขาย ค่านายหน้าของพนักงานขาย ค่าโฆษณา ค่าตัวอย่างสินค้า ค่าเดินทาง ค่าเลี้ยงรับรองลูกค้า ค่าเช่า ค่าโทรศัพท์และค่าโทรสาร ค่าเครื่องเขียนแบบพิมพ์ เป็นต้น

2. ค่าใช้จ่ายในการบริหารธุรกิจ เช่น เงินเดือนผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สำนักงาน ค่าตรวจสอบบัญชี ค่าใช้จ่ายทางกฎหมาย ค่าเช่า ค่าโทรศัพท์ ค่าโทรสาร ค่าวัสดุสำนักงาน ค่ารับรองผู้บริหาร เป็นต้น

ระบบการคิดต้นทุน

ระบบการคิดต้นทุนแบ่งเป็นระบบ 2 ระบบ คือ ระบบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม (Traditional Costing System) และระบบการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรม (Activity-based Costing System: ABC)

ระบบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม (Traditional Costing System) คือการคำนวณค่าใช้จ่ายการผลิตเป็นต้นทุนสินค้าโดยอาศัยปริมาณการผลิต จำนวนชั่วโมงแรงงาน หรือจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเป็นฐาน (Pierce และ Brown, 2006) และนำค่าใช้จ่ายการผลิตทั้งหมดมาคิดตามสัดส่วนของปริมาณผลิตภัณฑ์ ระบบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมนี้จะสามารถคำนวณต้นทุนได้ใกล้เคียงความเป็นจริงเฉพาะในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตและค่าใช้จ่ายในการผลิตมีปริมาณสัดส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมด (Chan และ Suk-Yee Lee, 2003) แต่เทคโนโลยีการผลิตปัจจุบันได้มีการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ค่าใช้จ่ายการผลิตจึงมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นโดยที่ไม่ได้สัมพันธ์กับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จึงทำให้ต้นทุนของสินค้าที่คำนวณโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิมนั้นมีโอกาสที่ไม่สะท้อนความเป็นจริง นอกจากนี้สินค้าบางชนิดอาจจะเป็นการผลิตตามคำสั่งพิเศษ หรืออาจจะเป็นสินค้าที่ไม่ใช่สินค้าหลัก ปริมาณการผลิตน้อย แต่มีวิธีการและกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน อาจจะทำให้การคำนวณต้นทุนนั้นต่ำกว่าความเป็นจริง (Helberg และคณะ, 1994)

ระบบการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรม (Activity-based Costing System) เป็นระบบที่มีความแตกต่างกับระบบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมตรงที่ระบบต้นทุนตามฐานกิจกรรมจะไม่คำนึงถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ หรือจำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการผลิตสินค้า แต่จะสนใจในกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตทั้งหมด (Baker, 1998) ซึ่งจะมีการกำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อให้เกิดสินค้า หรือบริการ โดยมีการระบุตัวผลักดันต้นทุน (Cost Driver) ของแต่ละกิจกรรม การระบุตัวผลักดันต้นทุนสามารถใช้ข้อมูลจากการสังเกตกระบวนการผลิตโดยตรง การสำรวจข้อมูล หรือจากบันทึกของบริษัท (von Beck และ Nowak, 2000) ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณตัวผลักดันต้นทุนที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม (Albayrak และคณะ, 2011) โดยที่การปันส่วนต้นทุนจะถูกระบุให้ผลิตภัณฑ์สองช่วง (Two-stage Allocation Process) ช่วงที่หนึ่งทรัพยากรจะถูกระบุให้กิจกรรมตามตัวผลักดันต้นทุนและช่วงที่สองต้นทุนกิจกรรมจะถูกระบุให้หน่วยผลิตภัณฑ์ (Trussel และ Bitner, 1998) ทำให้ทราบว่าอะไรที่เป็นปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ต้นทุนของแต่ละกิจกรรมเพิ่มขึ้นหรือลดลง การคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ใกล้เคียงความเป็นจริง

ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนตามฐานกิจกรรม มีดังนี้

1. กำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตทั้งหมด
2. คำนวณต้นทุนทรัพยากรทั้งหมดที่ใช้ไปในการผลิต
3. นำต้นทุนทรัพยากรมากระจายตามแต่ละกิจกรรม และระบุตัวผลักดันต้นทุน
4. ระบุต้นทุนกิจกรรมเข้าสู่สิ่งที่จะนำมาคิดต้นทุน

ประโยชน์ของการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมต่อผู้บริหาร มีดังนี้

1. ทำให้ทราบต้นทุนที่สะท้อนความเป็นจริง
2. ทำให้ทราบถึงต้นทุนในแต่ละกระบวนการของการผลิต
3. ทำให้สามารถพิจารณาถึงวิธีการควบคุมต้นทุน
4. ทำให้สามารถตัดสินใจดำเนินกลยุทธ์ทางการตลาดและดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจได้อย่างแม่นยำ

ชัชวาล วิจารณ์ (2551) ได้ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตลำโพง 3 ชนิด ประกอบไปด้วย Model A, Model B และ Model C โดยการเปรียบเทียบต้นทุนทางบัญชี กับต้นทุนตามฐานกิจกรรม พบว่าค่าใช้จ่ายการผลิตของแต่ละโมเดลนั้นลดลง คือ Model A ขนาด 12 นิ้ว ลดลง 10.78 บาทต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ Model B ขนาด 15 นิ้ว ลดลง 37.02 บาทต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ และ Model C ขนาด 18 นิ้ว ลดลง 58.64 บาทต่อชิ้นผลิตภัณฑ์

ทินกร ปิติกุล (2551) ได้ทำการศึกษาต้นทุนตามฐานกิจกรรมซ่อมบำรุงระบบทำความเย็น พบว่าต้นทุนต่อตัวผลักดันต้นทุนในงานแผนกเดียวกันจะมีความหลากหลาย เพราะรายละเอียดงาน ระยะเวลา ความยากง่ายในการปฏิบัติงานและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกัน ซึ่งงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรของแผนกเครื่องเย็นกะกลางวัน จะมีค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกิจกรรม เท่ากับ 1,341.13 บาท มากกว่างานซ่อมบำรุงเครื่องจักรของแผนกปรับอากาศกะกลางวัน จะมีค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อกิจกรรม เท่ากับ 900.31 บาท

ดุษฎี บุญธรรม (2556) ได้ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตของแท่งชิ้นงานในอุตสาหกรรม โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม ซึ่งต้นทุนแท่งชิ้นงานต่อหน่วยแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลง คือ ชนิดที่ 1 ต้นทุนต่อหน่วยคือ 27.97 บาทต่อชิ้น น้อยลงจากการคิดต้นทุนแบบเดิม 25.1% ชนิดที่ 2 ต้นทุนต่อหน่วยคือ 29.30 บาทต่อชิ้น น้อยลงจากการคิดต้นทุนแบบเดิม 24.4% ชนิดที่ 3 ต้นทุนต่อหน่วยคือ 11.99 บาทต่อชิ้น มากขึ้นจากการคิดต้นทุนแบบเดิม 25.3% และชนิดที่ 4 ต้นทุนต่อหน่วยคือ 13.7 บาทต่อชิ้น มากขึ้นจากการคิดต้นทุนแบบเดิม 23.2%

บริษัท MILKCOM เป็นบริษัทที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์จากนมในประเทศเบลเยี่ยม มีการประยุกต์ใช้การคิดต้นทุนฐานกิจกรรม เพื่อให้บริษัทสามารถกำหนดกลยุทธ์การดำเนินกิจกรรมทาง

ธุรกิจอย่างแม่นยำ อีกทั้งทำให้ทราบต้นทุนของแต่ละขั้นตอนในการผลิต (Gunasekaran และคณะ, 1999) เช่นเดียวกับบริษัท TM ซึ่งเป็นบริษัททำธุรกิจเกี่ยวกับการสื่อสารในประเทศมาเลเซีย ต้องการกำหนดราคาสินค้าเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มส่วนแบ่งการตลาด จึงประยุกต์ใช้การคิดต้นทุนฐานกิจกรรม ซึ่งพบกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในช่วงการทำงานล่วงเวลา บริษัทจึงทำการบริหารจัดการทำให้ลดต้นทุนได้ (Abdul Majid และ Sulaiman, 2008) การที่มีการประยุกต์ใช้การคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้การกำหนดกิจกรรมทางธุรกิจเกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถทำให้เพิ่มยอดขายได้มากขึ้น (Yan Jun Liu และ Pan, 2011) นอกจากนี้ Sartorius และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมในแอฟริกาใต้พบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าที่ไม่เป็นวัฏจักรหรือฤดูกาลมีสัดส่วนของบริษัทที่ทำการเปลี่ยนระบบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมมาเป็นระบบการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมมากที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมทั้งหมด ซึ่ง 75% ของบริษัทที่ทำการเปลี่ยนระบบการคิดต้นทุนมาเป็นแบบฐานกิจกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้เป็นบริษัทที่ผลิตอาหารและเครื่องดื่ม

2.2 ต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental cost)

ต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ อาจประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายด้านต่าง ๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการควบคุมของเสีย ค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย ค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย ค่าใช้จ่ายในการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายภาษีเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการรีไซเคิลหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น ต้นทุนเหล่านี้มีความสำคัญต่อบริษัท หากบริษัทไม่มีข้อมูลต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมจะทำให้ไม่สามารถตัดสินใจในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมหรือการลงทุนที่ดีได้ ในทางกลับกันถ้าบริษัทมีข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ก็สามารถทำให้เกิดการตัดสินใจในการจัดการวัตถุดิบและของเสีย การออกแบบกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการจัดการพลังงานที่ดี ส่งผลให้สามารถทำกำไรได้เพิ่มขึ้น (Kumaran และคณะ, 2001)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้บริษัทต่าง ๆ ให้ความสนใจเกี่ยวกับต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม คือ การที่มีหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter pays principle: PPP) หมายความว่าผู้รับผิดชอบต่อผลกระทบของมลพิษต่อบุคคลที่สามควรเป็นผู้ที่ก่อมลพิษนั้น ๆ ขึ้นมา การระบุและประเมินต้นทุนภายนอกของสิ่งแวดล้อมเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับหลักการ PPP (Steen, 2005) เพราะจะทำให้ทราบว่าต้นทุนดังกล่าวเกิดขึ้นที่กิจกรรมใดของการดำเนินธุรกิจของบริษัท และทำให้สามารถดำเนินการ

จัดการได้ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีการศึกษาวิธีในการประเมินและระบุต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับบริษัทหรือผู้ประกอบการนำไปประยุกต์ใช้

วรรคสุรินทร์ ลิ้มควรสุวรรณ (2551) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านสิ่งแวดล้อมของหน่วยงานเตรียมอาหารในโรงพยาบาล โดยมีการศึกษาปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากร และการเกิดของเสีย ทำให้ทราบค่าใช้จ่ายด้านสิ่งแวดล้อมและค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่ พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่มีการคิดค่าใช้จ่ายด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นเป็น 109.42 บาท/ถาด จากเดิมค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 96.50 บาท/ถาด

ณัฐชฎาพร มหาศรานนท์ (2557) ได้ทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลมะพร้าวโดยใช้หลักการบัญชีสิ่งแวดล้อม มีการนำข้อมูลการผลิตมาวิเคราะห์หามวลสารสมดุลทำให้ได้แผนภาพขั้นตอนกระบวนการผลิตพร้อมทั้งสารขาเข้าและสารขาออก เมื่อนำข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์ ทำให้สามารถประเมินมูลค่าการสูญเสียจากการใช้ทรัพยากร และการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต จึงได้ข้อมูลสำหรับการจัดลำดับความสำคัญประเด็นปัญหาประกอบกับการประเมินด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าประเด็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอันดับแรก คือ ปัญหาการใช้ฟืนในปริมาณที่สูง นอกจากนี้ยังมีการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยนำค่าใช้จ่ายส่วนกลางไปปันส่วนตามค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง พบว่าค่าใช้จ่ายสิ่งแวดล้อมมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายทั่วไปอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่หลบซ่อนอยู่

Gale (2006) ได้ประยุกต์ใช้การบัญชีการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อหาต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานกระดาษ ซึ่งการบัญชีแบบดั้งเดิมแสดงให้เห็นว่ามีต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ Cdn$ 2,196,838 ในขณะที่การประยุกต์ใช้บัญชีการจัดการสิ่งแวดล้อมทำให้แสดงให้เห็นว่าต้นทุนสิ่งแวดล้อมเท่ากับ Cdn$ 4,858,753 โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่ 5 หมวดหมู่ คือ (1) การบำบัดของเสีย (2) การป้องกันและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (3) มูลค่าของสารขาออกที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ (4) ต้นทุนกระบวนการผลิตของสารขาออกที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ และ (5) รายได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม

Tsai และคณะ (2012) ได้นำเสนอวิธีการหาต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัทผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษโดยการประยุกต์ใช้หลักการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing) ในการปันส่วนต้นทุนสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์มีการใช้ Cost tracing graph เพื่อใช้ในการคำนวณตัวผลักดันต้นทุนก่อนปันส่วนต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ขี้เถ้า กากตะกอน และขยะจากกระบวนการผลิต เมื่อทราบต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์แล้ว ทำให้สามารถใช้ในการกำหนดกลยุทธ์และนโยบายในการดำเนินธุรกิจโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมได้

Orji และ Wei (2016) ได้ประยุกต์ใช้หลักการ Activity-based costing ในการสร้างโมเดลวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตสีเขียวของผลิตภัณฑ์เกียร์ในประเทศจีน โดยมีการแบ่งกิจกรรมที่เป็น Environmental-level รวมไปถึงมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เนื่องจากมีต้นทุนในส่วนของภาษีคาร์บอน และพบว่าการใช้วิธีการผลิตสีเขียวจะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ลดต้นทุนในส่วนภาษีคาร์บอนได้

ยังมีงานวิจัยอีกมากมายที่นำหลักการ Activity-based costing มาใช้สร้างโมเดลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือก project ในการก่อสร้างอาคารโดยใช้กระบวนการผลิตสีเขียว (Tsai และคณะ, 2014) โดยมีการเปรียบเทียบกันระหว่างการผลิตแบบดั้งเดิม และการผลิตแบบปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกน้อย Yang และคณะ (2016) ได้สร้างโมเดลสำหรับการเลือกโครงสร้างระบบการขนส่งแบบยั่งยืน นอกจากนี้ (Tsai และคณะ, 2013) มีการสร้างโมเดลสำหรับการตัดสินใจเลือกผลิตส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ (Product mix) อะไหล่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตสีเขียว ซึ่งงานวิจัยดังที่กล่าวมานี้มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดการทำกำไรสูงสุดโดยที่มีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.3 ภาษีคาร์บอน (Carbon tax)

ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางด้านอากาศและการเกิดสภาวะโลกร้อนเป็นสิ่งสำคัญที่ประเทศต่าง ๆ ให้ความมุ่งมั่นเพื่อที่จะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและพัฒนาสู่ระบบเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (García Benavente, 2016) ในปัจจุบันภาษีสิ่งแวดล้อมได้ถูกนำมาใช้เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งประโยชน์ของการใช้ภาษีสิ่งแวดล้อมคือ (1) ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม (2) รัฐมีรายได้มาใช้ในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม และนอกจากนี้อาจทำให้มีการลดภาษีด้านอื่น ๆ (Bachus, 2016)

เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น (1) การกำหนดราคาคาร์บอนหรือภาษีคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับราคา และ (2) การกำหนดปริมาณ (cap-and-trade schemes) (García Benavente, 2016) โดยที่ระบบ Cap and trade (การค้าขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจก) จะเป็นการกำหนดปริมาณการปลดปล่อยและให้กลไกทางตลาดทำการประมาณการของราคาสำหรับการอนุญาตปลดปล่อย ส่วนภาษีคาร์บอนจะมีการกำหนดราคาต่อหน่วยของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย (Dissou และ Karnizova, 2016)

ภาษีคาร์บอนเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับใช้เป็นมาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งระบบภาษีมีอิทธิพลโดยตรงในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภาษีคาร์บอนเป็น Revenue neutral คือ รายได้ที่จัดเก็บมาจะถูกนำมาใช้ในการดูแลและจัดการสิ่งแวดล้อม (Gupta,

2016) แต่ในบางประเทศอาจเป็นการยากที่จะจัดเก็บภาษีจากการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ในทางปฏิบัติในปัจจุบันหลายประเทศได้มีการเก็บภาษีจากการใช้พลังงาน (Chen และ Nie, 2016) เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หลายประเทศมีการใช้มาตรการที่แตกต่างกันไป (Vera และ Sauma, 2015) ประเทศฟินแลนด์และประเทศเนเธอร์แลนด์เริ่มบังคับใช้ภาษีคาร์บอนตั้งแต่ปี 1990 ส่วนประเทศสวีเดนเริ่มบังคับใช้ปี 1991 ประเทศสวีเดนและประเทศนอร์เวย์มีการเก็บภาษีคาร์บอนในอัตรา $27 และ $15 ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยตามลำดับ (Gupta, 2016)

การเพิ่มภาษีสินค้าอาจทำให้ปริมาณการผลิตและบริโภคลดลงเนื่องจากราคาสินค้าที่เพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่เป้าหมายของภาษีสิ่งแวดล้อมนั้นคือเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม จึงไม่อาจเทียบได้กับประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและต้นทุน จากการศึกษาของ García Benavente (2016) พบว่าการเก็บภาษีที่ประมาณ 26 USD ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในประเทศชิลีสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 20% แต่จะทำให้ GDP ลดลงประมาณ 2.3% เมื่อมีการเก็บภาษีทั้งจากภาคผู้ผลิตและภาคครัวเรือน และลดลงประมาณ 2% เมื่อเก็บภาษีเฉพาะภาคผู้ผลิต ในขณะที่ Siriwardana และคณะ (2011) พบว่าการบังคับใช้ภาษีคาร์บอนที่ $23 ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศออสเตรเลียส่งผลกระทบทำให้ GDP ลดลง 0.68% แต่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 12.4% ส่วนในประเทศไต้หวัน Chiu และคณะ (2015) พบว่าการบังคับใช้ภาษีคาร์บอนที่ US$20 ต่อตันการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ราคาน้ำมันจะขึ้นจาก US$0.95 เป็น US$0.97 คิดเป็นเพิ่มขึ้น 2.11% แต่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 1,436,402 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ถ้าเพิ่มภาษีคาร์บอนเป็น US$30 ต่อตันการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 2,155,132 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ Liu และ Wu (2017) พบว่าการบังคับใช้ภาษีคาร์บอน 45 หยวนต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศจีนทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้นในทุกภาคอุตสาหกรรม และในประเทศไอร์แลนด์ Wissema และ Dellink (2007) พบว่าการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนพลังงานลง 25.8% เทียบกับปี 1998 สามารถทำได้โดยการเก็บภาษีคาร์บอนทางด้านพลังงานที่ 10-15 Euro ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์

Vera และ Sauma (2015) ใช้ sensitivity analysis เปรียบเทียบการบังคับใช้ภาษีคาร์บอนในประเทศชิลีที่ $5 ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อยกว่า 1% ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ในขณะที่ภาษีคาร์บอนที่ $25 ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดการปลดปล่อยได้เป็นสองเท่าในช่วงเวลาเดียวกัน ส่วน Kuo และคณะ (2016) ใช้ sensitivity analysis เพื่อหาความเหมาะสมของการบังคับใช้ภาษีคาร์บอน ในประเทศไต้หวันพบว่า

ถ้าภาษีคาร์บอนต่ำผู้ผลิตจะเลือกจ่ายภาษีโดยไม่คำนึงถึงการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจเนื่องมาจากการลงทุนที่สูง แต่ถ้าภาษีคาร์บอนสูงขึ้นในระดับที่เหมาะสม ผู้ผลิตบางรายอาจเลือกที่จะลงทุนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

นิรมล สุธรรมกิจ และ อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์ (2556) ได้รายงานว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทยโดยมีการศึกษาการจัดเก็บภาษีจากสาขาพลังงาน ซึ่งมีการสมมติอัตราการเก็บภาษีคาร์บอน 3 อัตรา ได้แก่ 200, 1,500, และ 3,000 บาทต่อตันคาร์บอน พบว่าการเก็บภาษีที่อัตรา 3,000 บาทต่อตันคาร์บอนส่งผลให้อัตราการเติบโตของ GDP ลดลง 4% แต่สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนได้สูงถึง 22% นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบการจัดเก็บค่าธรรมเนียมคาร์บอนของเชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซ LPG พบว่าการตั้งเป้าหมายลดก๊าซคาร์บอนลงในอัตรา 5% ต่อปี อัตราค่าธรรมเนียมที่เหมาะสมอยู่ที่ 2.28 ถึง 2.76 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอน หรือ 2,280 ถึง 2,760 บาทต่อตันคาร์บอน ในขณะที่ นิรมล สุธรรมกิจ และ อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์ (2556) ได้ทำการศึกษาแนวทางการเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทยโดยการคิดคำนวณฐานภาษีที่แตกต่างกัน 3 ฐานภาษี คือ ฐานปริมาณการใช้ไฟฟ้า ฐานปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และฐานการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิต ซึ่งการคิดคำนวณจากฐานภาษีที่แตกต่างกันจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รายรับจากภาษี ภาระภาษี ต้นทุนในการดำเนินการจัดเก็บภาษี และผลกระทบต่อการส่งออกนั้นแตกต่างกัน ในขณะที่กรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง และ สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2559) ได้จัดทำโครงการศึกษาการจัดเก็บภาษีบนฐานของฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยมีการนำเสนอมาตรการบังคับใช้เป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 มาตรการลดหย่อนภาษีให้กับการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กรณีที่ 2 มาตรการจัดเก็บภาษีตามประเภทบรรจุภัณฑ์ และกรณีที่ 3 มาตรการจัดเก็บภาษีตามปริมาณคาร์บอนบนฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวได้ศึกษาในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

ไกรศร วงศ์โสภิต (2553) ได้ทำการศึกษาการใช้มาตรการภาษีคาร์บอนในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์โดยมีการจำลองการเก็บภาษีคาร์บอนที่ระหว่าง 100 บาท ถึง 400 บาท ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าการที่จะลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 1.303 เมกะตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ระดับอัตราภาษีคาร์บอนที่ทำให้บรรลุเป้าหมายมีค่าเท่ากับ 289 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือประมาณ 8.26 เหรียญสหรัฐต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ณ อัตราแลกเปลี่ยน 35 บาทต่อเหรียญสหรัฐ)

พรนภา สามงามยา (2554) ได้ใช้วิธีการประเมินข้อมูลความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to pay : WTP) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง WTP กับสัดส่วนรายได้ต่อหัว (GDP per Capita) ของ

ประเทศสวีเดนและประเทศไทย มาช่วยในการประเมินมูลค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เอทานอล พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% จากวัตถุดิบมันสำปะหลังเส้นและกากน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 2.37 และ 4.59 บาทต่อลิตรเอทานอลตามลำดับในกรณีที่ไม่พิจารณาการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ และลดลงเป็น 0.84 และ 0.65 บาทต่อลิตรเอทานอลตามลำดับในกรณีพิจารณานำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์

2.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมถึงก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ที่แสดงอยู่ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Nutter และคณะ, 2013) โดยที่จากปี 1970 ถึง 2004 ทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้นถึง 70% (IPCC, 2007) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาวิธีการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมไปถึงวิธีการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

พรพมล ปัทมานนท์ (2554) ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์โดยมีการศึกษาแบบ Business-to-Business (B2B) พบว่าในกระบวนการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่รวมขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0667 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนมจืดพาสเจอร์ไรส์ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตคือการใช้ทรัพยากรไฟฟ้า ที่มีการปลดปล่อย 0.0413 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างกระบวนการผลิตอยู่ที่ร้อยละ 61.92 ในขณะที่ Nutter และคณะ (2013) พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมในกิจกรรมกระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง มีค่าเท่ากับ 0.077, 0.054 และ 0.072 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ

ณัฐวุฒิ ทันหิกรณ์ (2555) ได้ทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์กุ้งดิบแช่เยือกแข็ง และกุ้งสุกแช่เยือกแข็ง พบว่าในกระบวนการผลิตที่ไม่นับการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการทำความเย็นสูงที่สุด ซึ่งสารทำความเย็นคือ คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกพ่นโดยตรงทำให้รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจึงคำนวณจากปริมาณสารทำความเย็นคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ตัวสาร และบวกกับปริมาณสารที่ปล่อยออกโดยตรง

ศักดา อยู่คง (2556) ได้ทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง พบว่ามีการปลดปล่อยในขั้นตอนการผลิตอยู่ที่ 0.2020 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 67.72 ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมดเมื่อนับรวม

ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ หลังจากนั้นมีการประเมินศักยภาพการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพบว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ปริมาณการใช้ไอน้ำ และปริมาณการใช้ไฟฟ้า มีคะแนนสูงเป็น 3 อันดับแรก นอกจากนี้มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน โดยพบว่ามอเตอร์พัดลมตู้อบมีคะแนนสูงที่สุด เมื่อมีการประเมินศักยภาพทั้ง 2 ด้าน จึงมีการนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยใช้หลักการ SWOT Analysis

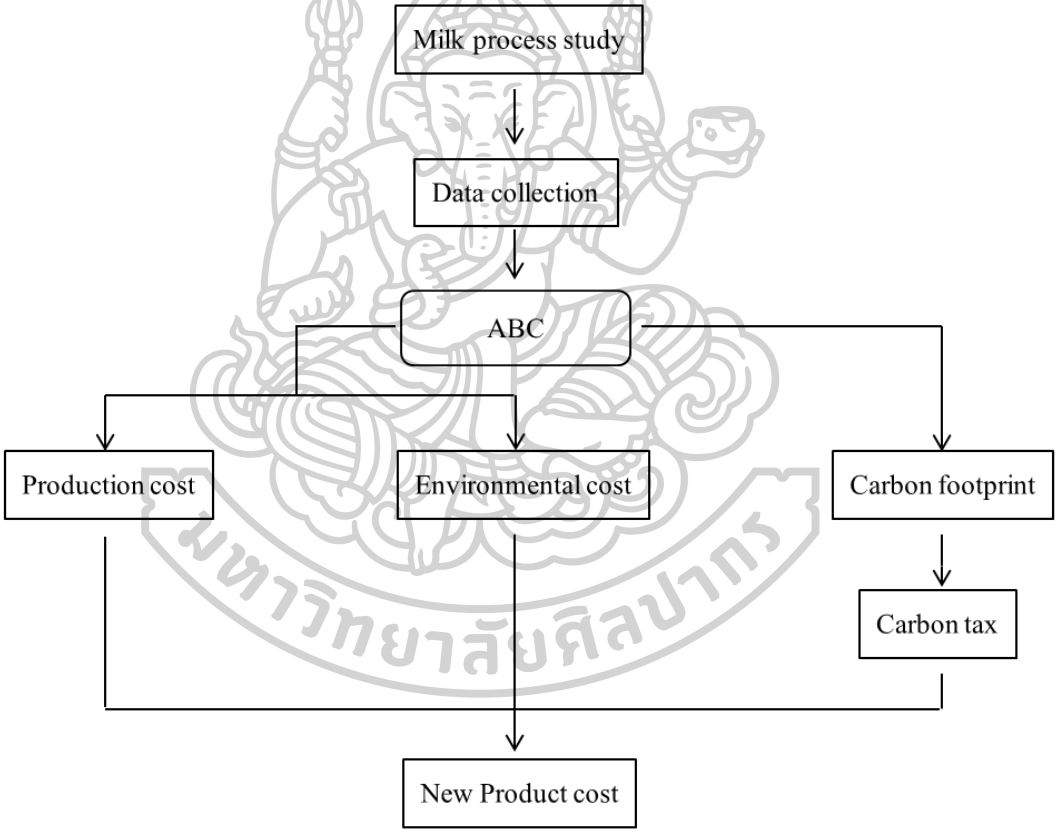
Lin และ Lei (2015) รายงานว่า อัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อผลของกิจกรรม (Energy intensity) ของอุตสาหกรรมอาหารในประเทศจีนมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี 1986 ถึง ปี 2010 หมายความว่าในขณะที่ผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาในปริมาณที่เท่าเดิมจะมีการใช้พลังงานปริมาณที่ลดลง ซึ่งส่งผลให้สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ การใช้ปริมาณพลังงานน้อยลงช่วยให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ลดลงได้อีกด้วย

จากงานวิจัยต่าง ๆ ข้างต้น พบว่ายังไม่มีงานวิจัยที่นำวิธีการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในการคิดต้นทุนการผลิตและต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาคิดเป็นต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำหลักการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในการคิดต้นทุนการผลิต ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และมีการประเมินภาษีคาร์บอนโดยอ้างอิงฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้โครงสร้างต้นทุนแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ คือ นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การเก็บข้อมูล การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์และคำนวณต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และการคำนวณภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลรวมต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ จะได้เป็นโครงสร้างต้นทุนแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษากระบวนการผลิต ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของกิจกรรมการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร โดยครอบคลุมส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. วัตถุดิบ ได้แก่ นมดิบ น้ำตาล สารปรุงแต่ง
2. บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ฟิล์มบรรจุภัณฑ์
3. พลังงาน ได้แก่ น้ำมันเตา
4. ทรัพยากร ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำ
5. สารเคมี ได้แก่ กรด และด่าง

3.2 ข้อมูลและการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์มีการใช้ข้อมูลปฐมภูมิซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถเก็บได้ที่จุดปฏิบัติงาน โดยใช้วิธีการสอบถามและสัมภาษณ์หัวหน้าฝ่าย และพนักงาน รวมไปถึงการดูจากบันทึกการผลิต ซึ่งข้อมูลที่ทำการเก็บเป็นข้อมูลเดือน มกราคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559 มีดังนี้

1. ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิตใช้ข้อมูลทางบัญชีประจำปี พ.ศ. 2559
2. ปริมาณการใช้ทรัพยากรวัตถุดิบ พลังงาน และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต
3. ข้อมูลปริมาณขยะและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต
4. ปริมาณการขนส่งนมดิบในแต่ละครั้ง และชนิดของพาหนะที่ใช้
5. ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ นอกเหนือจากนมดิบ
6. ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบต่าง ๆ มายังโรงงาน

สำหรับส่วนที่ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้จะใช้ข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ดังนี้

1. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตวัตถุดิบซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บข้อมูล ณ แหล่งผลิต
2. ค่า Emission factor ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของวัตถุดิบ ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต และกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ

3.3 คำนวณต้นทุนการผลิตและต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

ศึกษาองค์ประกอบต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบไปด้วย แรงงานทางตรง ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมรสจืดและนมปรุงแต่ง

ใช้หลักการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing) ในการหาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการวิเคราะห์และระบุกิจกรรม ซึ่งอาจพิจารณาจากขั้นตอนการผลิต
2. กำหนดตัวผลักดันทรัพยากรเพื่อระบุต้นทุนเข้าสู่ศูนย์กิจกรรม หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม
3. กำหนดตัวผลักดันกิจกรรมเพื่อทำการคำนวณต้นทุนกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์
4. คำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์โดยแบ่งเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์รสต่าง ๆ ขนาด 200 มิลลิลิตร

สำหรับต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ จะทำการศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบไปด้วยการบำบัดน้ำเสีย และการจัดการขยะ หลังจากนั้นใช้หลักการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing) ในการคำนวณต้นทุน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดตัวผลักดันทรัพยากรเพื่อระบุต้นทุนเข้าสู่ศูนย์กิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม
2. กำหนดตัวผลักดันกิจกรรมเพื่อทำการคำนวณต้นทุนกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์
3. คำนวณต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์โดยแบ่งเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์รสต่าง ๆ ขนาด 200 มิลลิลิตร

3.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ใช้วิธีการประเมินแบบ Cradle-to-Gate ซึ่งเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงานคิดเทียบเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแบ่งเป็นขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการขนส่ง และกระบวนการผลิตในโรงงาน สำหรับในงานวิจัยนี้มีการกำหนดหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ คือ 200 มิลลิลิตร โดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะใช้วิธีการตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554)

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1)

$$CF_i = Q_i \times EF_i \quad (1)$$

โดยที่ CF_i คือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากร i

Q_i คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากร i ในแต่ละกิจกรรม

EF_i คือ Emission factor การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัตถุดิบหรือทรัพยากร i

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบจะต้องคำนวณทั้งการการนำวัตถุดิบมาส่งที่โรงงานและการวิ่งรถเปล่าจากโรงงานกลับไป ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

ขั้นตอนการนำวัตถุดิบมาส่งคำนวณตามสมการที่ (2)

$$CF_{ij} = D_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij} \quad (2)$$

โดยที่ CF_{ij} คือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งวัตถุดิบ i โดยพาหนะ j

D_{ij} คือ ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ i โดยพาหนะ j

Q_{ij} คือ ปริมาณวัตถุดิบ i ที่ขนส่งโดยพาหนะ j

EF_{ij} คือ Emission factor การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการขนส่งวัตถุดิบ i โดยพาหนะ j

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียมีการคำนวณตามสมการที่ (3)

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w \quad (3)$$

โดยที่ CF_w คือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดน้ำเสีย

Q_w คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

COD_w คือ ค่า COD ของน้ำเสีย

EF_w คือ Emission factor การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการบำบัดน้ำเสีย

ในการผลิตไอน้ำโดยบอยเลอร์มีการเผาไหม้น้ำมันเตา ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเผาไหม้จะคำนวณตามสมการที่ (4)

$$CF_f = Q_f \times EF_f \quad (4)$$

โดยที่ CF_f คือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง f

Q_f คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง f

EF_f คือ Emission factor การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง f

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (5)

$$TC = \sum(CF_i + CF_{ij} + CF_w + CF_f) \quad (5)$$

โดยที่ TC คือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

3.5 การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์

การประเมินอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนจะใช้การเปรียบเทียบอัตราส่วนของรายได้ประชากรต่อหัว (GDP per capita) ของประเทศอ้างอิงกับรายได้ประชากรต่อหัวของประเทศไทย และเทียบกับอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนของประเทศอ้างอิง เพื่อทำการคำนวณให้เป็นอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนสำหรับประเทศไทยตามสูตรการคำนวณสมการที่ (6)

$$\frac{Carbon\ tax\ rate_{Thailand}}{Carbon\ tax\ rate_{Ref}} = \frac{GDP\ per\ capita_{Thailand}}{GDP\ per\ capita_{Ref}} \quad (6)$$

การคำนวณภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์จะใช้อัตราการเก็บภาษีคาร์บอนที่คำนวณได้จากสมการที่ (6) โดยใช้ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยที่คำนวณมาจากประเทศอ้างอิง นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณภาษีคาร์บอนของแต่ละผลิตภัณฑ์โดยใช้สูตรคำนวณตามสมการที่ (7)

$$Carbon\ tax_{Product} = CF_{Product} \times Carbon\ tax\ rate_{Thailand} \quad (7)$$

3.6 การเปรียบเทียบโครงสร้างต้นทุนใหม่ของผลิตภัณฑ์

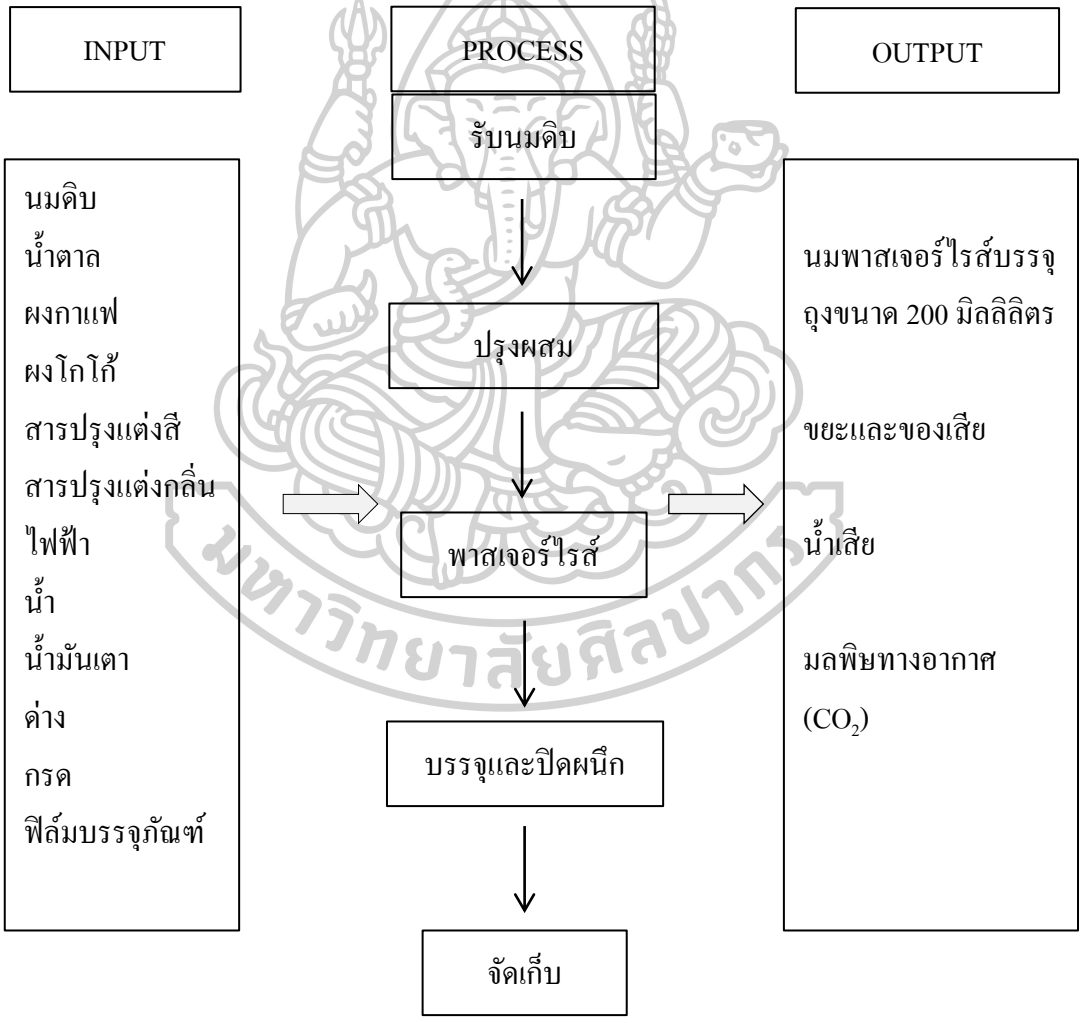
นำต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่มีการประยุกต์ใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมมาเปรียบเทียบผลกระทบต่อโครงสร้างต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงโครงสร้างของต้นทุนใหม่ที่มีการ

ประเมินการเก็บภาษีคาร์บอนในแต่ละอัตรา และผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านการทำกำไรและขาดทุนของผลิตภัณฑ์

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นม

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานขนาดเล็ก ผลิตภัณฑ์หลักคือนมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร มีกำลังการผลิตที่ 25-30 ตันต่อวัน หรือประมาณ 150,000 ซองต่อวัน คิดเป็นประมาณ 95% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จากการศึกษาสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตผลิตภัณฑ์นมซองขนาด 200 มิลลิลิตร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงสารขาเข้า สารขาออก และกิจกรรมการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร

ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงของโรงงานกรณีศึกษาประกอบไปด้วย 5 รสชาติ คือ รสจืด รสหวาน รสกาแฟ รสโกโก้ และรสสตรอเบอร์รี่ โดยวัตถุดิบหลักของแต่ละรสจะต่างกันที่สารปรุงแต่ง คือ รสจืดใช้เพียงนมดิบไม่มีการปรุงแต่งใด ๆ รสหวานมีการเติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียว รสโกโก้มีการเติมน้ำตาลและผงโกโก้ รสกาแฟมีการเติมน้ำตาลและผงกาแฟ รสสตรอเบอร์รี่มีการเติมน้ำตาล และสารปรุงแต่งสีและกลิ่น

ในส่วนกระบวนการผลิตประกอบไปด้วย 5 กิจกรรมหลักคือกิจกรรมการรับนมดิบ กิจกรรมการปรุงผสม กิจกรรมการพาสเจอร์ไรส์ กิจกรรมการบรรจุและปิดผนึก และกิจกรรมการจัดเก็บ ซึ่งกิจกรรมที่แตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่ต่างชนิดกันคือกิจกรรมการปรุงผสม นมรสจืดจะไม่มีกิจกรรมการปรุงผสมในขณะที่นมรสอื่น ๆ มีกิจกรรมการปรุงผสม ส่วนกิจกรรมอีก 4 กิจกรรมที่เหลือนั้นจะเหมือนกันในทุกผลิตภัณฑ์

กิจกรรมการรับนมดิบเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรับนมดิบจากรถขนส่งนมดิบซึ่งเป็นรถของทางโรงงานไปรับนมดิบมาจากศูนย์รวบรวมนมดิบ ซึ่งจะมีการปั๊มนมจากรถขนส่งเข้ามาจัดเก็บในถังจัดเก็บเพื่อรอการพาสเจอร์ไรส์หรือการปรุงผสมต่อไป หลังจากที่มีการรับนมดิบเรียบร้อยแล้วทางโรงงานจะมีการทำความสะอาดรถขนส่งนมดิบ เริ่มจากการล้างด้วยน้ำเปล่า ตามด้วยการทำ CIP โดยใช้สารละลายด่างที่ผ่านการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงประมาณ 80 - 85 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะมีการใช้น้ำร้อนล้างสารเคมีออก ในการทำความสะอาดด้วยวิธีดังกล่าวจะมีการปฏิบัติทุกครั้งหลังจากรับนมดิบเสร็จ แต่จะมีการทำความสะอาดพิเศษสัปดาห์ละ 1 ครั้งต่อรถ 1 คัน ด้วยวิธีที่เพิ่มขั้นตอนการล้างด้วยสารละลายกรดต่อจากการล้างด้วยสารละลายด่าง ซึ่งระหว่างการเปลี่ยนสารละลายด่างเป็นสารละลายกรดจะมีการใช้น้ำร้อนล้างสารละลายด่างออกให้หมดก่อนแล้วจึงใช้สารละลายกรดและตามด้วยน้ำร้อนอีกครั้งหนึ่ง

กิจกรรมการปรุงผสมเป็นกิจกรรมที่ทำการใส่ส่วนผสมอื่น ๆ เช่น น้ำตาลทราย ผงกาแฟ ผงโกโก้ สารปรุงแต่งกลิ่น และสารปรุงแต่งสี โดยที่จะถูกใส่ในถังผสมที่มีใบกวนกวนส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันกับนมดิบ หลังจากนั้นนมดิบที่ผ่านการปรุงแต่งแล้วจะถูกปั๊มเข้าสู่ถังรอการพาสเจอร์ไรส์ ในกิจกรรมการปรุงแต่งนี้ เป็นส่วนหนึ่งในการผลิตนมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่

กิจกรรมการพาสเจอร์ไรส์เป็นกิจกรรมสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในนมดิบซึ่งนมแต่ละชนิดจะมีวิธีการที่เหมือนกัน คือ นมจะถูกปั๊มผ่านเครื่องเพิ่มอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ หลังจากนั้นนมจะถูกปั๊มเข้าเครื่องพาสเจอร์ไรส์ โดยอุณหภูมิและระยะเวลาในการพาสเจอร์ไรส์จะเท่ากันในทุกผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วจะถูกลดอุณหภูมิและถูกปั๊มเข้าถังพักเพื่อรอการบรรจุ ในการบรรจุนมที่ต่างรสชาติกันจะมีความแตกต่างกันเฉพาะฟิล์มบรรจุ

ภัณฑ์ที่ใช้ ซึ่งพนักงานจะมีการเปลี่ยนฟิล์มให้ตรงกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ หลังจากนั้นจะมีการนับผลิตภัณฑ์ใส่ถุงพลาสติกขนาดใหญ่ถุงละ 50 ซอง เพื่อจัดเก็บในห้องจัดเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิต่อไป

นอกจากการทำความสะอาดรถขนส่งแล้ว เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก็มีการทำความสะอาดเช่นกัน ในแต่ละวันก่อนเริ่มการผลิตจะมีการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 85 - 90 องศาเซลเซียสทุกครั้ง และหลังจากผลิตเสร็จจะมีการล้างทำความสะอาดด้วยการทำ CIP คือ ใช้น้ำเปล่าล้างนมค้างท่อ ต่อด้วยสารละลายด่างที่มีการปรับอุณหภูมิเช่นเดียวกับการทำความสะอาดรถขนส่ง หลังจากนั้นจะใช้น้ำร้อนล้างสารเคมีออก ซึ่งทุกสัปดาห์จะมีการเพิ่มขั้นตอนการใช้สารละลายกรดสัปดาห์ละ 1 ครั้งเช่นเดียวกับการทำความสะอาดรถขนส่ง ยกเว้นเครื่องพาสเจอร์ไรส์ที่จะมีการใช้ทั้งสารละลายด่างและสารละลายกรดทุกครั้งหลังผลิตเสร็จในแต่ละวัน

4.2 การประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์

ต้นทุนทางตรงของผลิตภัณฑ์สามารถแจกแจงให้แต่ละผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง ประกอบไปด้วยค่าซื้อน้ำนมดิบ ค่าซื้อวัตถุดิบ ค่าถุงพลาสติก เงินเดือนและค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา ค่าใช้จ่ายในการซื้อ ค่าเบี้ยเลี้ยงแปรรูป และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ซึ่งรายละเอียดค่าใช้จ่ายทางตรงประจำปี พ.ศ. 2559 แสดงตามตารางที่ 4.1 และค่าใช้จ่ายทางตรงของแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายทางตรงทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมประจำปี พ.ศ. 2559

รายการต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ซื้อน้ำนมดิบ	85,506,532.97
ซื้อวัตถุดิบ	7,518,957.21
ค่าถุงพลาสติก	751,156.88
เงินเดือนและค่าจ้าง	3,661,513.61
ค่าล่วงเวลา	237,634.82
ค่าใช้จ่ายในการซื้อ	111,800.76
ค่าเบี้ยเลี้ยง แปรรูป	62,863.41
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	341,040.16
รวม	98,191,499.80

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายทางตรงของแต่ละผลิตภัณฑ์ประจำปี พ.ศ. 2559

รายการต้นทุน	นมรสจืด		นมรสหวาน		นมรสกาแฟ		นมรสโกโก้		นมรสสตรอเบอรี่	
	ต่อปี	ต่อซอง	ต่อปี	ต่อซอง	ต่อปี	ต่อซอง	ต่อปี	ต่อซอง	ต่อปี	ต่อซอง
ซื้อน้ำนมดิบ[1] (บาท)	80,087,046.93	3.56	130,045.58	4.72	1,426,103.40	3.11	3,579,262.83	3.28	284,074.23	3.29
ซื้อวัตถุดิบ[1] (บาท)	6,148,037.59	0.27	20,018.94	0.73	508,150.46	1.11	772,752.05	0.71	69,998.18	0.81
ค่าถุงพลาสติก[1] (บาท)	691,450.85	0.03	884.03	0.03	14,124.58	0.03	41,988.52	0.04	2,708.89	0.03
เงินเดือนและค่าจ้าง[2] (บาท)	3,417,481.44	0.15	5,842.20	0.21	64,173.44	0.14	160,902.64	0.15	13,113.89	0.15
ค่าล่วงเวลา[2] (บาท)	221,796.96	0.01	379.16	0.01	4,164.90	0.01	10,442.69	0.01	851.10	0.01
ค่าใช้จ่ายในการซื้อ[1] (บาท)	104,714.72	0.005	170.04	0.006	1,864.65	0.004	4,679.93	0.004	371.43	0.004
ค่าเบี้ยเลี้ยง แปรรูป[2] (บาท)	58,673.70	0.003	100.30	0.004	1,101.77	0.002	2,762.49	0.003	225.15	0.003
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด[2] (บาท)	318,310.55	0.01	544.15	0.02	5,977.23	0.01	14,986.77	0.01	1,221.45	0.01
รวมต้นทุนทางตรง (บาท)	91,047,512.72	4.04	157,984.40	5.73	2,025,660.44	4.42	4,587,777.92	4.21	372,564.31	4.31
จำนวนผลิตภัณฑ์ (ซอง)	22,520,596		27,551		458,249		1,090,070		86,445	

หมายเหตุ : [1] แจกแจงต้นทุนโดยใช้ข้อมูลการใช้จริงของทรัพยากร

[2] แจกแจงต้นทุนโดยใช้ชั่วโมงการผลิต

ค่าใช้จ่ายในการซื้อนมดิบมีสัดส่วนสูงที่สุดของรายการต้นทุนทั้งหมด เมื่อต้นทุนได้ถูกแจกแจงเข้าสู่ผลิตภัณฑ์แล้วจะได้ต้นทุนทางตรงรวมของแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจะทำการหารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ของแต่ละชนิด ทำให้ได้ต้นทุนทางตรงต่อซองโดยที่นมรสจืดมีต้นทุนทางตรงต่อซองต่ำที่สุด คือ 4.04 บาทต่อซอง ส่วนนมรสหวานมีต้นทุนทางตรงสูงที่สุดอยู่ที่ 5.73 บาทต่อซอง ในขณะที่นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่มีต้นทุนทางตรงอยู่ที่ 4.42, 4.21 และ 4.31 บาทต่อซองตามลำดับ การที่นมรสหวานมีต้นทุนทางตรงต่อซองสูงที่สุดและสูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ ประมาณ 1.31 – 1.69 บาทต่อซองนั้นมาจากค่าใช้จ่ายรายการซื้อน้ำนมดิบต่อซองสูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ มาก รวมไปถึงค่าใช้จ่ายเงินเดือนและค่าจ้างในการผลิตต่อซอง ค่าใช้จ่ายในการซื้อต่อซอง ค่าเบี้ยเลี้ยงแปรรูปต่อซอง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดต่อซองที่สูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ เช่นกัน การที่ค่าใช้จ่ายรายการซื้อน้ำนมดิบต่อซองสูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ มากนั้นมาจากปริมาณน้ำนมดิบที่ใช้ในการผลิตต่อซองสูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ จากการศึกษากระบวนการผลิตและจากการสอบถามพนักงานพบว่าในการผลิตนมรสหวานแต่ละครั้งมีปริมาณซองการผลิตที่น้อยแต่การสูญเสียของนมดิบที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการเปลี่ยนรสชาตินมมีอัตราส่วนคงที่เมื่อเทียบกับนมรสอื่น ทำให้เมื่อคิดเป็นอัตราส่วนการสูญเสียต่อซองจึงมากกว่านมรสอื่น ดังนั้นปริมาณการใช้นมดิบต่อซองจึงสูง ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนนมดิบสูงกว่านมรสอื่น นอกจากนี้ด้วยปริมาณการผลิตที่น้อยจึงทำให้อัตราการสูญเสียฟิล์มบรรจุภัณฑ์ต่อครั้งการผลิตจึงสูง เนื่องจากในการเปลี่ยนม้วนฟิล์มเป็นฟิล์มบรรจุภัณฑ์รสชาติใหม่ต้องมีการสูญเสียฟิล์มบรรจุภัณฑ์ของรสชาติเก่าบางส่วนที่ค้างเครื่องเพื่อใช้ในการต่อม้วนฟิล์มถัดไป และเมื่อฟิล์มบรรจุภัณฑ์รสชาติที่ต้องการได้เข้าไปถึงหัวบรรจุแล้วจะต้องมีการปรับปริมาตรในช่วงต้นการบรรจุนมรสชาติใหม่ ซึ่งจะมีการสูญเสียฟิล์มเช่นกัน ด้วยปริมาณการใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ต่อซองที่สูงทำให้ค่าใช้จ่ายฟิล์มบรรจุภัณฑ์ต่อซองจึงสูงกว่านมรสชาติอื่น เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายทางตรงต่อซองทำให้ต้นทุนทางตรงของนมรสหวานสูงกว่านมรสชาติอื่น ๆ

การคิดต้นทุนทางอ้อมโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิม (Traditional costing system) และการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing system) มีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันทำให้ได้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน โดยรายละเอียดค่าใช้จ่ายทางอ้อมของการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ 200 มิลลิลิตร ประจำปี พ.ศ. 2559 และต้นทุนทางอ้อมของผลิตภัณฑ์ต่อซองโดยใช้วิธีคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม แสดงดังตารางที่ 4.3

การคิดต้นทุนทางอ้อมโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิมเป็นวิธีที่ทางโรงงานกรณีศึกษาใช้ในการคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการคำนวณโดยการนำต้นทุนทางอ้อมรวมทั้งหมดมาหารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตได้เนื่องจากไม่สามารถแจกแจงได้ว่าแต่ละรายการต้นทุนเป็นของ

ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอย่างละเท่าไร ดังนั้นจากผลรวมของต้นทุนทางอ้อมที่ 5,762,312.10 บาท และมีปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจำนวน 24,182,911 ซอง จึงทำให้สามารถคำนวณต้นทุนทางอ้อมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมได้ที่ 0.24 บาทต่อซอง และเมื่อรวมต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมทำให้ได้ต้นทุนการผลิตต่อซองดังแสดงในตารางที่ 4.4 โดยพบว่านมรสหวานมีต้นทุนผลิตภัณฑ์สูงที่สุด คือ 5.97 บาทต่อซอง เนื่องจากมีต้นทุนทางตรงสูงที่สุด และนมรสจืดมีต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุด คือ 4.28 บาทต่อซอง เนื่องจากมีต้นทุนทางตรงต่ำที่สุด

ในขณะที่การคิดต้นทุนฐานกิจกรรมจะมีการกำหนดกิจกรรมและระบุตัวผลักดันทรัพยากรของแต่ละรายการต้นทุนดังแสดงในตารางที่ 4.5 หลังจากนั้นจะมีการแจกแจงต้นทุนที่เกิดขึ้นของแต่ละรายการต้นทุนเข้าสู่กิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น กิจกรรมการรับนมดิบ กิจกรรมการปรุงผสม กิจกรรมการพาสเจอร์ไรส์ กิจกรรมการบรรจุและปิดผนึก และกิจกรรมการจัดเก็บ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมและค่าใช้จ่ายทางอ้อมต่อซองประจำปี พ.ศ. 2559

รายการต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ค่าน้ำยาเคมี	362,388.23
ค่าวัสดุอุปกรณ์	692,097.01
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	969,612.69
ค่าไฟ	2,438,410.52
ค่าน้ำ	135,068.76
ค่าซ่อมแซมทรัพย์สิน	191,874.79
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์	560,597.82
ค่าเสื่อมราคาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง	412,262.27
รวมต้นทุนทางอ้อม	5,762,312.10
ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ซอง)	24,182,911
ต้นทุนทางอ้อมต่อซอง	0.24

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนการผลิตรวมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม (บาท)

ชนิดต้นทุน	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
ต้นทุนทางตรงต่อซอง	4.04	5.73	4.42	4.21	4.31
ต้นทุนทางอ้อมต่อซอง	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
ต้นทุนรวมต่อซอง	4.28	5.97	4.66	4.45	4.55

ตารางที่ 4.5 ตัวผลักดันทรัพยากรของแต่ละรายการต้นทุน

รายการต้นทุน	ตัวผลักดันทรัพยากร
ค่าน้ำยาเคมี	ประมาณการจากการผลิต
ค่าวัสดุอุปกรณ์	พื้นที่
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	ประมาณการจากการผลิต
ค่าไฟ	จำนวนชั่วโมงการผลิต
ค่าน้ำ	ประมาณการจากการผลิต
ค่าซ่อมแซมทรัพย์สิน	จำนวนครั้งการซ่อมแซม
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์	ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร
ค่าเสื่อมราคาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการแจกแจงต้นทุนทรัพยากรเข้าสู่กิจกรรม (บาท)

รายการต้นทุน	ต้นทุนรวม	รับนมดิบ	ปรุงผสม	พาสเจอร์ไรส์	บรรจุและปิดผนึก	จัดเก็บ
ค่าน้ำยาเคมี	362,388.23	206,481.52	14,905.13	96,286.21	44,715.38	0.00
ค่าวัสดุอุปกรณ์	692,097.01	58,059.40	102,187.89	114,756.30	194,643.59	222,449.82
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	969,612.69	289,891.59	65,716.95	416,853.29	197,150.85	0.00
ค่าไฟ	2,438,410.52	116,385.38	90,733.46	369,125.68	465,541.50	1,396,624.51
ค่าน้ำ	135,068.76	69,189.63	14,527.03	14,336.20	37,015.91	0.00
ค่าซ่อมแซมทรัพย์สิน	191,874.79	31,344.78	2,956.36	18,752.70	28,726.58	110,094.37
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์	560,597.82	10,509.70	12,289.97	33,332.38	252,232.89	252,232.89
ค่าเสื่อมราคาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง	412,262.27	83,742.76	200,379.68	27,648.51	46,895.95	53,595.37
รวมต้นทุนทางอ้อม	5,762,312.10	865,604.76	503,696.47	1,091,091.27	1,266,922.65	2,034,996.95

จากการแจกแจงต้นทุนทรัพยากรเข้าสู่แต่ละกิจกรรมพบว่าต้นทุนรวมของกิจกรรมการจัดเก็บมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากต้นทุนค่าไฟสำหรับการจัดเก็บสูงกว่ากิจกรรมอื่น ๆ มาก ประกอบกับค่าไฟมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดในรายการต้นทุนทั้งหมดทำให้กิจกรรมการจัดเก็บมีต้นทุนสูงถึง 2,034,996.95 บาท ในขณะที่ต้นทุนรวมของกิจกรรมการปรุงผสมนั้นมีค่าเพียง 503,696.47 บาท เมื่อได้ต้นทุนรวมของแต่ละกิจกรรมแล้วจะนำมาใช้ในการปันส่วนต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ต่อไปโดยใช้ตัวผลักดันกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรายละเอียดการแจกแจงต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ตัวผลักดันกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	ตัวผลักดันกิจกรรม
รับนมดิบ	จำนวนครั้งการรับ
ปรุงผสม	จำนวนครั้งการปรุงผสม
พาสเจอร์ไรส์	ปริมาณวัตถุดิบ
บรรจุและปิดผนึก	ปริมาณผลิตภัณฑ์
จัดเก็บ	ปริมาณผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการแจกแจงต้นทุนกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอเบอร์รี่
รับนมดิบ (บาท)	797,516.53	2,179.46	18,321.03	43,447.96	4,139.78
ปรุงผสม (บาท)	0.00	86,989.36	126,274.88	173,978.72	116,453.50
พาสเจอร์ไรส์ (บาท)	1,016,139.39	1,780.89	19,727.87	49,406.58	4,036.54
บรรจุและปิดผนึก (บาท)	1,179,835.36	1,443.37	24,007.29	57,107.85	4,528.78
จัดเก็บ (บาท)	1,895,112.82	2,318.42	38,561.75	91,729.60	7,274.36
รวมต้นทุนทางอ้อม (บาท)	4,888,604.10	94,711.50	226,892.82	415,670.71	136,432.97
ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ซอง)	22,520,596	27,551	458,249	1,090,070	86,445
ต้นทุนทางอ้อมต่อซอง (บาท)	0.22	3.44	0.50	0.38	1.58

ต้นทุนกิจกรรมของแต่ละกิจกรรมจะถูกปันส่วนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์โดยการคูณกันระหว่างต้นทุนกิจกรรมต่อตัวผลักดันกิจกรรมและปริมาณตัวผลักดันกิจกรรมของแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นผลรวมต้นทุนทางอ้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์จะถูกหารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ (ซอง) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ทำให้ได้ต้นทุนทางอ้อมต่อซอง โดยที่นมรสจืดมีต้นทุนทางอ้อมต่อซองต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.22 บาทต่อซอง ส่วนนมรสหวานมีต้นทุนต่อซองสูงที่สุดอยู่ที่ 3.44 บาทต่อซอง อันเนื่องมาจากปริมาณนมดิบต่อซองนั้นสูงกว่านมรสอื่นเพราะมีปริมาณสูญเสียต่อซองที่สูง ทำให้ต้นทุนการรับนมดิบที่ปันส่วนมามีสัดส่วนต่อซองที่สูงกว่านมรสอื่น นอกจากนี้ด้วยปริมาณการผลิตที่น้อยต่อการผลิต 1 ครั้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในสัดส่วนที่น้อยต่อจำนวนครั้งการปรุงผสมเมื่อเทียบกับนมรสอื่น จึงทำให้ต้นทุนในกิจกรรมการปรุงผสมของนมรสหวานสูงกว่านมรสอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นเมื่อรวมต้นทุนทางอ้อมต่อซองนมรสหวานจึงมีต้นทุนที่สูงกว่านมรสอื่น ๆ เมื่อรวมต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้ได้ต้นทุนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และเมื่อนำต้นทุนการผลิตจากการคำนวณโดยใช้วิธีการคิดแบบดั้งเดิมมาเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตจากการคำนวณโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.10 พบว่านมรสจืดมีต้นทุนที่ลดลง 0.02 บาทต่อซอง คิดเป็นลดลง 0.49% ส่วนนมรสอื่น ๆ มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นซึ่งคิดเป็น 53.57%, 5.51%, 3.22% และ 29.46% สำหรับนมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนการผลิตรวมต่อซองโดยใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (บาท)

ชนิดต้นทุน	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
ต้นทุนทางตรงต่อซอง	4.04	5.73	4.42	4.21	4.31
ต้นทุนทางอ้อมต่อซอง	0.22	3.44	0.50	0.38	1.58
ต้นทุนรวมต่อซอง	4.26	9.17	4.92	4.59	5.89

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตต่อซองโดยวิธีคิดแบบดั้งเดิมและวิธีคิดตามฐานกิจกรรม

ระบบการคิดต้นทุน	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
การคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม (บาท)	4.28	5.97	4.66	4.45	4.55
การคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (บาท)	4.26	9.17	4.92	4.59	5.89
ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลง (บาท)	- 0.02	+ 3.20	+ 0.26	+ 0.14	+ 1.34
% การเปลี่ยนแปลง	- 0.49 %	+ 53.57 %	+ 5.51 %	+ 3.22 %	+ 29.46 %

4.3 การประเมินต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

4.3.1 การคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยไม่คำนึงถึงมูลค่าของเสีย

สารขาออกของผลิตภัณฑ์นมประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ ขยะฟิล์มพลาสติก ขยะอื่น ๆ น้ำเสีย และก๊าซเรือนกระจก ซึ่งทางโรงงานมีการจัดการในส่วนของขยะและน้ำเสีย โดยที่ขยะฟิล์มพลาสติก ทางโรงงานจะมีการขายให้กับผู้รับซื้อภายนอกในราคากิโลกรัมละ 5 บาท ส่วนขยะทั่วไปจะมีรถจากอบต. เข้ามาทำการเก็บไปกำจัดโดยที่โรงงานเสียค่าบริการเดือนละ 300 บาท สำหรับน้ำเสียทางโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond) จำนวน 3 บ่อ ทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียเนื่องจากไม่มีการใช้ไฟฟ้าและสารเคมีเพราะเป็นการบำบัดโดยธรรมชาติ เมื่อนำค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียมาคำนวณเป็นต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้ได้ตัวผลักดันกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 4.11 และต้นทุนสิ่งแวดล้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์รวมไปถึง % การเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ตัวผลักดันกิจกรรมของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย

กิจกรรม	ตัวผลักดันกิจกรรม
รายได้จากการขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์	ประมาณการจากการผลิต
การจัดการขยะอื่น ๆ	ประมาณการการเกิดขยะ

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมรสชาติต่าง ๆ

กิจกรรม	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
รายได้จากการขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์[1] (บาท)	- 5,075.94	- 67.54	- 700.22	- 1,432.82	- 127.20
การจัดการขยะอื่น ๆ (บาท)	2,963.74	11.73	195.86	370.03	58.64
รวมต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท)	- 2,112.20	- 55.81	- 504.35	- 1,062.79	- 68.56
ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ซอง)	22,520,596	27,551	458,249	1,090,070	86,445
ต้นทุนสิ่งแวดล้อมต่อซอง (บาท)	- 0.0001	- 0.0020	- 0.0011	- 0.0010	- 0.0008
% การเปลี่ยนแปลง	- 0.0022	- 0.0221	- 0.0224	- 0.0212	- 0.0135

หมายเหตุ : [1] แสดงค่าเป็นจำนวนติดลบเนื่องจากเป็นรายได้ ทำให้ต้นทุนลดลง

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุซอง 200 มิลลิลิตร ของโรงงานกรณีศึกษามีสัดส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิต โดยที่ผลิตภัณฑ์นมทุกรสชาติมีต้นทุนลดลงเมื่อมีการนำต้นทุนสิ่งแวดล้อมมารวม ทั้งนี้มาจากรายได้จากการขายฟิล์มเสียของผลิตภัณฑ์นั้นสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนรวมลดลง 0.0022%, 0.0221%, 0.0224%, 0.0212% และ 0.0135% สำหรับนมรสจืด รสหวาน รสกาแฟ รสโกโก้ และรสสตรอเบอร์รี่ ตามลำดับ แต่เนื่องจากต้นทุนสิ่งแวดล้อมส่งผลให้ต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จึงไม่กระทบต่อตัวเลขต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์

ในการคิดคำนวณต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวเป็นการคิดคำนวณโดยนำค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม การบำบัดมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อม และรายได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษามีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง คือ การบำบัดมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมและรายได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยที่ตัวเลขค่าใช้จ่ายมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนผลิตภัณฑ์ ทำให้ไม่เห็นผลกระทบต่อต้นทุนผลิตภัณฑ์ ในการคิดคำนวณต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดและจัดการมลพิษทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้ถูก

นำไปใช้ในการคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์เยื่อกระดาษและกระดาษ (Tsai และคณะ, 2012) พบว่ามีต้นทุนสิ่งแวดล้อมสูงถึง $4,391,130 ในขณะเดียวกัน Gale (2006) ได้มีการคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติมทางด้านมูลค่าของของเสียและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ทำให้เห็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์

4.3.2 การคำนวณต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยคำนึงถึงมูลค่าของเสีย

ในการคำนวณของเสียที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร มีการคำนวณโดยการนำปริมาณวัตถุดิบขาเข้ามาเทียบกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จะทำให้ได้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นจึงคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียไปในการเกิดของเสีย ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดการสูญเสียในปี พ.ศ. 2559

รสชาตินม	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริง (ซอง)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูญเสีย (ซอง)
รสจืด	22,520,596	1,890,605
รสหวาน	27,551	14,180
รสกาแฟ	458,249	144
รสโกโก้	1,090,070	59,264
รสสตรอเบอร์รี่	86,445	7,228
รวม	24,182,911	1,971,421

การคำนวณต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมโดยคำนึงถึงของเสียที่เกิดขึ้นจะแบ่งรายการต้นทุนออกเป็น มูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายในการป้องกันการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายในการบำบัดหรือกำจัดของเสีย และรายได้ทางสิ่งแวดล้อม โดยที่การคำนวณมูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสียและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จะคำนวณจากค่าใช้จ่ายทางตรงและค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่ใช้วิธีการคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมในการคำนวณ และทำการเทียบโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.13 ที่แสดงยอดผลิตผลิตภัณฑ์และยอดผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียเป็นจำนวนซอง ซึ่งมูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสียแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและมูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย

รสชาตินม	ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริง (บาท)	มูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย (บาท)
รสจืด	80,633,673.32	6,292,862.04
รสหวาน	101,587.26	49,361.29
รสกาแฟ	1,937,302.05	11,076.40
รสโกโก้	4,161,967.00	232,036.40
รสสตรอเบอร์รี่	329,213.07	27,568.22

สำหรับการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์และมูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย เป็นการนำค่าใช้จ่ายทางบัญชีเฉพาะรายการค่าซื้อน้ำนมดิบ ค่าซื้อวัตถุดิบ และค่าถุงพลาสติกมาคำนวณ โดยที่ค่าถุงพลาสติกจะไม่มีการนำมาคำนวณมูลค่าของเสีย เนื่องจากเป็นการนำมาใช้หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ผลิตได้แล้วจึงไม่มีของเสียเกิดขึ้น ส่วนรายการค่าใช้จ่ายที่เหลือทั้งหมดจะนำมาคำนวณในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์และไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการนำค่าใช้จ่ายทางตรงนอกเหนือจากค่าซื้อน้ำนมดิบ ค่าซื้อวัตถุดิบ และค่าถุงพลาสติกมารวมกับค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่ใช้วิธีคิดต้นทุนตามฐานกิจกรรมมาคำนวณหาต้นทุนสิ่งแวดล้อมทางด้านค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถเทียบค่าใช้จ่ายได้จากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูญเสีย (ตารางที่ 4.13) โดยแสดงค่าใช้จ่ายในตารางที่ 4.15 เมื่อได้ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมทางด้านมูลค่าวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย ค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายการจัดการขยะ และรายได้ทางสิ่งแวดล้อม จึงสามารถสรุปต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนสิ่งแวดล้อมได้ตามตารางที่ 4.16 และ ตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายการผลิตผลิตภัณฑ์และค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์

รสชาตินม	ค่าใช้จ่ายการผลิต ผลิตภัณฑ์ (บาท)	ค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ (บาท)
รสจืด	8,311,805.15	697,776.31
รสหวาน	67,174.00	34,573.36
รสกาแฟ	304,079.02	95.80
รสโกโก้	578,019.94	31,425.28
รสสตรอเบอร์รี่	140,470.67	11,745.33

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

รายการต้นทุน	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอเบอร์รี่
ต้นทุนผลิตภัณฑ์[1] (บาท)	88,945,478.47	168,761.26	2,241,381.06	4,739,986.94	469,683.74
มูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย (บาท)	6,292,862.04	49,361.29	11,076.40	232,036.40	27,568.22
ค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ (บาท)	697,776.31	34,573.36	95.80	31,425.28	11,745.33
รายได้จากการขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์ (บาท)	- 5,075.94	- 67.54	- 700.22	- 1,432.82	- 127.20
การจัดการขยะอื่น ๆ (บาท)	2,963.74	11.73	195.86	370.03	58.64
รวมต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท)	6,988,914.95	83,871.21	10,540.19	262,191.13	39,199.22

หมายเหตุ : [1] ต้นทุนผลิตภัณฑ์คำนวณมาจากผลรวมของต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและค่าใช้จ่ายการผลิตผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.17 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่อซอง

รายการต้นทุน	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอเบอร์รี่
ต้นทุนผลิตภัณฑ์[1] (บาท/ซอง)	3.95	6.13	4.89	4.35	5.43
มูลค่าของวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสีย (บาท/ซอง)	0.28	1.79	0.02	0.21	0.32
ค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ (บาท/ซอง)	0.0310	1.2549	0.0002	0.0288	0.1359
รายได้จากการขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์ (บาท/ซอง)	- 0.0002	- 0.0025	- 0.0015	- 0.0013	- 0.0015
การจัดการขยะอื่น ๆ (บาท/ซอง)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
รวมต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท/ซอง)	0.31	3.04	0.02	0.24	0.45

หมายเหตุ : [1] ต้นทุนผลิตภัณฑ์คำนวณมาจากผลรวมของต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จริงและค่าใช้จ่ายการผลิตผลิตภัณฑ์ หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ของแต่ละรสชาติ

การคิดต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยมีการนำมูลค่าของเสียและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มาเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนสิ่งแวดล้อม จะทำให้เห็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์ และเป็นการทำให้ความสามารถในการทำกำไรนั้นลดต่ำลง มูลค่าของของเสียและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดมลพิษหรือการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยตรง แต่สามารถทำให้ผู้ประกอบการหรือเจ้าของธุรกิจเห็นได้ว่ามีจุดใดในกระบวนการผลิตหรือกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าสามารถจัดการลดการสูญเสียได้จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่ไม่ควรเกิดขึ้นนั้นลดลงได้ ส่งผลให้บริษัทมีกำไรมากยิ่งขึ้น จากตารางที่ 4.17 พบว่านมพาสเจอร์ไรส์บรรจุซองขนาด 200 มิลลิลิตร รสหวาน มีต้นทุนสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 3.04 บาทต่อซอง มีปริมาณสูงที่สุดจากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และคิดเป็น 33.20% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อซอง โดยที่ผลิตภัณฑ์รสอื่นมีต้นทุนสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า 0.5 บาทต่อซอง

วัตถุดิบที่กลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจะมีการปล่อยลงสู่บ่อบำบัดที่เป็นลักษณะบ่อผึ่งทางด้านหลังของโรงงาน ทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสียในส่วนนี้ เพราะไม่มีการใช้ไฟฟ้าและไม่มีการใช้สารเคมี แต่ของเสียดังกล่าวถือว่าเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทางโรงงานควรมีส่วนรับผิดชอบในการปล่อยมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมจากหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter pays principle) ซึ่งแนวทางการคำนวณค่าใช้จ่ายแสดงในส่วนที่ 4.5 การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์

4.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

หน่วยการทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์ คือ 200 มิลลิลิตร การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะต้องทราบปริมาณวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต ซึ่งปริมาณการใช้ทรัพยากรการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ต่อซองแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตต่อซอง

ทรัพยากร	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
นมดิบ[1] (kg)	0.2155	0.2861	0.1886	0.1990	0.1992
น้ำตาล[1] (kg)	-	0.0227	0.0158	0.0166	0.0235
สารปรุงแต่งกลิ่น[1] (ml)	-	-	-	-	0.1915
สารปรุงแต่งสี[1] (ml)	-	-	-	-	0.1719
ผงกาแฟ[1] (kg)	-	-	0.0012	-	-
ผงโกโก้[1] (kg)	-	-	-	0.0009	-
บรรจุภัณฑ์[1] (kg)	0.0031	0.0035	0.0033	0.0041	0.0033
น้ำมันเตา[2] (L)	0.0019	0.0137	0.0027	0.0024	0.0066
ไฟฟ้า[2] (kWh)	0.0245	0.1712	0.0370	0.0319	0.0863
น้ำ[2] (L)	0.6958	14.0110	1.8593	1.3925	6.2952
ด่าง[2] (kg)	0.00033	0.00222	0.00049	0.00044	0.00109
กรด[2] (kg)	0.00008	0.00126	0.00019	0.00015	0.00057

หมายเหตุ : [1] ปริมาณการใช้ทรัพยากรคำนวณจากข้อมูลจริงของการใช้ทรัพยากร

[2] ปริมาณการใช้ทรัพยากรคำนวณโดยใช้หลักการเดียวกับการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร ประกอบไปด้วยกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการใช้ทรัพยากร กิจกรรมการขนส่งนมดิบและขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ กิจกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย สำหรับทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตจะมีการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ซึ่งเป็นข้อมูลการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่สามารถเก็บได้ ณ แหล่งผลิต จึงใช้วิธีการนำจำนวนปริมาณทรัพยากรที่ใช้ต่อซองคูณกับ Emission factor การปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละทรัพยากร (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 Emission factor ของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยทรัพยากร

ทรัพยากร	Emission factor ($kgCO_2e$) ต่อหน่วยทรัพยากร	แหล่งอ้างอิง
นมดิบ (kg)	1.0838	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
น้ำตาล (kg)	1.0800	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
สารปรุงแต่งกลิ่น (L)	4.0611	SimaPro 7.3
สารปรุงแต่งสี (L)	11.4815	SimaPro 7.3
ผงกาแฟ (kg)	10.5390	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
ผงโกโก้ (kg)	14.2978	SimaPro 8.3
บรรจุภัณฑ์ (kg)	1.7258	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
น้ำมันเตา (L)	0.3057	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
ไฟฟ้า (kWh)	0.6093	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
น้ำ (L)	0.0031	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
ด่าง (kg)	1.1148	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)
กรด (kg)	0.9677	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559)

สำหรับขั้นตอนการขนส่งนมดิบมีการคำนวณการขนส่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ การขนส่งจากฟาร์มเกษตรกรมาที่ศูนย์รวบรวมนมดิบ และการขนส่งจากศูนย์รวบรวมนมดิบมาที่โรงงานผลิต ซึ่งการขนส่งจากฟาร์มเกษตรกรมาที่ศูนย์รวบรวมนมดิบจะใช้ระยะทางการขนส่งจากฟาร์มที่ไกลที่สุด คือ 36.1 กิโลเมตร และมีการใช้พาหนะในการขนส่งคือรถกระบะ 4 ล้อ ในขณะที่การขนส่งจากศูนย์รวบรวมนมดิบมาที่โรงงานจะใช้ข้อมูลปริมาณการขนส่งนมดิบแต่ละครั้ง และข้อมูลพาหนะที่ใช้ขนส่งของการขนส่งนมดิบจากศูนย์รวบรวมนมดิบมายังโรงงานประจำปี พ.ศ. 2559 โดยข้อมูลระยะทางการขนส่งที่ใช้ในการคำนวณคือ 24.1 กิโลเมตร เมื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละครั้งของการขนส่งแล้วจะนำปริมาณการปล่อยก๊าซรวมทั้งปีหารด้วยปริมาณขนส่งนมดิบของปี พ.ศ. 2559 ทั้งหมด ทำให้ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการขนส่งนมดิบ 1 กิโลกรัม

สำหรับขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย น้ำตาล ผงกาแฟ ผงโกโก้ สารปรุงแต่งกลิ่น สารปรุงแต่งสี ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ กรด ด่าง และน้ำมันเตา มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกัน

กับการขนส่งนมดิบ แต่เนื่องจากการขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ ดังกล่าว จะมีปริมาณการขนส่งแต่ละครั้งค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจึงนำปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อซองมาคูณด้วยค่า Emission factor การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการขนส่งตามชนิดของพาหนะที่ใช้ และคูณกับระยะทางการขนส่ง ทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดตามตารางที่ 4.20

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก็เป็นส่วนหนึ่งในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับโรงงานกรณีศึกษามีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง ในการคิดคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงนำปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ต่อซองผลิตภัณฑ์มาคูณกับค่า Emission factor การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของน้ำมันเตาตามสมการที่ (4) จะทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการเผาไหม้น้ำมันเตา

การเกิดของเสียระหว่างกระบวนการผลิตจะมีการถูกระบายทางรางระบายน้ำเพื่อไปลงสู่บ่อบำบัดบริเวณหลังโรงงาน นอกจากของเสียจากวัตถุดิบแล้วยังมีน้ำที่ใช้ในกระบวนล้างไลน์ผลิตซึ่งมีการระบายทิ้งทั้งหมดลงรางระบายน้ำเข้าสู่บ่อบำบัดเช่นกัน ดังนั้นในการคำนวณน้ำเสียจึงใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตรวมกับปริมาณของเสียของแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจึงนำไปคูณกับปริมาณ COD ของน้ำเสีย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่า COD ของอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากนม คือ 2.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (IPCC, 2006) และหลังจากนั้นจึงนำไปคูณกับค่า Emission factor ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการบำบัดน้ำเสียตามสมการที่ (3) โดยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ทรัพยากร การขนส่งนมดิบและวัตถุดิบอื่น ๆ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียในการผลิตผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.20

พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการใช้ทรัพยากรของนมรสจืดมีค่าต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.2570 $kgCO_2e$ ในขณะที่นมรสหวานมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงที่สุดอยู่ที่ 0.4962 $kgCO_2e$ อันเนื่องมาจากปริมาณการใช้ทรัพยากรนมดิบต่อซองของนมรสหวานนั้นมีสัดส่วนที่มากกว่านมรสอื่น ทำให้เมื่อคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในกิจกรรมการใช้ทรัพยากรและการขนส่งนมดิบสำหรับการผลิตนมรสหวานนั้นสูงกว่านมรสอื่น ๆ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการขนส่งนมดิบของทั้ง 5 ผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 0.0017 ถึง 0.0026 $kgCO_2e$ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณนมดิบต่อซองที่ใช้ในการผลิต ในขณะที่การขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยมาก โดยนมรสหวานมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ 0.0002 $kgCO_2e$

ตารางที่ 4.20 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อซองผลิตภัณฑ์ ($kgCO_2e$/ซอง)

กิจกรรมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
การใช้ทรัพยากร	0.2570	0.4962	0.2700	0.2791	0.3256
การขนส่งนมดิบ	0.0019	0.0026	0.0017	0.0018	0.0018
การขนส่งวัตถุดิบอื่น ๆ	0.0000*	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
การเผาไหม้เชื้อเพลิง	0.0057	0.0423	0.0083	0.0073	0.0203
การบำบัดน้ำเสีย	0.0385	0.7622	0.1004	0.0758	0.3409
ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์	0.3032	1.3035	0.3805	0.3640	0.6888

หมายเหตุ : * ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 3.17×10^{-5} $kgCO_2e$/ซอง

กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากแหล่งผลิต ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ต่อซองผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับนมรสหวานมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นนมรสสตรอเบอร์รี่ เนื่องจากมีการใช้ปริมาณน้ำมันเตาต่อซองสูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การเกิดของเสียและน้ำเสียส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน โดยเกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย การที่ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของนมรสหวานมีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากปริมาณของเสียและปริมาณการใช้น้ำต่อซองผลิตภัณฑ์ของนมรสหวานมีค่าสูงที่สุดจากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งสูงกว่านมรสจืดถึง 19.81 เท่า ในขณะที่นมรสสตรอเบอร์รี่มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมบำบัดน้ำเสียสูงเป็นอันดับสอง คือ 0.3409 $kgCO_2e$ โดยสาเหตุนั้นเพราะมีปริมาณของเสียและการเกิดน้ำเสียเช่นเดียวกับนมรสหวาน

เมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละกิจกรรมในการผลิตผลิตภัณฑ์แล้ว จะสามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมรสจืด มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.3032 $kgCO_2e$ ส่วนผลิตภัณฑ์นมรสหวานและนมรสสตรอเบอร์รี่ มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงถึง 1.3035 และ 0.6888 $kgCO_2e$ ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์ชนิดใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมยิ่งมาก ก็ควรรับภาระในการรับผิดชอบต่อการปลดปล่อยมลภาวะนั้น ๆ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของภาษีคาร์บอน

4.5 การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์

การประเมินภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์มีการใช้อัตราการเก็บภาษีคาร์บอนจากประเทศที่มีการบังคับใช้ภาษีคาร์บอน โดยข้อมูลประเทศที่มีการบังคับใช้ ข้อมูลอัตราการเก็บภาษีคาร์บอน และข้อมูลรายได้ต่อหัว (GDP per capita) ของประเทศต่าง ๆ ปี 2016 แสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลอัตราภาษีคาร์บอนของประเทศอ้างอิงและอัตราภาษีคาร์บอนจากการคำนวณของประเทศไทย

ประเทศอ้างอิง	อัตราภาษีคาร์บอน ($US\$/tCO_2e$)	GDP per capita	การคำนวณอัตราประเทศไทย	
			$US\$/tCO_2e$	บาท/tCO_2e
สวีเดน	131	49,700	44.28	1,549.86
สวิตเซอร์แลนด์	86	59,400	24.32	851.31
ฟินแลนด์	65	40,600	26.90	941.38
นอร์เวย์	52	69,300	12.61	441.21
เดนมาร์ก	26	46,600	9.37	328.07
ฝรั่งเศส	25	42,400	9.91	346.70
ไอร์แลนด์	22	69,400	5.33	186.40
สโลวีเนีย	19	33,100	9.64	337.52
ไอซ์แลนด์	10	48,100	3.49	122.25
โปรตุเกส	7	28,500	4.13	144.42
ลัตเวีย	4	25,700	2.61	91.52
ญี่ปุ่น	3	38,900	1.30	45.35
เอสโตเนีย	2	29,500	1.14	39.86
			เฉลี่ย	417.37

ที่มา : Central Intelligence Agency (2017) ; World Bank Group (2016)

จากการคำนวณอัตราภาษีคาร์บอนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลอัตราภาษีคาร์บอนจากประเทศอ้างอิงดังตารางที่ 4.21 พบว่าข้อมูลอ้างอิงจากประเทศสวีเดนทำให้การคำนวณอัตราภาษีคาร์บอนสำหรับประเทศไทยมีค่าสูงที่สุด คือ 1,549.86 บาท/tCO_2e ส่วนค่าต่ำที่สุดมาจากการ

คำนวณโดยใช้อัตราภาษีคาร์บอนของประเทศเอสโตเนียอยู่ที่ 39.86 บาท/tCO_2e เมื่อนำข้อมูลการคำนวณที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยพบว่าอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนสำหรับประเทศไทยอยู่ที่ 417.37 บาท/tCO_2e ในขณะที่งานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวกับการจัดเก็บภาษีคาร์บอนเคยมีการสมมติอัตราภาษีคาร์บอนอยู่ในช่วง 200 ถึง 3,000 บาทต่อตันคาร์บอน (นิรมล สุธรรมกิจ และ อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์, 2556) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการนำค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณเทียบกับประเทศอ้างอิง และอัตราภาษีสูงสุดที่เคยถูกนำมาใช้สมมติในการศึกษาการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทยจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณภาษีคาร์บอนสำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร ดังแสดงในตาราง 4.22 และตาราง 4.23 เมื่อนำต้นทุนการผลิตใหม่ที่มีการรวมภาษีคาร์บอนมาคำนวณกำไรขาดทุนของผลิตภัณฑ์แต่ละรสจะได้ดังตาราง 4.24

ตารางที่ 4.22 ภาษีคาร์บอน (บาท) ของผลิตภัณฑ์แต่ละรสชาติที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ

ชนิดผลิตภัณฑ์	ภาษีคาร์บอนต่อซอง (บาท) ที่แต่ละอัตราภาษี			
	39.86 บาท/tCO_2e	417.37 บาท/tCO_2e	1,549.86 บาท/tCO_2e	3,000.00 บาท/tCO_2e
นมรสจืด	0.0121	0.1265	0.4699	0.9095
นมรสหวาน	0.0520	0.5440	2.0202	3.9104
นมรสกาแฟ	0.0152	0.1588	0.5898	1.1416
นมรสโกโก้	0.0145	0.1519	0.5642	1.0921
นมรสสตรอเบอร์รี่	0.0275	0.2875	1.0675	2.0663

ตารางที่ 4.23 ต้นทุนผลิตภัณฑ์และภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ (ต่อซองผลิตภัณฑ์)

ชนิดผลิตภัณฑ์	รวมต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท)	39.86 บาท/tCO_2e		417.37 บาท/tCO_2e		1,549.86 บาท/tCO_2e		3,000.00 บาท/tCO_2e	
		รวม (บาท)	% เพิ่มขึ้น	รวม (บาท)	% เพิ่มขึ้น	รวม (บาท)	% เพิ่มขึ้น	รวม (บาท)	% เพิ่มขึ้น
นมรสจืด	4.26	4.27	0.28%	4.39	2.97%	4.73	11.03%	5.17	21.35%
นมรสหวาน	9.17	9.22	0.57%	9.72	5.93%	11.19	22.03%	13.08	42.63%
นมรสกาแฟ	4.91	4.93	0.31%	5.07	3.23%	5.51	12.00%	6.06	23.23%
นมรสโกโก้	4.59	4.60	0.32%	4.74	3.31%	5.15	12.29%	5.68	23.79%
นมรสสตรอเบอร์รี่	5.89	5.92	0.47%	6.18	4.88%	6.96	18.13%	7.95	35.09%

ตารางที่ 4.24 กำไร/ขาดทุนของผลิตภัณฑ์ต่อซอง (บาท) ที่อัตราภาษีคาร์บอนแต่ละระดับ

ชนิดผลิตภัณฑ์	ราคาขาย (บาท)	กำไร/ขาดทุนต่อซอง (บาท)				
		ไม่รวมภาษีคาร์บอน	39.86 บาท/tCO_2e	417.37 บาท/tCO_2e	1,549.86 บาท/tCO_2e	3,000.00 บาท/tCO_2e
นมรสจืด	8.00	3.74	3.73	3.61	3.27	2.83
นมรสหวาน	8.00	-1.17*	-1.22*	-1.72*	-3.19*	-5.08*
นมรสกาแฟ	8.00	3.08	3.07	2.93	2.49	1.94
นมรสโกโก้	8.00	3.41	3.40	3.26	2.85	2.32
นมรสสตรอเบอร์รี่	8.00	2.11	2.08	1.82	1.04	0.05

หมายเหตุ : * มีค่าเป็นลบเนื่องจากมีการขาดทุน

ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตรทุกรสชาติของโรงงานกรณีศึกษามีราคาขายอยู่ที่ 8 บาทต่อซอง จากตารางที่ 4.24 พบว่าผลิตภัณฑ์นมรสจืดได้กำไรสูงสุดที่ 46.75% ต่อซอง เมื่อไม่มีการนำภาษีคาร์บอนมาคำนวณ นมรสกาแฟและโกโก้มีสัดส่วนกำไรที่ใกล้เคียงกัน นมรสสตรอเบอร์รี่มีกำไรเพียง 26.40% ต่อซอง ในขณะที่นมรสหวานขาดทุน 14.65% ต่อซอง และเมื่อมีการนำภาษีคาร์บอนมาคำนวณเป็นต้นทุนผลิตภัณฑ์รวมพบว่าทุกผลิตภัณฑ์มีกำไรลดลงตามอัตราการเก็บภาษีที่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์นมรสจืด นมรสกาแฟ และนมรสโกโก้ได้กำไรเหลือคิดเป็น 40.88%, 31.18% และ 35.57% ต่อซองตามลำดับเมื่อมีอัตราการเก็บภาษีที่ 1,549.86 บาท/tCO_2e และจะได้กำไรเหลือ 35.38%, 24.28% และ 28.97% ต่อซองตามลำดับเมื่อมีอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนที่ 3,000.00 บาท/tCO_2e นมสตรอเบอร์รี่ได้กำไรต่อซองคิดเป็น 22.81% เมื่อมีอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนที่ 417.37 บาท/tCO_2e และได้กำไรเพียง 13.06% ต่อซองเมื่อมีอัตราการเก็บภาษีที่ 1,549.86 บาท/tCO_2e แต่เมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e นมรสสตรอเบอร์รี่จะเหลือกำไรเพียง 0.57% ในขณะที่นมรสหวานขาดทุนเพิ่มขึ้นเป็น 39.90% เมื่อมีอัตราการเก็บภาษีที่ 1,549.86 บาท/tCO_2e และขาดทุนเป็น 63.53% เมื่อมีอัตราการเก็บภาษีที่ 3,000.00 บาท/tCO_2e

จากการคำนวณการได้กำไรและขาดทุนของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร พบว่านมรสหวานมีการขาดทุนทั้งในกรณีที่ไม่มีการเก็บภาษีคาร์บอนและมีการเก็บภาษีคาร์บอน โดยจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บอัตราภาษีคาร์บอนที่สูงขึ้น ในการแก้ไขปัญหาการขาดทุนจากการขายผลิตภัณฑ์นมรสหวานทางโรงงานอาจพิจารณายกเลิกการผลิตนมรสหวาน เนื่องจากนมรสหวานมีปริมาณการผลิตทั้งปีพ.ศ. 2559 เพียง 27,551 ซอง คิดเป็น 0.11% ของปริมาณผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตรทั้งหมด

นอกจากวิธีการเลิกผลิตนมรสหวานแล้ว ทางโรงงานอาจพิจารณาแก้ไขปัญหาโดยการหาแนวทางการลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์นมรสหวาน ซึ่งพบว่าต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมในด้านมูลค่าวัตถุดิบที่กลายเป็นของเสียของนมรสหวานมีค่าสูงที่สุด สูงกว่านมรสอื่น ๆ ประมาณ 10 เท่า เนื่องจากในการผลิตนมแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียที่คงที่จากขั้นตอนการใช้น้ำไล่นมค้างท่อ รวมไปถึงการปรับน้ำหนักบรรจุในช่วงเริ่มต้นบรรจุ เมื่อมีการผลิตนมรสหวานต่อครั้งการผลิตที่น้อยทำให้มีอัตราการสูญเสียที่มาก และทำให้ค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์สูงตามไปด้วย อีกทั้งปริมาณการผลิตต่อครั้งที่น้อยทำให้มีการใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ไฟฟ้าและน้ำในอัตราที่สูงกว่านมรสอื่น เนื่องมาจากกิจกรรมการผลิต เช่น กิจกรรมการปรุงผสม มีการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ร่วมกับนมรสอื่น ๆ ในขณะที่นมรสอื่น ๆ มีการปรุงผสมต่อครั้งได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มาก แต่นมรสหวานมีการปรุงผสมต่อครั้งได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่น้อยเนื่องจากทางโรงงานมีการกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์นมรสหวานที่ต้องการผลิตเป็นปริมาณที่น้อยกว่านมรสอื่น ๆ ด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้ปัจจัยการ

ผลิต เช่น ไฟฟ้าและน้ำที่ใช้ในกิจกรรมการปรุงผสม เมื่อเฉลี่ยต่อซองผลิตภัณฑ์ทำให้นมรสหวานมีการใช้ปัจจัยการผลิตดังกล่าวสูงกว่านมรสอื่น ๆ

นอกจากนี้หากมีการบังคับใช้ภาษีคาร์บอนจะทำให้นมรสหวานมีการรับภาระที่มาก เนื่องจากนมรสหวานมีการใช้ปริมาณปัจจัยการผลิตที่สูงกว่านมรสอื่น ๆ และยังมีการก่อให้เกิดของเสียที่สูง ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น ทำให้เมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์พบว่านมรสหวานมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูง และเมื่อคำนวณภาษีคาร์บอนจะทำให้นมรสหวานต้องรับภาระภาษีคาร์บอนสูงกว่านมรสอื่น ๆ ส่งผลให้มีการขาดทุนมากขึ้น ดังนั้นถ้าโรงงานสามารถลดอัตราการสูญเสียรวมไปถึงลดการใช้ปัจจัยการผลิต จะทำให้โรงงานลดต้นทุนผลิตภัณฑ์รวมไปถึงลดต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้โดยการเพิ่มปริมาณการผลิตนมรสหวานให้มากขึ้นและให้มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้อัตราการสูญเสียที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งการผลิตลดน้อยลง รวมไปถึงการใช้ปัจจัยการผลิตต่อซองผลิตภัณฑ์ในบางกิจกรรมการผลิตลดลงด้วย ซึ่งเมื่อลดการสูญเสียและลดการใช้ปัจจัยการผลิตลงได้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง และเมื่อมีการบังคับใช้การเก็บภาษีคาร์บอนจะทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่ต้องรับภาระที่สูงเกินไป

สำหรับนมรสสตรอเบอร์รี่มีปริมาณการผลิตที่น้อยเป็นอันดับที่ 2 รองจากนมรสหวาน ทำให้มีต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่านมรสจืด รสกาแฟ และรสโกโก้ ด้วยสาเหตุเช่นเดียวกันกับนมรสหวาน แต่ต้นทุนไม่สูงเท่านมรสหวานเพราะอัตราการสูญเสียแต่ละครั้งการผลิตรวมถึงการใช้ปัจจัยการผลิตน้อยกว่านมรสหวาน ทั้งนี้ทางโรงงานสามารถเพิ่มความสามารถในการทำกำไรให้นมรสสตรอเบอร์รี่ได้โดยการลดการสูญเสียและลดการใช้ปัจจัยการผลิตต่อซอง ส่งผลให้ต้นทุนผลิตภัณฑ์และต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอาจทำได้โดยการวางแผนเพิ่มปริมาณการผลิตแต่ละครั้งการผลิตเช่นเดียวกับวิธีการแก้ไขปัญหาของนมรสหวาน

เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษาในการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตร พบว่าทางโรงงานมีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 7,384,716.71 บาท (ตารางที่ 4.25) ถ้าโรงงานสามารถจัดการสาเหตุหลักของการเกิดต้นทุนสิ่งแวดล้อมซึ่งก็คือของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตได้ จะทำให้โรงงานสามารถลดต้นทุนส่วนนี้และเพิ่มกำไรให้กับโรงงาน แต่เมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนทางโรงงานจะมีต้นทุนภาษี 298,751.86 บาท เมื่อเก็บที่อัตรา 39.86 บาท/tCO_2e และจะสูงถึง 22,482,601.58 บาท เมื่อเก็บที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e ซึ่งเป็นต้นทุนที่สูงมาก หมายความว่าถ้ามีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e ทางโรงงานจะมีกำไรลดลงถึง 22,482,601.58 บาท ทั้งนี้ถ้าโรงงานมีการตัดสินใจแก้ไขปัญหาทางด้านการเกิดของเสีย นอกจากจะทำให้ลดต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

แล้ว ยังช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง เมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนโดยใช้ฐานภาษีคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะทำให้ต้นทุนส่วนนี้ของโรงงานลดลงด้วย นอกจากนี้ต้นทุนภาษีคาร์บอนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ภาพรวมต้นทุนการผลิตของโรงงานสูงขึ้นซึ่งโรงงานจะได้กำไรน้อยลง ผู้บริหารอาจทำการตัดสินใจขึ้นราคาสินค้าทำให้ผู้บริโภคต้องรับภาระในการบริโภคสินค้าในราคาที่แพงขึ้น ทั้งนี้เมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนผู้ได้รับผลกระทบไม่ได้มีเพียงแค่โรงงานกรณีศึกษาเพียงโรงงานเดียว แต่จะส่งผลกับโรงงานทั่วประเทศรวมไปถึงผู้บริโภค ดังนั้นค่าใช้จ่ายส่วนนี้ควรมีการศึกษาต่อไปทางด้านการแบ่งการรับภาระทางภาษีคาร์บอนระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคที่ไม่ทำให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งรับภาระมากเกินไป และส่งผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของ GDP น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.25 ต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุง 200 มิลลิลิตร ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามชนิดต้นทุน

ชนิดผลิตภัณฑ์	ต้นทุนผลิตภัณฑ์ (บาท)	ต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท)	ต้นทุนภาษีคาร์บอนแต่ละอัตรา (บาท)			
			39.86 บาท/tCO_2e	417.37 บาท/tCO_2e	1,549.86 บาท/tCO_2e	3,000.00 บาท/tCO_2e
นมรสจืด	88,945,478.47	6,988,914.95	272,175.18	2,849,622.55	10,581,700.04	20,482,570.96
นมรสหวาน	168,761.26	83,871.21	1,431.62	14,988.80	55,658.95	107,736.79
นมรสกาแฟ	2,241,381.06	10,540.19	6,951.81	72,784.12	270,274.31	523,159.11
นมรสโกโก้	4,739,986.94	262,191.13	15,819.73	165,629.61	615,043.85	1,190,515.63
นมรสสตรอเบอร์รี่	469,683.74	39,199.22	2,373.51	24,850.25	92,278.15	178,619.10
รวม	96,565,291.47	7,384,716.71	298,751.86	3,127,875.34	11,614,955.30	22,482,601.58

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผล

จากการประเมินต้นทุนโดยใช้ระบบการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมทำให้ได้ต้นทุนนมรสจืด นมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่เท่ากับ 4.26, 9.17, 4.92, 4.59 และ 5.89 บาทต่อซองตามลำดับ เมื่อเทียบกับต้นทุนที่ใช้วิธีการคำนวณแบบดั้งเดิมพบว่าสำหรับนมรสจืดมีต้นทุนลดลง 0.02 บาทต่อซอง คิดเป็นลดลง 0.50% ต่อซอง นมรสหวานมีต้นทุนเพิ่มขึ้น 3.20 บาทต่อซอง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 53.57% ต่อซอง นมรสกาแฟมีต้นทุนเพิ่มขึ้น 0.26 บาทต่อซอง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 5.51% ต่อซอง นมรสโกโก้มีต้นทุนเพิ่มขึ้น 0.14 บาทต่อซอง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 3.22% ต่อซอง และนมรสสตรอเบอร์รี่มีต้นทุนเพิ่มขึ้น 1.34 บาทต่อซอง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 29.46% ต่อซอง

ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายการจัดการขยะและรายได้จากการขายขยะฟิล์ม ซึ่งเมื่อคำนวณด้วยวิธีการคิดต้นทุนฐานกิจกรรมพบว่าต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมส่งผลให้ต้นทุนการผลิตนมรสจืด นมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่ลดลง 0.0022%, 0.0221%, 0.0224%, 0.0212% และ 0.0135% ต่อซองตามลำดับ แต่เมื่อนำมูลค่าของของเสียและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มาคำนวณรวมเป็นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมจะแสดงให้เห็นว่านมรสจืด นมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่มีต้นทุนสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.31, 3.04, 0.02, 0.24 และ 0.45 บาทต่อซองตามลำดับ ซึ่งการคำนวณโดยนำมูลค่าของเสียและค่าใช้จ่ายการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มารวมอยู่ในต้นทุนสิ่งแวดล้อมจะทำให้ทราบค่าใช้จ่ายที่เสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์เพื่อให้ทางโรงงานใช้เป็นข้อมูลในการจัดการได้

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ได้ถูกประเมินโดยใช้การประเมินแบบ Cradle-to-gate พบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมรสจืด นมรสหวาน นมรสกาแฟ นมรสโกโก้ และนมรสสตรอเบอร์รี่มีค่าเท่ากับ 0.3032, 1.3035, 0.3805, 0.3640 และ 0.6888 $kgCO_2e$ ต่อซองตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการคำนวณภาษีคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ที่อัตราการเก็บภาษีคาร์บอน 4 อัตราคือ 39.86, 417.37, 1,549.86 และ 3,000.00 บาท/tCO_2e พบว่าที่อัตราการเก็บภาษีที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีกำไรลดลงทุกรสชาติ โดยที่ผลิตภัณฑ์นมรสหวานขาดทุนอยู่ที่ 14.65% ต่อซองในกรณีที่ไม่มีการเก็บภาษีคาร์บอน และการขาดทุนเพิ่มเป็น 63.53% ต่อซองในกรณีที่มีการเก็บภาษีคาร์บอนในอัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e สำหรับนมรสสตรอเบอร์รี่จะได้กำไร 26.40% ต่อซองเมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 39.86 บาท/tCO_2e และจะเหลือ 0.57% ต่อซองเมื่อมีการเก็บภาษี

คาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e ในขณะที่นมรสจืด นมรสกาแฟ และนมรสโกโก้ ได้กำไรประมาณ 24.28% ถึง 35.38% เมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e

โครงสร้างต้นทุนแบบใหม่ของทางโรงงานในการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์บรรจุถุงขนาด 200 มิลลิลิตรโดยรวมประกอบไปด้วยต้นทุนผลิตภัณฑ์ 96,565,291.47 บาท ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม 7,384,716.71 บาท และต้นทุนภาษีคาร์บอน 298,751.86 บาทเมื่อเก็บภาษีที่อัตรา 39.86 บาท/tCO_2e และจะสูงถึง 22,482,601.58 บาทเมื่อมีการเก็บภาษีคาร์บอนที่อัตรา 3,000.00 บาท/tCO_2e ภาษีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาจะส่งผลให้ทางโรงงานรับภาระค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้โรงงานสามารถลดต้นทุนต่าง ๆ ได้โดยลดของเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมลดลง รวมไปถึงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ทรัพยากรลดลง ทำให้ต้นทุนทางด้านภาษีคาร์บอนลดลงตามไปด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลิตภัณฑ์นมรสหวานเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการขาดทุนทั้งในกรณีที่ไม่มีการเก็บภาษีคาร์บอนและกรณีที่มีการเก็บภาษีคาร์บอน ในการแก้ไขปัญหาการขาดทุนจากการขายผลิตภัณฑ์นมรสหวานทางโรงงานควรพิจารณาการเลิกผลิตนมรสหวาน

2. ทางโรงงานควรพิจารณาแก้ไขปัญหาการเกิดการสูญเสียระหว่างการผลิต โดยเฉพาะในนมรสหวานและนมรสสตรอเบอร์รี่ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดการขาดทุนและได้กำไรน้อยตามลำดับ ซึ่งจะเกิดการขาดทุนมากขึ้นหรือได้กำไรน้อยลงมากขึ้นเมื่อมีการเก็บอัตราภาษีคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้การสูญเสียดังกล่าวนอกจากเป็นต้นทุนที่สูญเสียไปแล้วยังก่อให้เกิดมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมด้วย ในการแก้ไขปัญหาทางโรงงานควรพิจารณาการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อครั้งให้มากขึ้น เพื่อลดอัตราการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นต่อครั้งการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อซองลดลง และการเกิดมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมลดลงด้วย

3. ควรมีการศึกษาต่อในเรื่องการรับภาระต้นทุนภาษีคาร์บอน เนื่องจากถ้ามีการบังคับใช้ภาษีคาร์บอน ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคจะได้รับผลกระทบ เพราะ ผู้ผลิตจะมีต้นทุนที่สูงขึ้นและผู้บริโภคอาจต้องซื้อสินค้าที่แพงขึ้น ดังนั้นค่าใช้จ่ายส่วนนี้ควรมีการแบ่งรับภาระระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคที่เหมาะสมโดยที่ไม่ทำให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งรับภาระมากเกินไป รวมไปถึงการศึกษาการเก็บภาษีคาร์บอนในอัตราภาษีที่ส่งผลในทางลบต่อการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศน้อยที่สุด

รายการอ้างอิง

กรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง, สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2559. โครงการศึกษาการจัดเก็บภาษีบนฐานของฉลาก Carbon Footprint. การประชุมเผยแพร่ผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง.

ไกรศร วงศ์โสภิต. 2553. การศึกษาสัดส่วนการแบกรับภาษีระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของไทยกรณีมาตรการภาษีคาร์บอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 147 หน้า.

ชัชวาล วิจารณ์. 2551. การเปรียบเทียบต้นทุนทางบัญชีกับต้นทุนตามกิจกรรมของสายการผลิตลำโพง กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 131 หน้า.

ณัฐชฎาพร มหาศรานนท์. 2557. การใช้เทคโนโลยีสะอาดและการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 122 หน้า.

ณัฐวุฒิ ทันหิกรณ์. 2555. การจัดการพลังงานและประเมินรอยเท้าคาร์บอนในโรงงานแช่เยือกแข็งกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 98 หน้า.

ดุษฎี บุญธรรม. 2556. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแท่งชิ้นงานในอุตสาหกรรมโดยใช้ระบบต้นทุนกิจกรรม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 36(2): 203-213.

ทินกร ปิติกุล. 2551. การวิเคราะห์ต้นทุนตามกิจกรรมสำหรับการจัดการงานซ่อมบำรุงของระบบทำความเย็นในโรงงานตัวอย่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 85 หน้า.

นิรมล สุธรรมกิจ, อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์. 2556. ภาษีคาร์บอน เครื่องมือลดโลกร้อน. สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา. 252 หน้า.

พรนภา สามงามยา. 2554. การประเมินต้นทุนภายนอกจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเอทานอล จากวัตถุดิบมันสำปะหลังและกากน้ำตาลในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 72 หน้า.

พรพมล ปัทมานนท์. 2554. ปริมาณการสูญเสีย การใช้ทรัพยากร และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ ณ ศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 100 หน้า.

วรรคสุรินทร์ ลิ้มควรสุวรรณ. 2551. เทคโนโลยีสะอาดเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมของหน่วยงานเตรียมอาหารในโรงพยาบาลโดยวิธีวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านสิ่งแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 131 หน้า.

ศักดา อยู่คง. 2556. การประเมินศักยภาพเพื่อการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมะละกอแช่อิ่มอบแห้งโดยเกณฑ์การจัดการพลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 108 หน้า.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2559. เข้าถึงได้จาก http://www.cms2green.com/lowsugar/download/traningdoc/8cfp_guideline_th_edition4.pdf .

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2559. ค่า Emission factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม. เข้าถึงเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2559. เข้าถึงได้จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf.

Abdul Majid, J., Sulaiman, M. 2008. Implementation of activity based costing in Malaysia. Asian Review of Accounting. 16(1): 39-55.

Albayrak, T., Caber, M., Kostakis, H., Boskou, G., Palisidis, G. 2011. Modelling activity-based costing in restaurants. Journal of Modelling in Management. 6(3): 243-257.

Aydiner, C., Sen, U., Koseoglu-Imer, D. Y., Can Dogan, E. 2016. Hierarchical prioritization of innovative treatment systems for sustainable dairy wastewater management. Journal of Cleaner Production. 112, Part 5: 4605-4617.

Bachus, K. 2016. How to tell green from grey? Towards a methodological framework for evaluating the greening of national tax systems. Ecological Indicators. 71: 229-238.

Baker, J. J. 1998. Activity-Based Costing and Activity-Based Management for Health Care: An Aspen Publication. 255 p.

Casani, S., Rouhany, M., Knøchel, S. 2005. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. Water Research. 39(6): 1134-1146.

Central Intelligence Agency. 2017. The World Factbook. Accessed July 4, 2017. Available from https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2004rank.html.

Chan, S. Y., Suk-Yee Lee, D. 2003. An empirical investigation of symptoms of obsolete costing systems and overhead cost structure. Managerial Auditing Journal. 18(2): 81-89.

Chen, Z.-y., Nie, P.-y. 2016. Effects of carbon tax on social welfare: A case study of China. Applied Energy. 183: 1607-1615.

Chiu, F.-P., Kuo, H.-I., Chen, C.-C., Hsu, C.-S. 2015. The energy price equivalence of carbon taxes and emissions trading—Theory and evidence. Applied Energy. 160: 164-171.

Dissou, Y., Karnizova, L. 2016. Emissions cap or emissions tax? A multi-sector business cycle analysis. Journal of Environmental Economics and Management. 79: 169-188.

FAO. 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment.

FAO. 2013. Food wastage footprint Impacts on natural resources: Summary Report.

Gale, R. 2006. Environmental costs at a Canadian paper mill: a case study of Environmental Management Accounting (EMA). Journal of Cleaner Production. 14(14): 1237-1251.

García Benavente, J. M. 2016. Impact of a carbon tax on the Chilean economy: A computable general equilibrium analysis. Energy Economics. 57: 106-127.

Garnett, T. 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? Food Policy. 36, Supplement 1: S23-S32.

Gunasekaran, A., Marri, H. B., Yusuf, Y. Y. 1999. Application of activity-based costing: some case experiences. Managerial Auditing Journal. 14(6): 286-293.

Gupta, M. 2016. Willingness to pay for carbon tax: A study of Indian road passenger transport. Transport Policy. 45: 46-54.

Hazilla, M., Kopp, R. J. 1990. Social Cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis. Journal of Political Economy. 98(4): 853-873.

Helberg, C., Galletly, J. E., Bicheno, J. R. 1994. Simulating Activity-based Costing. Industrial Management & Data Systems. 94(9): 3-8.

IPCC. 2006. Waste water treatment and discharge. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

IPCC. 2007. Mitigation of climate change.

Jackson, L. A., Singh, D. 2015. Environmental rankings and financial performance: An analysis of firms in the US food and beverage supply chain. Tourism Management Perspectives. 14: 25-33.

Kimuda, D. M. 2008. A Textbook of Financial Accounting. Westlands: East African Educational Publishers Ltd. 429 p.

Kumaran, D. S., Ong, S. K., Reginald, B. H. T., Nee, A. Y. C. 2001. Environmental life cycle cost analysis of products. Environmental Management and Health. 12(3): 260-276.

Kuo, T. C., Hong, I. H., Lin, S. C. 2016. Do carbon taxes work? Analysis of government policies and enterprise strategies in equilibrium. Journal of Cleaner Production. 139: 337-346.

Lewis, R. J. 1995. Activity-Based Models for Cost Management Systems: An imprint of Greenwood Publishing Group, Inc. 287 p.

Lin, B., Lei, X. 2015. Carbon emissions reduction in China's food industry. Energy Policy. 86: 483-492.

Liu, L.-C., Wu, G. 2017. The effects of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emission taxes: An empirical study in China. Journal of Cleaner Production. 142, Part 2: 1044-1054.

Nutter, D. W., Kim, D.-S., Ulrich, R., Thoma, G. 2013. Greenhouse gas emission analysis for USA fluid milk processing plants: Processing, packaging, and distribution. International Dairy Journal. 31, Supplement 1: S57-S64.

Orji, I., Wei, S. 2016. A detailed calculation model for costing of green manufacturing. Industrial Management & Data Systems. 116(1): 65-86.

Petcharat, N. N., Mula, J. M. 2012. Towards a conceptual design for environmental and social cost identification and measurement system. Journal of Financial Reporting and Accounting. 10(1): 34-54.

Pierce, B., Brown, R. 2006. Perceived success of costing systems: Activity-based and traditional systems compared. Journal of Applied Accounting Research. 8(1): 108-161.

Sartorius, K., Eitzen, C., Kamala, P. 2007. The design and implementation of Activity Based Costing (ABC): a South African survey. Meditari Accountancy Research. 15(2): 1-21.

Siriwardana, M., Meng, S., McNeill, J. 2011. The Impact of a Carbon Tax on the Australian Economy: Results from a CGE Model. Business, Economics and Public Policy Working Papers. 2.

Steen, B. 2005. Environmental costs and benefits in life cycle costing. Management of Environmental Quality: An International Journal. 16(2): 107-118.

Trussel, J. M., Bitner, L. N. 1998. Strategic cost management: an activity-based management approach. Management Decision. 36(7): 441-447.

Tsai, W.-H., Chen, H.-C., Leu, J.-D., Chang, Y.-C., Lin, T. W. 2013. A product-mix decision model using green manufacturing technologies under activity-based costing. Journal of Cleaner Production. 57: 178-187.

Tsai, W.-H., Shen, Y.-S., Lee, P.-L., Chen, H.-C., Kuo, L., Huang, C.-C. 2012. Integrating information about the cost of carbon through activity-based costing. Journal of Cleaner Production. 36: 102-111.

Tsai, W.-H., Yang, C.-H., Chang, J.-C., Lee, H.-L. 2014. An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects. European Journal of Operational Research. 238(2): 607-619.

Vera, S., Sauma, E. 2015. Does a carbon tax make sense in countries with still a high potential for energy efficiency? Comparison between the reducing-emissions effects of carbon tax and energy efficiency measures in the Chilean case. Energy. 88: 478-488.

von Beck, U., Nowak, J. W. The merger of discrete event simulation with activity based costing for cost estimation in manufacturing environments; 2000. p 2048-2054 vol.2042.

Wissema, W., Dellink, R. 2007. AGE analysis of the impact of a carbon energy tax on the Irish economy. Ecological Economics. 61(4): 671-683.

World Bank Group. 2016. State and Trends of Carbon Pricing. Accessed December 7, 2016. Available from https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25160/9781464810015.pdf?sequence=6&isAllowed=y.

Yan Jun Liu, L., Pan, F. 2011. Activity based costing in China: a case study of Xu Ji Electric Co. Ltd. Research executive summary series. 7(13).

Yang, C.-H., Lee, K.-C., Chen, H.-C. 2016. Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions. Journal of Cleaner Production. 133: 1154-1166.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลตัวผลักดันทรัพยากรและตัวผลักดันกิจกรรมของแต่ละผลิตภัณฑ์

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดปริมาณตัวผลักดันทรัพยากร **(%)**

รายการต้นทุน	ตัวผลักดันทรัพยากร	รับบนมดิบ	ปรุงแต่ง	พาสเจอร์ไรส์	บรรจุ	จัดเก็บ
ค่าน้ำยาเคมี	ประมาณการจากการผลิต	56.98	4.11	26.57	12.34	0.00
ค่าวัสดุอุปกรณ์	พื้นที่	8.39	14.76	16.58	28.12	32.14
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	ประมาณการจากการผลิต	29.90	6.78	42.99	20.33	0.00
ค่าไฟ	จำนวนชั่วโมงการผลิต	4.77	3.72	15.14	19.09	57.28
ค่าน้ำ	ประมาณการจากการผลิต	51.23	10.76	10.61	27.41	0.00
ค่าซ่อมแซมทรัพย์สิน	จำนวนครั้งการซ่อมแซม	16.34	1.54	9.77	14.97	57.38
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์	ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร	1.88	2.19	5.95	44.99	44.99
ค่าเสื่อมราคาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่	20.31	48.60	6.71	11.38	13.00

ตารางที่ ก.2 รายละเอียดจำนวนตัวผลักดันกิจกรรมและต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดันกิจกรรม

กิจกรรม	ตัวผลักดันกิจกรรม	จำนวนตัวผลักดันกิจกรรม	ต้นทุนกิจกรรม (บาท)	ต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดัน (บาท)
รับนมดิบ	จำนวนครั้งการรับ	380.00	865,604.76	2,277.91
ปรุงผสม	จำนวนครั้งการปรุงผสม	359.00	503,696.47	1,403.05
พาสเจอร์ไรส์	ปริมาณวัตถุดิบ	5,211,730.03	1,091,091.27	0.21
บรรจุและปิดผนึก	ปริมาณผลิตภัณฑ์	24,182,911	1,266,922.65	0.05
จัดเก็บ	ปริมาณผลิตภัณฑ์	24,182,911	2,034,996.95	0.08

ตารางที่ ก.3 รายละเอียดการแจกแจงตัวผลักดันกิจกรรมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
รับนมดิบ	350.11	0.96	8.04	19.07	1.82
ปรุงผสม	-	62.00	90.00	124.00	83.00
พาสเจอร์ไรส์	4,853,713.28	8,506.62	94,232.58	235,996.52	19,281.03
บรรจุและปิดผนึก	22,520,596	27,551	458,249	1,090,070	86,445
จัดเก็บ	22,520,596	27,551	458,249	1,090,070	86,445

ตารางที่ ก.4 รายละเอียดจำนวนตัวผลักดันกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมและต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดันกิจกรรม

กิจกรรม	ตัวผลักดันกิจกรรม	จำนวนตัวผลักดันกิจกรรม	ต้นทุนกิจกรรม (บาท)	ต้นทุนกิจกรรมต่อหน่วยตัวผลักดัน (บาท)
การขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์	ประมาณการจากการผลิต	1,480.74	- 7,403.72	- 5
การจัดการขยะอื่น ๆ	ประมาณการการเกิดขยะ	6,139	3,600.00	0.59

ตารางที่ ก.5 รายละเอียดการแจกแจงตัวผลักดันกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
การขายขยะฟิล์มบรรจุภัณฑ์	1,015.19	13.51	140.04	286.56	25.44
การจัดการขยะอื่น ๆ	5,054	20	334	631	100

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ข.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการใช้ทรัพยากร

ตารางที่ ข.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ส่วนประกอบ	สัดส่วน (%)
สารปรุงแต่งสี	น้ำ	93%
	ปองโซ 4 อาร์	6%
	กรดซิตริก	1%
สารปรุงแต่งกลิ่น	โปรปิลีนไกลคอล	70%
	วัตถุแต่งกลิ่นเลียนธรรมชาติ	30%

ตารางที่ ข.2 ค่า Emission factor ของทรัพยากรต่าง ๆ

ทรัพยากร	Emission factor	หน่วย	แหล่งอ้างอิง
สารเคมีให้สี	2.7352	$kgCO_2e$ / 1 USD	SimaPro 7.3
กรดซิตริก	7.0423	$kgCO_2e$ / kg	SimaPro 8.3
โปรปิลีนไกลคอล	4.0611	$kgCO_2e$ / kg	SimaPro 7.3
ไซรัปแต่งกลิ่นเข้มข้น	0.3790	$kgCO_2e$ / 1 USD	SimaPro 7.3

วัตถุดิบสารปรุงแต่งสี และสารปรุงแต่งกลิ่น จะต้องมีการคำนวณค่า Emission factor ก่อนนำมาใช้คำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไม่ได้อยู่ในรูปที่สามารถนำมาใช้คำนวณได้ทันที เนื่องจากค่า Emission factor ของส่วนประกอบนั้นมีหน่วยที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ ดังนั้นในการคิดคำนวณเทียบเพื่อให้ได้เป็นต่อหน่วยกิโลกรัมวัตถุดิบจึงมีการคำนวณเทียบกับราคาวัตถุดิบโดยใช้อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินในปี พ.ศ. 2545 (ปี ค.ศ. 2002) คือ 43 บาท ต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นปีที่มีการเก็บข้อมูลการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมของวัตถุดิบ และ ปี พ.ศ.2559 คือ 35 บาท ต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นปีที่มีข้อมูลราคาวัตถุดิบ โดยจะเลือกค่า Emission factor ที่คำนวณแล้วพบว่ามีค่าสูงกว่า นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างการคำนวณค่า Emission factor ของสารปรุงแต่งสี จะนำค่า Emission factor ของสารเคมีให้สีมาคำนวณ

กรณีคิดอัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินที่ 43 บาท ต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ

$$\text{ดังนั้นสารมูลค่า 1 บาท ปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ} = \frac{2.7352}{43} \quad \text{kgCO}_2\text{e}$$

$$= 0.0636 \quad \text{kgCO}_2\text{e}$$

จากวัตถุดิบสารปรุงแต่งสี 1 L ราคา 146.916 บาท ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{สารปริมาณ 1 L ปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ} = \frac{146.916}{1} \times 0.0636 \ \text{kgCO}_2\text{e}$$

$$= 9.3452 \ \text{kgCO}_2\text{e}$$

กรณีคิดอัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินที่ 35 บาท ต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ

$$\text{ดังนั้นสารมูลค่า 1 บาท ปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ} = \frac{2.7352}{35} \quad \text{kgCO}_2\text{e}$$

$$= 0.0781 \quad \text{kgCO}_2\text{e}$$

จากวัตถุดิบสารปรุงแต่งสี 1 L ราคา 146.916 บาท ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{สารปริมาณ 1 L ปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ} = \frac{146.916}{1} \times 0.0781 \ \text{kgCO}_2\text{e}$$

$$= 11.4815 \ \text{kgCO}_2\text{e}$$

จากการคำนวณค่า Emission factor ต่อ 1 ลิตรของสารปรุงแต่งสีพบว่าการใช้อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินที่ 35 บาท ต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐจะทำให้ได้ค่า Emission factor ที่สูงกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้การคำนวณโดยอ้างอิงอัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงิน ปี 2559 ในการคำนวณวัตถุดิบอื่น ๆ เช่นกัน เพราะผลลัพธ์การคำนวณจากการใช้อัตราแลกเปลี่ยนด้วยจำนวนเงินบาทที่ต่ำกว่าจะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณนั้นสูงกว่า

สำหรับวัตถุดิบสารปรุงแต่งสีมีส่วนประกอบคือ สารเคมีให้สี กรดซิตริก และน้ำ ซึ่งมีอัตราส่วนที่ต่างกัน แต่เนื่องจากราคาที่นำมาใช้คำนวณเทียบหาค่า Emission factor เป็นราคาของวัตถุดิบสารปรุงแต่งสีสำเร็จรูป ดังนั้นจึงไม่สามารถคำนวณเทียบเป็นอัตราส่วนกับสารเคมีให้สีได้ ดังนั้นการเลือกใช้ค่า Emission factor จึงเลือกจากค่าที่สูงที่สุดต่อ 1 หน่วยวัตถุดิบมาใช้เป็นค่า Emission factor โดยเลือก 11.4815 $\text{kgCO}_2\text{e/L}$ สำหรับสารปรุงแต่งสี และ 4.0611 $\text{kgCO}_2\text{e/L}$ จากโปรปิลีนไกลคอลสำหรับสารปรุงแต่งกลิ่น ซึ่งใช้วิธีการคำนวณเดียวกันกับสารปรุงแต่งสี

ข.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการขนส่ง

ตารางที่ ข.3 ค่า Emission factor ของพาหนะที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบ

ชนิดรถ	Emission factor ($kgCO_2e$)	หน่วย
รถกระบะ 4 ล้อ บรรทุกสูงสุด 7 ตัน 0% Loading	0.3111	km
รถกระบะ 4 ล้อ บรรทุกสูงสุด 7 ตัน 100% Loading	0.1402	tkm
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 0% Loading	0.4246	km
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 50% Loading	0.1240	tkm
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 75% Loading	0.0870	tkm
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 100% Loading	0.0674	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 0% Loading	0.4043	km
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 50% Loading	0.1191	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 75% Loading	0.0838	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน 100% Loading	0.0649	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน 0% Loading	0.4346	km
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน 50% Loading	0.1015	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน 75% Loading	0.0712	tkm
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ บรรทุกสูงสุด 11 ตัน 100% Loading	0.0543	tkm
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด 16 ตัน 0% Loading	0.5711	km
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด 16 ตัน 50% Loading	0.0847	tkm
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด 16 ตัน 75% Loading	0.0586	tkm
รถตู้บรรทุก 10 ล้อ บรรทุกสูงสุด 16 ตัน 100% Loading	0.0451	tkm

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2560)

จากข้อมูลการขนส่งนมดิบจากศูนย์รับนมดิบมายังโรงงานมีระยะทางเท่ากันที่ 24.1 กิโลเมตร โดยที่มีการวิ่งรถจากโรงงานไปยังศูนย์รับนมดิบเป็นรถเปล่า และมีการบรรทุกนมดิบกลับมายังโรงงาน ซึ่งในแต่ละครั้งการขนส่งมีทั้งรถขนาด 6 ล้อ และ 10 ล้อ และแต่ละครั้งจะมี

สัดส่วนการบรรทุกต่างกัน ตัวอย่างการคำนวณการขนส่งสำหรับการขนส่งนมดิบจำนวน 15,255 กิโลกรัม โดยใช้รถบรรทุกขนาด 10 ล้อ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (2)

ตัวอย่างการคำนวณการวิ่งรถเปล่าไปรับนมดิบ

$$CF_{ij} = D_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij}$$
$$= 24.1 \times {}^{1}/_{15,255} \times 15,255 \times 0.5711 \quad \text{kgCO}_2\text{e}$$
$$= 13.7635 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

ตัวอย่างการคำนวณการขนส่งนมดิบมายังโรงงาน

$$CF_{ij} = D_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij}$$
$$= 24.1 \times {}^{15,255}/_{1,000} \times 0.0451 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 16.5808 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

ตัวอย่างการคำนวณผลรวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งนมดิบ 1 รอบ

$$CF_{ij} = 13.1226 + 16.5808 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 30.3443 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ ข.4 ปริมาณการขนส่งนมดิบ (kg) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) ในกิจกรรมการขนส่งจากศูนย์รวบรวมนมดิบมายังโรงงาน ปี พ.ศ. 2559

เดือน	ปริมาณนมดิบ (kg)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$)
ม.ค.	691,973	1,565.47
ก.พ.	628,825	1,375.80
มี.ค.	433,580	1,098.05
เม.ย.	283,870	698.23
พ.ค.	551,035	1,218.62
มิ.ย.	665,240	1,459.18
ก.ค.	659,285	1,522.01
ส.ค.	616,620	1,438.08
ก.ย.	445,745	1,061.39
ต.ค.	298,675	874.80
พ.ย.	493,675	1,234.04
ธ.ค.	551,040	1,261.86
รวม	6,319,563	14,807.53

เมื่อนำปริมาณนมดิบทั้งหมดหารด้วยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะได้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งนมดิบเท่ากับ 0.0023 $kgCO_2e$ ต่อกิโลกรัมนมดิบ

สำหรับการขนส่งนมดิบจากฟาร์มเกษตรกรมายังศูนย์รวบรวมนมดิบ เนื่องจากมีจำนวนฟาร์มเกษตรกรประมาณ 265 แห่ง ดังนั้นการคำนวณระยะทางจะใช้ระยะทางการขนส่งจากฟาร์มที่ไกลจากศูนย์รวบรวมนมดิบมากที่สุดซึ่งคือระยะทาง 36.1 กิโลเมตร โดยการขนส่งนมมีการใช้รถกระบะ 4 ล้อในการขนส่ง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการขนส่งนมดิบจากฟาร์มเกษตรกรมาที่ศูนย์รวบรวมนมดิบของนมรสจืด

คำนวณการขนส่งนมดิบจากฟาร์มมาที่ศูนย์รวบรวมนมดิบ

$$CF_{ij} = D_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij}$$
$$= 36.1 \times {}^{0.2155}/_{1,000} \times 0.1402 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.00109 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

คำนวณการวิ่งรถเปล่าเที่ยวกลับ

$$CF_{ij} = D_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij}$$
$$= 36.1 \times {}^{1}/_{7} \times {}^{0.2155}/_{1,000} \times 0.3111 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.00034 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

คำนวณผลรวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งนมดิบจากฟาร์มเกษตรกรมาที่ศูนย์รวบรวมนมดิบของนมรสจืด

$$CF_{ij} = 0.00109 + 0.00034 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0014 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ ข.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) ในกิจกรรมขนส่งนมดิบต่อซองผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณนมดิบต่อซอง (kg)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($kgCO_2e$)		
		จากฟาร์มเกษตรกรมายังศูนย์รวบรวมนม	จากศูนย์รวบรวมนมมายังโรงงาน	รวม
นมรสจืด	0.2155	0.0014	0.0005	0.0019
นมรสหวาน	0.2861	0.0019	0.0007	0.0026
นมรสกาแฟ	0.1886	0.0013	0.0004	0.0017
นมรสโกโก้	0.1990	0.0013	0.0005	0.0018
นมรสสตรอ-เบอร์รี่	0.1992	0.0013	0.0005	0.0018

ตารางที่ ข.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) จากกิจกรรมการขนส่งวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	พาหนะ	ระยะทาง (km)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$/kg วัตถุดิบ)
น้ำตาล	รถบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก	26	0.0031
ผงกาแฟ	รถกระบะ 4 ล้อ	132	0.0244
ผงโกโก้	รถกระบะ 4 ล้อ	75	0.0138
สารปรุงแต่งกลิ่น	รถกระบะ 4 ล้อ	86	3.69×10^{-6}
สารปรุงแต่งสี	รถกระบะ 4 ล้อ	20	1.59×10^{-5}
บรรจุภัณฑ์	รถกระบะ 4 ล้อ	28	0.0052
กรด	รถกระบะ 4 ล้อ	71	0.0131
ด่าง	รถกระบะ 4 ล้อ	71	0.0131
น้ำมันเตา	รถบรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	74.5	0.0070

ตารางที่ ข.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$) จากการขนส่งวัตถุดิบต่อซองผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	น้ำตาล	กลิ่น	สี	ผงกาแฟ	ผงโกโก้	ฟิล์ม	กรด	ด่าง	น้ำมันเตา	รวม
นมรสจืด	-	-	-	-	-	1.59×10^{-5}	1.10×10^{-6}	2.52×10^{-6}	1.22×10^{-5}	3.17×10^{-5}
นมรสหวาน	6.92×10^{-5}	-	-	-	-	1.82×10^{-5}	1.65×10^{-5}	3.34×10^{-6}	8.96×10^{-5}	1.97×10^{-4}
นมรสกาแฟ	4.81×10^{-5}	-	-	2.98×10^{-5}	-	1.72×10^{-5}	2.43×10^{-6}	2.20×10^{-6}	1.77×10^{-5}	1.17×10^{-4}
นมรสโกโก้	5.05×10^{-5}	-	-	-	1.30×10^{-5}	2.09×10^{-5}	1.91×10^{-6}	2.32×10^{-6}	1.55×10^{-5}	1.04×10^{-4}
นมรสสตรอเบอร์รี่	7.18×10^{-5}	3.04×10^{-6}	6.35×10^{-7}	-	-	1.72×10^{-5}	7.53×10^{-6}	2.33×10^{-6}	4.31×10^{-5}	1.46×10^{-4}

ข.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิง

สำหรับการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้น้ำมันเตาในขั้นตอนการผลิตไอน้ำเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์และกระบวนการทำ CIP มีการใช้ค่า Emission factor เท่ากับ 3.0883 $kgCO_2e$ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559) ซึ่งปริมาณการใช้น้ำมันเตาต่อซองอยู่ที่ 0.0019, 0.0137, 0.0027, 0.0024 และ 0.0066 ลิตร สำหรับนมรสจืด รสหวาน รสกาแฟ รสโกโก้ และรสสตรอเบอร์รี่ตามลำดับ การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (4)

คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเผาไหม้น้ำมันเตา

นมรสจืด ;

$$CF_f = Q_f \times EF_f$$
$$= 0.0019 \times 3.0883 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0057 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสหวาน ;

$$CF_f = Q_f \times EF_f$$
$$= 0.0137 \times 3.0883 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0423 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสกาแฟ ;

$$CF_f = Q_f \times EF_f$$
$$= 0.0027 \times 3.0883 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0083 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสโกโก้ ;

$$CF_f = Q_f \times EF_f$$
$$= 0.0024 \times 3.0883 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0073 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสสตรอเบอร์รี่ ;

$$CF_f = Q_f \times EF_f$$
$$= 0.0066 \times 3.0883 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0203 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

ข.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ ข.8 ปริมาณน้ำที่ใช้และของเสียต่อซองผลิตภัณฑ์

แหล่งกำเนิด	นมรสจืด	นมรสหวาน	นมรสกาแฟ	นมรสโกโก้	นมรสสตรอ-เบอร์รี่
ปริมาณน้ำ (L)	0.6958	14.0110	1.8593	1.3925	6.2952
ปริมาณของเสีย (L)	0.0167	0.1043	0.0001	0.0112	0.0172
รวมน้ำเสีย (L)	0.7124	14.1153	1.8594	1.4037	6.3124

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียมีการคำนวณตามสมการที่ (3) โดยค่า COD มีค่าเท่ากับ 2.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่า Emission factor คือ 20 $kgCO_2e$ ต่อ กิโลกรัม COD (IPCC, 2006)

คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดน้ำเสีย

นมรสจืด ;

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w$$
$$= {}^{0.7124}/_{1,000} \times 2.7 \times 20 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0385 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสหวาน ;

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w$$
$$= {}^{14.1153}/_{1,000} \times 2.7 \times 20 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.7622 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสกาแฟ ;

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w$$
$$= {}^{1.8594}/_{1,000} \times 2.7 \times 20 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.1004 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสโกโก้ ;

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w$$
$$= {}^{1.4037}/_{1,000} \times 2.7 \times 20 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.0758 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

นมรสสตรอเบอร์รี่ ;

$$CF_w = Q_w \times COD_w \times EF_w$$
$$= {}^{6.3124}/_{1,000} \times 2.7 \times 20 \text{ kgCO}_2\text{e}$$
$$= 0.3409 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ค

การประเมินอัตราการเก็บภาษีคาร์บอน

การประเมินอัตราการเก็บภาษีคาร์บอนสามารถคำนวณได้โดยเทียบอัตราส่วนระหว่างรายได้ต่อหัวของประเทศไทยต่อรายได้ต่อหัวของประเทศอ้างอิง และนำมาคูณด้วยอัตราภาษีคาร์บอนของประเทศอ้างอิง ตัวอย่างการประเมินอัตราภาษีคาร์บอนโดยใช้ประเทศอ้างอิงคือสวีเดน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (6) ข้อมูลอัตราภาษีคาร์บอนและข้อมูลรายได้ต่อหัวแสดงในตารางที่ 4.21 ส่วนข้อมูลรายได้ต่อหัวของประเทศไทยประจำปี 2016 อยู่ที่ 16,800 US$ (Central intelligence agency, 2017)

$$\frac{Carbon\ tax\ rate_{Thailand}}{Carbon\ tax\ rate_{Ref}} = \frac{GDP\ per\ capita_{Thailand}}{GDP\ per\ capita_{Ref}}$$

$$\frac{Carbon\ tax\ rate_{Thailand}}{131} = \frac{16{,}800}{49{,}700}$$

$$Carbon\ tax\ rate_{Thailand} = \frac{16{,}800}{49{,}700} \times 131 \text{ US\$/tCO}_2\text{e}$$

$$= 44.28 \text{ US\$/tCO}_2\text{e}$$

ในกรณีที่ประเทศอ้างอิงคือประเทศสวีเดนจะสามารถคำนวณภาษีคาร์บอนสำหรับประเทศไทยได้ที่อัตรา 44.28 US$/$tCO_2e$ การคำนวณกลับมาเป็นหน่วย บาท/tCO_2e สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 1 US$ เท่ากับ 35 บาท ทำให้ได้อัตราการเก็บภาษีคาร์บอนที่ 1,549.86 บาท/tCO_2e

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสมัชชา กรุงแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	10 ตุลาคม 2530
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนอัสสัมชัญธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
	พ.ศ. 2553 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
	พ.ศ. 2557 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม
ที่อยู่ปัจจุบัน	9 ซอยเพชรเกษม 68 แยก 38 แขวงบางแคเหนือ เขตบางแค จังหวัดกรุงเทพมหานคร

มหาวิทยาลัยศิลปากร