รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานอาหาร กรณีศึกษาบริษัท บี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

Energy Analysis for Food Industry A Case study at B. Foods Product International Company Limited

นาวสาวนันทวัน วิวัฒนวิโรจน์

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148485

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานอาหาร

กรณีศึกษาบริษัท บี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

Energy Analysis for Food Industry

A Case study at B. Foods Product International Company Limited

นาวสาวนันทวัน วิวัฒนวิโรจน์

ส/ว.
ว425ก
2559
สขหมู่
เลขทะเบียน 148485
วัน.เดือน.ปี 30 ต.ค. 2560

.b 12870833
.i

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 25 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับโรงงานอาหาร
กรณีศึกษาบริษัท บี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาว นันทวัน วิวัฒนวิโรจน์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอาหาร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณสุทธิพงศ์ เนื่องเยาว์ และ คุณอัคราวุฒิ ครองยุติ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงาน ของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตของกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ และเพื่อหามาตราการณ์ในการลดการใช้พลังงานของโรงงาน

โดยการรวมรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2558 เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมทั้งโรงงานและหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ ด้วยการหาสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานของโรงงาน และวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ เพื่อทราบปริมาณการใช้พลังงานในการผลิต และคำนวณต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตไก่ย่างยากิโทริ โดยการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริมีต้นทุนในการผลิตด้านพลังงานประมาณ 22 บาทต่อกิโลกรัมสินค้า หลังจากนั้นตรวจสอบหาเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการหามาตราการณ์อนุรักษ์พลังงาน โดยเสนอมาตรการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงระบายความร้อน ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนระบบทำความเย็นของห้องย่างประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุน 0.78 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Energy Analysis for Food Industry
A Case study at B. Foods Product International Company Limited

Student intern name: Ms. Nuntawan Wiwattanawiroj

Faculty: Engineering **Department:** Food Engineer

Advisor: Dr. Kiattisak Roonprasang

Mentor: Mr. Suttiphong Nuangyao and Mr. Akrawut Krongyut

Company: Betagro Public Company Ltd.

ABSTRACT

The objectives of the study were to analyzed energy consumption of B. Foods Product International Company Limited. First, analyze all of the energy is consumed in industry. Second, analyze energy consumption in the manufacturing process of Grilled Chicken Yakitori product. At last, for analyze measures to reduce energy consumption in industry.

By collecting data of energy consumption in 2015, for analyze all of the energy is consumed in industry, then calculate specific energy consumption (SEC) by regressive analysis method, for increasing efficiency of inspect energy efficiency, which is a way of managing and setting goal for energy consumption in industry. Moreover, analyze energy consumption in the manufacturing process of Grilled Chicken Yakitori product, to be known energy consumption in the manufacturing process. Also, accounting energy manufacturing cost of Grilled Chicken Yakitori product, for guideline to find conservative energy measures by present measure to setting cooling pad for reduce temperature before transferring to condenser, this can reduce electrical energy of air conditioning system in grill room by 20 percent, and there is payback period about 0.78 year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) และ บริษัท บี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึง วันที่ 25 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย รวมไปถึงสถานที่พัก สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณสุทธิพงศ์ เนื่องเยาว์ ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมพลังงาน
2. คุณประสิทธิ์ วงษ์จันทร์ดี วิศวกรอาวุโส
3. คุณชโลมศักดิ์ แต่งงาม วิศวกรอาวุโส
4. คุณอัคราวุฒิ ครองยุติ วิศวกร
5. คุณนิรมล สมบูรณ์โชคลาภ วิศวกร

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการสหกิจศึกษา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา และทุ่มเทเอาใจใส่เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

นางสาว นันทวัน วิวัฒนวิโรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

ขอบเขตของโครงงาน 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1.1 การอนุรักษ์พลังงานตามโครงสร้างกฎหมาย (Energy Conservation) 4

2.1.2 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน 7

2.1.3 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ 9

2.1.4 เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงาน 11

2.1.5 การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 13

2.1.6 กระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริ 15

2.1.7 การลดอุณหภูมิอากาศโดยแผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad) 16

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ 22

3.1 การวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานของทั้งโรงงาน 22

3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ 25

3.3 การวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	29
4.1 การวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานของทั้งโรงงาน	29
4.1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน	29
4.1.2 ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน	31
4.1.3 การสร้างสมการฐานด้านพลังงาน	31
4.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ	32
4.2.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่โรงงานปรุงสุกที่ 2	32
4.3 การวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	35
4.3.1 การใช้พลังงานในกระบวนการที่มีนัยสำคัญด้านความร้อน	35
4.3.2 การใช้พลังงานในกระบวนการที่มีนัยสำคัญด้านไฟฟ้า	35
4.3.3 มาตรการณ์ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงระบายความร้อน	38
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	39
5.2 ข้อเสนอแนะ 39	
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก.	42
ภาคผนวก ข.	44
ภาคผนวก ค.	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เกณฑ์กำหนดโรงงาน/อาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม 5
2.2 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและรายละเอียดเครื่องมือ 12
2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 13
3.1 แบบบันทึกปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต ของแต่ละโรงงาน ในรอบปี 2558 และ 2559 23
3.2 ตารางกรอกข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตแต่ละโรงงาน 24
3.3 แบบบันทึกข้อมูลเครื่องจักรเพื่อที่จะทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า 25
4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน พ.ศ. 2558 29
4.2 สัดส่วนการใช้พลังงาน บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด พ.ศ. 2558 30
4.3 ดัชนีการใช้พลังงานแต่ละโรงงานปี พ.ศ. 2558 เทียบกับ ปี พ.ศ. 2559 31
4.4 เปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงานจากการใช้งานจริงกับค่าคาดการณ์ 32
4.5 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริแต่ละส่วนงานที่โรงเชือด 32
4.6 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริแต่ละส่วนงานที่โรงปรุงสุก 2 33
4.7 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริโรงงานปรุงสุกแห่งที่ 2 33
เดือนมิถุนายน 2559
4.8 เครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านความร้อนของการผลิตไก่ย่างยากิโทริ 34
4.9 เครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านไฟฟ้าของการผลิตไก่ย่างยากิโทริ 35
4.10 เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในโซนต่างๆ 36
4.11 ประสิทธิภาพของ Air cooled chiller 36
4.12 ผลการคำนวณการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิอากาศ รุ่น RTAD 115 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ปริมาณการใช้พลังงานรายปีของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2558	1
2.1	ขั้นตอนการจัดการพลังงาน	6
2.2	ตัวอย่างการทำ Process mapping	9
2.3	ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับกำลังการผลิตต่อเดือน	10
2.4	Cause-and-Effect Diagram หรือ Fishbone Diagram	14
2.5	กระบวนการผลิตไก่ย่างเสียบไม้ (Yakitori chicken product process)	15
2.6	การสเปรย์น้ำผ่านอากาศโดยตรง	16
2.7	การสเปรย์น้ำผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ	16
2.8	ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิ	17
2.9	ภาพไซโครเมตริคชาร์ตแสดงกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย	18
2.10	การถ่ายเทอากาศในระบบทำความเย็นแบบระเหย	19
3.1	อุปกรณ์บันทึกคุณภาพของไฟฟ้า เครื่องมือ Fluke รุ่น 435	26
3.2	แบบแผนภูมิก้างปลาที่จะนำมาวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงของเครื่องจักร	28
4.1	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 ของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	30
4.2	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนแต่ละกระบวนการในการผลิตไก่ย่างยากิโทริ	34
4.3	แผนภาพการใช้พลังงานความร้อนของเครื่องนึ่ง	35
4.4	แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงของ Air cooled chiller	37
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศแลกเปลี่ยนความร้อนกับแผงระบายความร้อน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

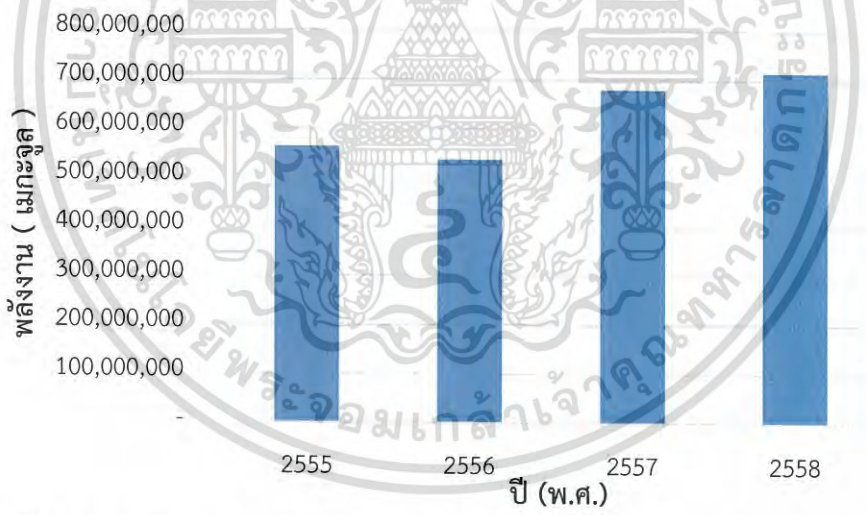
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาวิกฤติด้านพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยการใช้พลังงานมีแนวโน้มความต้องการที่สูงขึ้น ทำให้ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนต้องมีการตื่นตัวเพื่อลดการใช้พลังงาน มีการรณรงค์เพื่อการประหยัดพลังงาน จึงได้มีการศึกษาและนำการอนุรักษ์พลังงานเข้ามาใช้ในหน่วยงานต่างๆ

บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เป็นบริษัทภายในเครือเบทาโกร ซึ่งดำเนินธุรกิจผลิตเนื้อไก่สดแช่เย็นและแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงสุกแปรรูปแช่แข็ง เพื่อการส่งออกไปยังทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย บริษัท บี. ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด มีโรงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โรงเชือด (Slaughterhouse : SLH) และโรงอาหารสุก (Cooked Products Division : CPD)



รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานรายปีของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2558

จากรูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานรวมของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด จากการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้น จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ปริสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการตรวจสอบและติดตามการใช้พลังงาน รวมทั้งเสนอมาตรการลดการใช้พลังงาน เพื่อที่จะได้ลดใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูญเสีย อีกทั้งเป็นการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) กำลังดำเนินการโครงการผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน (Product Sustainability) เพื่อตอบโจทย์การสร้างเส้นทางอาหารที่มั่นคงควบคู่ไปกับการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่าและมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยสินค้าที่จะเสนอเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืนที่บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ก็คือ สินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori product) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิต เพื่อช่วยในประเมินการใช้พลังงานสำหรับผลิตภัณฑ์ และเสนอมาตราการณ์ลดการใช้พลังงาน เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานสำหรับการผลิตและเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสินค้า

ด้วยเหตุผลข้างต้นโครงงานจึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด วิเคราะห์ข้อมูลภาพรวมการใช้พลังงานทั้งโรงงาน วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori product) และเสนอมาตรการลดการใช้พลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน เทียบสมรรถนะการใช้พลังงานในอดีตและประเมินความต้องการพลังงานในอนาคต

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori product)

1.2.3 เพื่อเสนอมาตรการลดการใช้พลังงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านพลังงาน (Energy Base line) และดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (Specific energy consumption, SEC) ของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยใช้ข้อมูลพลังงานและผลผลิตปี 2558 เป็นข้อมูลฐาน

1.3.2 โดยศึกษาศึกษาการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ Yakitori โดยจะศึกษาที่โรงงาน Slaughter House (SLH) ตั้งแต่กระบวนการลดอุณหภูมิซากไก่ ถึงกระบวนการแช่เย็นเพื่อรอการขนส่ง และศึกษาที่โรงงาน Further Processing (CPD) ตั้งแต่กระบวนการรับไก่ถึงกระบวนการรอจัดจำหน่าย

1.3.3 เสนอมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถคาดเดาการใช้พลังงานของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.5.2 ทราบต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานของผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori product)

1.5.3 เสนอมาตรการณ์ที่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การอนุรักษ์พลังงานตามโครงสร้างกฎหมาย (Energy Conservation)

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้นิยามคำ “การอนุรักษ์พลังงาน” ไว้ว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานจึง หมายถึง การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด โดยการพัฒนากระบวนการผลิต และการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ ให้เหมาะสม ตลอดจนการพัฒนาพลังงานจากแหล่งใหม่มาใช้ประโยชน์ทดแทนพลังงานที่สิ้นเปลือง รวมทั้งการป้องกันการสูญเสียพลังงานและผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นวิธีการดีที่สุด ที่ช่วยให้ได้ผลทางตรง คือ การลดค่าใช้จ่าย และผลทางอ้อมคือ เป็นการชะลอเวลาที่ทรัพยากรธรรมชาติจะหมดไป

2.1.1.1 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามโครงสร้างกฎหมาย

เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง อันเป็นภาระแก่ประเทศในการลงทุนเพื่อจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ด้วยเหตุนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ยกร่างกฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมา โดยที่พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ “โรงงานควบคุม” และ “อาคารควบคุม” ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด และเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในประเทศและให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย ฉะนั้น กลุ่มเป้าหมายที่รัฐมุ่งเข้าไปกำกับ ดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนเพื่อให้เกิดการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้จึงประกอบด้วย 3 กลุ่ม

1. โรงงานควบคุม
2. อาคารควบคุม
3. ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ผู้มีหน้าที่ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) นั้นจะถูกเรียกว่า "โรงงานควบคุม" และ "อาคารควบคุม" แล้วแต่กรณี โดยจะเน้นไปที่โรงงานและอาคารที่การใช้พลังงานในปริมาณมากและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันที ทั้งนี้ ลักษณะของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมย่อมเป็นไปตามที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๐ และพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. ๒๕๓๘ ได้กำหนดไว้ดังนี้

โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม หมายถึง โรงงานหรืออาคารที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๒๕ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ซึ่งโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมนั้นจะต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างหนึ่งอย่างใดต่อไปนี้

1. เป็นโรงงานหรืออาคารที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,175 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือ
2. เป็นโรงงานหรืออาคารที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงาน หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้าน เมกะจูลขึ้นไป ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์กำหนดโรงงาน/อาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม

ประเภท	โรงงาน / อาคารควบคุม
ขนาดเครื่องวัดไฟฟ้า	≥ 1,000 กิโลวัตต์
ขนาดหม้อแปลง	≥ 1,175 กิโลวัตต์แอมแปร์
ปริมาณการใช้พลังงาน	≥ 20 ล้านเมกะจูลต่อปี

2.1.1.2 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานตามมาตรา ๗ ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

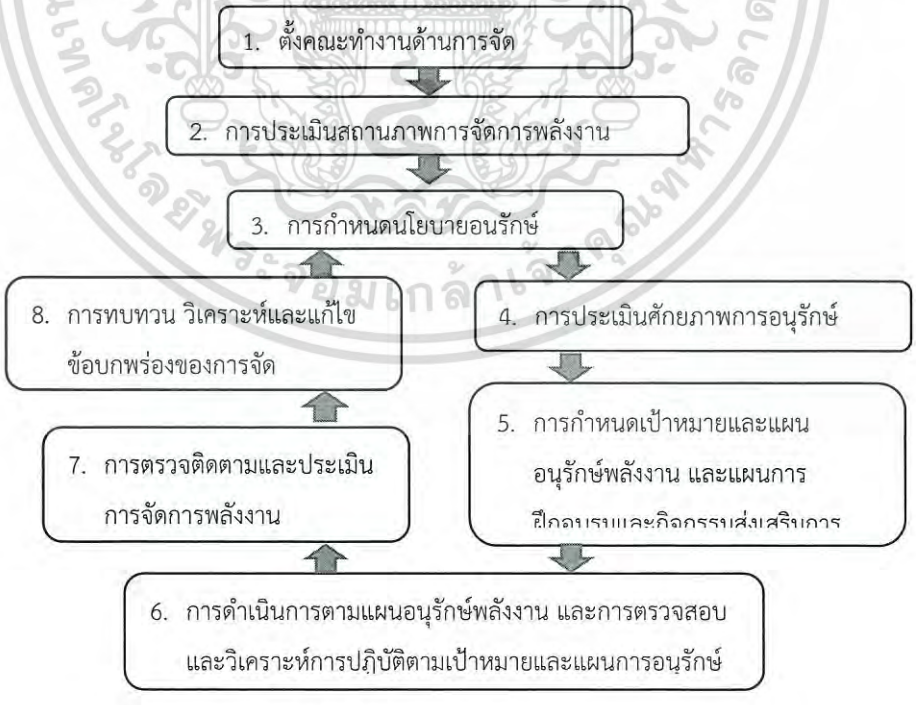
1. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
3. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
5. การปรับปรุงการใช้พลังงานด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
6. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

2.1.1.3 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

จากข้อกำหนดตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. ๒๕๕๒ ซึ่งกำหนดให้โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม จำเป็นต้องเริ่มให้มีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนการดำเนินการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงาน การดำเนินการสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนดังนี้ ดังรูปที่ 2.1 ในขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนที่จะเริ่มการดำเนินการโครงการอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนที่ 5 ต่อไป



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เป็นการค้นหาศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน และประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ กล่าวคือเป็นการมุ่งเน้นไปยังกระบวนการและอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูง ว่ามีการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและเป็นไปตามข้อกำหนดที่ควรจะเป็นของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและวางแผนงานด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป
ประโยชน์ที่ได้จากการประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานขององค์กร ก็คือ

ก. เป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงต้นทุนทางพลังงานสำหรับสินค้าหรือการบริการ

ข. ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานขององค์กรในอดีตกับปัจจุบัน หรือเปรียบเทียบการใช้พลังงานเบื้องต้นกับโรงงานประเภทเดียวกัน

ค. ใช้กำหนดเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงาน
ในการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน มีแนวทางดำเนินการ ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลการผลิต การบริการ และการใช้พลังงานของทุกฝ่ายหรือแผนกที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยเป็นข้อมูลของเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมในรอบปีที่ผ่านมา และจัดทำข้อมูลดังกล่าวเป็นภาพรวมขององค์กร
2. การตรวจสอบและประเมินการใช้พลังงานขององค์กร โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

2.1.2.1 การประเมินระดับองค์กร

เป็นการประเมินการใช้พลังงานทั้งองค์กร ไม่แยกเป็นหน่วยงานหรืออุปกรณ์ โดยขั้นแรกต้องทราบข้อมูลของระบบไฟฟ้าขององค์กรที่ใช้ มีอัตราการใช้ไฟฟ้าประเภทใด (อัตราปกติ TOD หรือ TOU) จำนวนและขนาดหม้อแปลงที่ติดตั้งแล้วถึงเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในรอบปีที่ผ่านมาตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม โดยพิจารณาจากบิลค่าไฟฟ้า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งคำนวณหาสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแยกตามระบบการใช้พลังงาน (ระบบแสงสว่าง ปรับอากาศ การทำความเย็น การผลิต อื่น ฯลฯ)

การประเมินแบบนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้ 2 รูปแบบ

ก. เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต เช่น องค์กรใช้พลังงานมากขึ้น น้อยลง หรือเท่าเดิม เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาซึ่งมีกำลังการผลิตเท่าเดิม เป็นต้น

ข. เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานหรืออาคารอื่น ที่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายกันหรือขนาดใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 การประเมินระดับผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนทางพลังงานของการผลิตสินค้าหรือการบริการ ทำได้โดยการหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) จากอัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานต่อปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน

สำหรับโรงงาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานคือ หน่วยผลผลิต เช่น น้ำหนักของเส้นใย ในกรณีที่โรงงานเป็นโรงงานปั่นเส้นด้าย เป็นต้น

สำหรับอาคาร ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานอาจเป็น จำนวนห้องพักในกรณีของโรงแรม หรือ ปริมาณของผู้ใช้บริการของอาคาร หรือพื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร) เป็นต้น

2.1.2.3 การประ.เมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก

เป็นการประเมินประสิทธิ ภาพของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรหลักแต่ละตัวหรือที่เรียก ว่าการทำ Benchmarking โดยใช้หลักเกณฑ์วิเคราะห์การใช้พลังงานที่เป็นที่ยอมรับและใช้กันในปัจจุบัน คือ ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ของอุปกรณ์ แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเปรียบเทียบผลประเมินการใช้พลังงาน เพื่อพิจารณาหา “การใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ” (การใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูง) โดยมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิต อุปกรณ์และเครื่องจักรหลักที่มีการใช้พลังงานสูง โดยการใช้แบบประเมินการใช้พลังงานในอาคารหรือโรงงาน เพื่อพิจารณาว่าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรใดมีการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงจัดทำแบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญในแต่ระบบที่มีการใช้พลังงานเพื่อหาสัดส่วน (ร้อยละ) ของการใช้พลังงานต่อปริมาณการใช้พลังงานรวมขององค์กร เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์หาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานต่อไป (รายละเอียดของวิธีการประเมินการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญอยู่ในภาคผนวก ข) สำหรับโรงงาน การค้นหาการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญของกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมที่ต้องการประเมิน สามารถใช้ Process mapping โดยการกำหนดวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ พลังงานที่ใช้ และความสูญเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต แล้วทำการเขียนแผนผังรายละเอียดของกระบวนการผลิตนั้น ซึ่งอาจประกอบด้วยขั้นตอนย่อยต่างๆ หลายขั้นตอน พร้อมทั้งแสดงค่าอินพุทและเอาท์พุทของกระบวนการ จากนั้นทำการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนในรูปร้อยละเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขององค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ก

ขั้นตอนย่อยในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ก

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการทำ Process mapping

เมื่อได้แผนผังแจกแจงกระบวนการผลิตซึ่งต้องการประเมินศักยภาพ ให้ทำการเลือกเกณฑ์ที่จะกำหนดการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ จากตัวอย่างหากสมมติว่าการใช้พลังงานมากกว่า 15% เป็นการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูง ดังนั้นจะถือว่าขั้นตอนที่ 1 และ 2 ในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ก ต้องการการพิจารณาหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในลำดับต้นๆ จากนั้นจึงทำการประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการเพื่อดูว่าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรใดในกระบวนการมีการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งจัดทำแบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับอุปกรณ์ดังกล่าวต่อไป

2.1.3 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานในระดับรายผลผลิต โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับหน่วยนับทางกายภาพของผลผลิต ค่านี้มีประโยชน์ที่จะช่วยบอกว่า โรงงานหนึ่งๆ ใช้พลังงานเฉลี่ยเท่าใดในการผลิตสินค้า 1 หน่วย การติดตามและควบคุมค่า SEC ของโรงงาน เป็นวิธีการจัดการการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ผลดีที่สุดวิธีหนึ่ง การคำนวณค่า SEC ทั่วไปจะเป็นไปตามสมการดังนี้

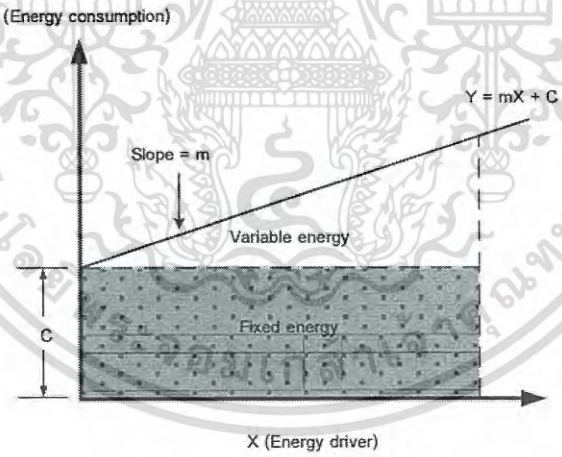
$$SEC = \frac{\Delta E}{\Delta P} \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ΔE = ผลรวมของพลังงานที่ใช้ ซึ่งได้จากค่าความร้อนของพลังงานชนิดนั้นๆ คูณกับปริมาณพลังงานนั้นๆ ที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยคิดจากพลังงานสุทธิคือ เป็นพลังงานที่ซื้อทั้งหมดหักลบกับพลังงานที่ขาย (หน่วยที่นิยมใช้เป็น MJ)

ΔP = ผลรวมของปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

ค่า SEC นั้นจะลดลงเมื่อเมื่อเรานำค่า SEC ในแต่ละเดือนมาเขียนกราฟ กับปริมาณผลผลิตของเดือนนั้นๆ จะได้กราฟลักษณะดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3 โรงงานผลิตมากขึ้น เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการผลิตมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่แปรผันตามปริมาณการผลิต และส่วนที่คงที่ไม่ขึ้นกับผลผลิต เช่น ส่วนของสำนักงาน เป็นต้น เมื่อปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานหารต่อหน่วยในส่วนนี้จะลด จึงทำให้ SEC รวมลดลง นั่นคือในโรงงานเดียวกัน ยิ่งผลิตมาก การใช้พลังงานจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า SEC ในแต่ละเดือนก็คือ ปริมาณผลผลิต แต่จะเห็นว่าแม้ในบางเดือนผลผลิตใกล้เคียงกัน การใช้พลังงาน หรือ SEC ก็มีความแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความยากง่ายของชิ้นงานในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกัน วัตถุดิบที่นำเข้ามาคุณภาพต่างกัน เชื้อเพลิงที่ใช้ความชื้นต่างกัน หรือ มีของเสียในเดือนนั้นมาก หรือ Down time มาก หรือจำนวนวันหยุดมาก ฯลฯ ถ้าเราสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ ค่า SEC ก็จะค่อนข้างสม่ำเสมอและอยู่ในค่าที่ต้องการ



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับกำลังการผลิตต่อเดือน

จากรูปที่ จะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานต่อเดือนมีความสัมพันธ์ กับกำลังการผลิตเป็นแบบเชิงเส้นตามสมการ

$$Y = mX + c \qquad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Y คือ ปริมาณการใช้พลังงาน (เมกะจูล)

m คือ ค่าความชันกราฟ

x คือ ปริมาณผลผลิต (ตัน)

c คือ ค่าจุดตัดแกน y (เมกะจูล)

จากกราฟ เป็นสมการข้อมูลฐาน (Baseline) ใช้ทำนายแนวโน้มการใช้พลังงานที่สัมพันธ์กับกำลังการผลิตเพื่อใช้ในการสังเกตปริมาณการใช้พลังงานของโรงงานโดยตัวแปรและค่าต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1.3.1 ค่าความชันของกราฟ หรือค่า Slope หรือค่า m เป็นค่าดัชนี การใช้พลังงานต่อกำลังการผลิต (Specific Energy Consumption: SEC) ซึ่งบอกถึงภาพรวมของการใช้พลังงานต่อกำลังการผลิต โดยส่วนใหญ่ใช้ เป็นข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างบริษัทโดยที่ค่าดัชนีต่ำกว่าจะแสดงถึงต้นทุนไฟฟ้า ที่ต่ำกว่า

2.1.3.2 ค่าสัมประสิทธิแสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือ R^2 (R squared) คือ ค่าที่ชี้บ่งความแม่นยำในการควบคุมกระบวนการผลิตควรมีค่า มากกว่า 0.75 ยิ่งเข้าใกล้ 1 มากเท่าใดก็แสดงว่าบริษัทมีการควบคุมการใช้พลังงาน ได้ดี เหมาะสมสำหรับใช้เป็น สมการฐานอ้างอิง เพื่อตรวจสอบหรือวางแผนการใช้ไฟฟ้า ในกรณีที่บริษัททราบ ปริมาณการผลิตล่วงหน้าได้

2.1.3.3 จุดตัดแกน y หรือค่า intercept หรือค่า c คือ ค่าชี้บ่งปริมาณพลังงาน ที่ใช้เมื่อไม่มีการผลิต หรือ base load หากบริษัทสามารถลด base load ได้ จะเป็นการลดพลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้อย่างถาวร กิจกรรมที่มีผลต่อการใช้พลังงาน base load

2.1.4 เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงาน

จากขั้นตอนการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน จะเห็นได้ว่าก่อนที่จะทำการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานได้ จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกการใช้พลังงานทั้งในระดับองค์กร ระดับผลิตภัณฑ์ และระดับเครื่องจักร / อุปกรณ์หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.1 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

มีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและรายละเอียดเครื่องมือ

เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)	เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า (I) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ กระแสไฟฟ้าอาจจะเป็นกระแสตรงหรือกระแสสลับ ปัจจุบันเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ามีความสะดวกมีลักษณะเป็นปากครีบ-คล้อง ทำให้สามารถตรวจวัดกระแสไฟฟ้าได้ง่าย
เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)	เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าเป็นเครื่องวัดความแตกต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2 จุดในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์นี้มีหน่วยเป็น โวลต์ (V) แรงดันไฟฟ้านี้เป็นค่าตรวจวัดที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงความสามารถในการขับเคลื่อนพลังงานไฟฟ้า
เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power meter)	เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเวลามีหน่วยเป็น วัตต์ เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องอัดอากาศ ปั๊มและมอเตอร์ต่างๆ ปัจจุบันเครื่องวัดกำลังไฟฟ้านอกจากจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าได้แล้วยังสามารถแสดงค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง (Power factor) ความถี่ (Frequency) และอื่นๆ ได้อีกด้วย
เครื่องวัดตัวประกอบกำลัง (Power Factor meter)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไม่มีหน่วย มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับกระแสไฟฟ้า เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆที่มีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากัน ถ้าระบบมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสูงในระบบ
เครื่องวัดความส่องสว่าง (Lux meter)	ค่าความส่องสว่าง เป็นระดับความสว่าง (ลูเมน) ที่หลอดเปล่งออกมา ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือ ลูเมนต่อตารางเมตร ใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบค่าความสว่าง เครื่องวัดความส่องสว่างนิยมเรียกกันทั่วไปว่า Lux meter โดยมีหลักการทำงานคือ ให้แสงผ่านตัวรับแสงจากนั้นจะเปลี่ยนความเข้มของแสงให้เป็นค่าทางไฟฟ้าเพื่อนำไปแสดงผล
เครื่องวัดความเร็วรอบ	เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วรอบของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีการหมุนเช่น มอเตอร์ ใบกวน สายพาน เป็นต้น ซึ่งจะมีหน่วยวัดเป็น รอบต่อนาที (rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิมีหลากหลายชนิด หลายแบบ แต่ละแบบมีความแตกต่างกันในเรื่องของสภาวะแวดล้อมในการตรวจวัดและการประยุกต์ใช้งาน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงที่มีใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม

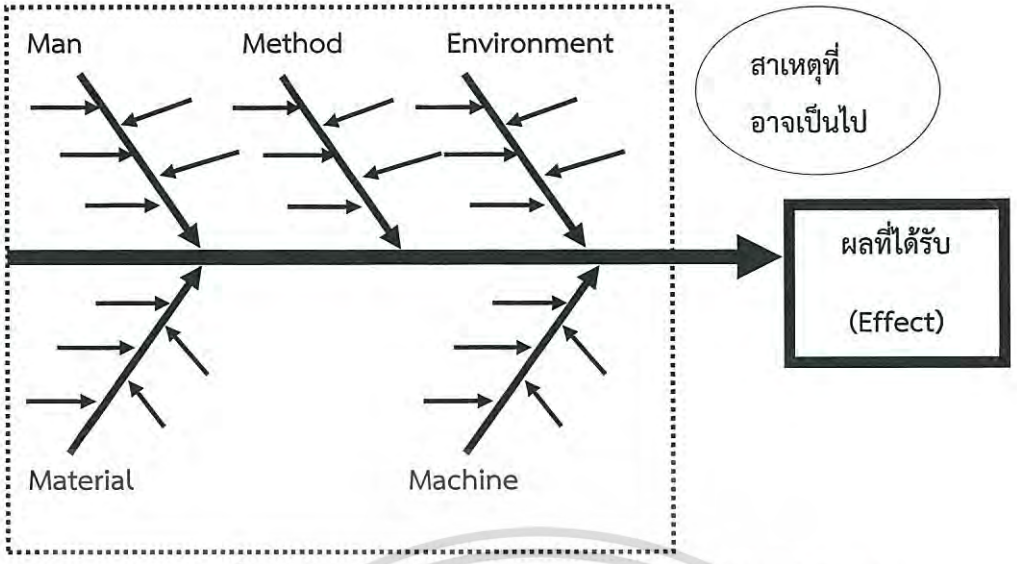
ตารางที่ 2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้ว (Liquid-in-Glass Thermometers)	การทำงานจะอาศัยหลักการขยายตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อนและหดตัวเมื่อคายความร้อน ของเหลวที่ใช้บรรจุในกระเปาะแก้วของเทอร์โมมิเตอร์คือปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่ผสมกับสีแดง
เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล(Digital Thermometer)	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลเหมาะสำหรับพกพาสามารถวัดอุณหภูมิทั้งของแข็งและของเหลว
เทอร์โมคัปเปิล(Thermocouple)	มีการใช้อย่างแพร่หลาย ราคาถูก มีความทนทาน ติดตั้งง่ายและให้ผลตอบสนองที่รวดเร็ว สามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ทั้งอากาศ น้ำ เทอร์โมคัปเปิลสามารถใช้งานร่วมกับตัวควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานให้อุณหภูมิคงที่
เครื่องวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสี (Radiation Pyrometer)	เครื่องมือวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสีได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เพราะสามารถวัดอุณหภูมิได้โดยตรงและรวดเร็วพกพาได้สะดวก หลักการตรวจวัดใช้วิธีการวัดค่าการแผ่รังสีออกจากพื้นผิว

2.1.5 การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

แนวทางการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรการที่ช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร/อุปกรณ์ อาจใช้หลักการของ Cause-and-Effect Diagram หรือที่ในบางครั้งเรียกว่า “Fishbone Diagram” เป็นแนวทางในการระดมความคิดเห็น โดยเริ่มจากผลที่ได้รับ (Effect) คืออุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำเป็นหัวปลาอยู่ทางขวามือ รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Cause-and-Effect Diagram หรือ Fishbone Diagram

และพิจารณาทีละประเด็น เริ่มจากเครื่องจักร/อุปกรณ์ วิธีการทำงาน วัสดุที่ใช้ และพนักงาน ทุกประเด็นสามารถเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการใช้พลังงานสูงได้ จึงไม่ควรละเลย เมื่อทราบสาเหตุที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสูงกว่าเกณฑ์แล้ว ลำดับถัดไปคือการกำหนดมาตรการที่เหมาะสม และประเมินระยะคืนทุนของมาตราการณ์

2.1.5.1 การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนอย่าง

ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย หมายถึง ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการที่มาตรการจะให้มูลค่าผลตอบแทนคืนมูลค่าของการลงทุนที่ใช้ไป การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนอย่างง่ายของมาตรการอนุรักษ์พลังงานจะใช้เป็นหน่วยของจำนวนปี โดยผลตอบแทนที่ได้คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีนั่นเอง

ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย(ปี) = มูลค่าการลงทุน (บาท) / ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)

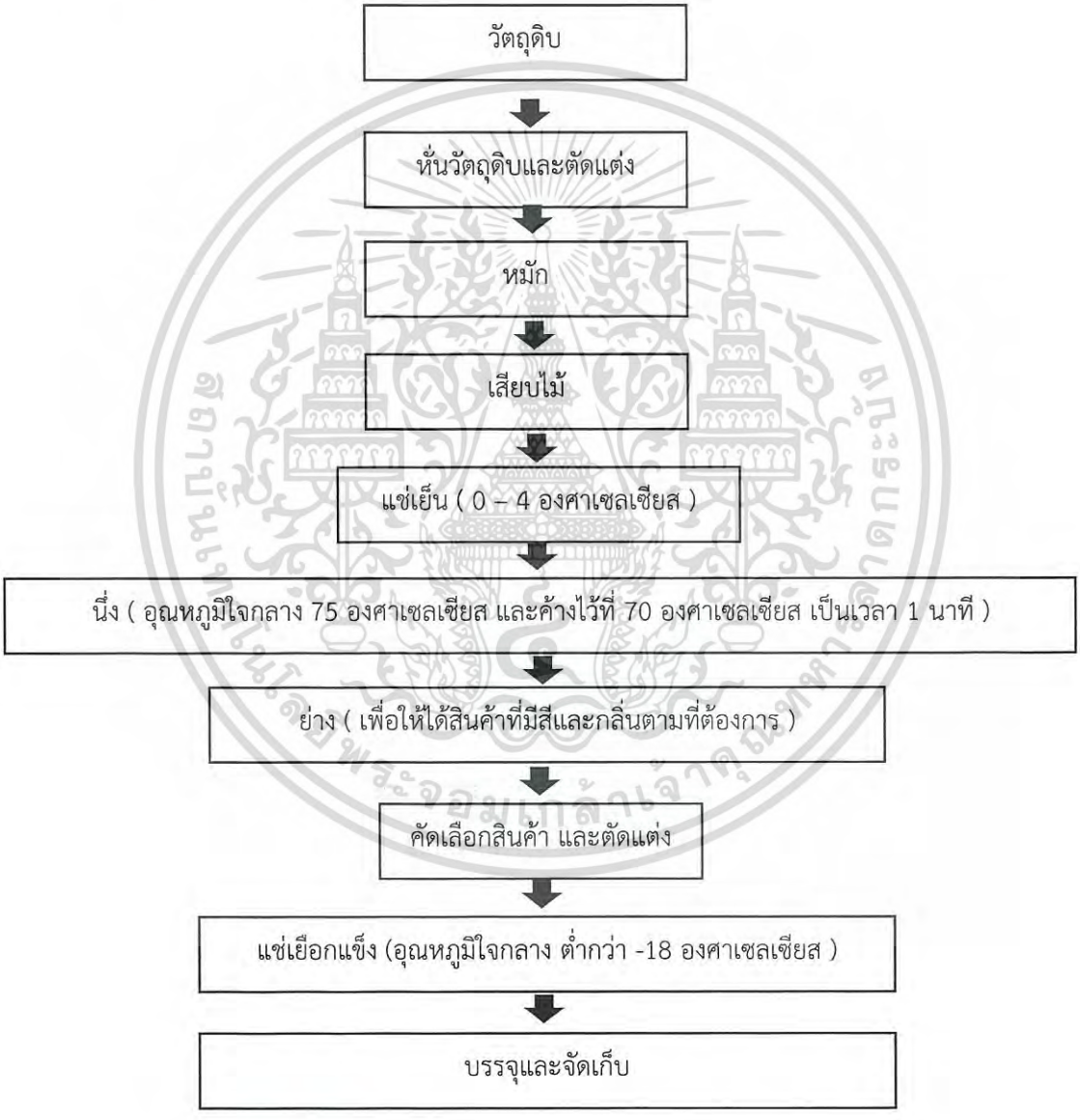
การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย เป็นวิธีการง่ายๆ ที่ทำให้คำนวณผลตอบแทนของโครงการได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมักใช้ทั่วไปกับมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีเงินลงทุนไม่มากนัก ข้อเสียของการคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายคือ ไม่ได้พิจารณามูลค่าทางการเงินที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลา ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราเงินเฟ้อต่างๆ ดังนั้นในมาตรการที่มีจำนวนเงินลงทุนสูงๆ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทางการเงินอื่นๆ ประกอบด้วย *ระยะเวลาการคืนทุนของมาตรการ*

- น้อยกว่า 3 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนสูงและจูงใจในการดำเนินการ
- ระหว่าง 3 ถึง 7 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนไม่สูงนัก แต่อยู่ในข่ายในการที่จะพิจารณาลงทุนได้โดยอาจจะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์อื่นๆ ร่วมด้วย
- มากกว่า 7 ปี เป็นมาตรการที่มีผลตอบแทนต่ำ ซึ่งมักจะไม่ค่อยนำมาพิจารณาในการลงทุน ยกเว้นแต่ว่าโครงการนั้นมีความจำเป็นจริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori Chicken Product)

กระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริเริ่มต้นจากกระบวนการผลิตตั้งแต่ที่โรงเชือด วัตถุดิบจะถูกหั่นและตัดแต่งให้ได้ขนาดตามต้องการ นำมาหมัก เสียบไม้ที่โรงเชือด ก่อนที่จะส่งมาที่โรงแปรรูป หลักจากนั้นวัตถุดิบจะถูกนำมานึ่งด้วยเครื่องนึ่งเพื่อให้ทำให้สุกและนำไปย่างเพื่อให้เกิดสีและกลิ่นตามที่ต้องการ ก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องแช่เยือกแข็ง และเครื่องบรรจุต่อไป

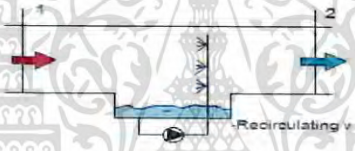


ภาพที่ 2.5 กระบวนการผลิตไก่ย่างเสียบไม้ (Yakitori chicken product process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

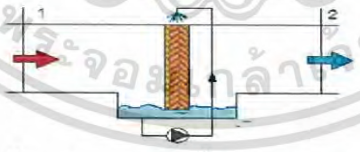
2.1.6 การลดอุณหภูมิอากาศโดยแผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad)

2.1.6.1 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย คือ กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้นให้แก่อากาศ (Cooling and Humidification process) โดยการพ่นน้ำ ผ่านกระแสอากาศทำให้น้ำบางส่วนระเหยเข้าผสมกับอากาศมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศ ลดต่ำลง ความชื้นอากาศเพิ่มสูงขึ้น การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิเป็นกระบวนการทำความเย็นมีต้นทุนด้านพลังงานต่ำกว่าระบบทำความเย็นทั่วไป (ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ) มีดัชนีค่าใช้จ่ายพลังงานต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ และไม่ต้องใช้ร่วมกับสารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมกระบวนการนี้มีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะ คือการทำความเย็นแบบระเหยโดยการพ่นน้ำผ่านอากาศโดยตรง และการทำความเย็นแบบระเหยโดยการพ่นน้ำผ่านผิวเปียกหรือแผ่นทำความเย็นซึ่งสามารถทำให้เกิด การระเหยของน้ำ ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ



รูปที่ 2.6 การสเปรย์น้ำผ่านอากาศโดยตรง

1. ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย เป็นแบบพ่นละอองน้ำขนาดเล็กลงมาเพื่อทำให้เกิดการระเหยได้ดี มีข้อดีคือไม่มีปัญหาในเรื่องการต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศและมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูง แต่จะมีปัญหาเรื่องความชื้นสูงตามประสิทธิภาพด้วย



รูปที่ 2.7 การสเปรย์น้ำผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ

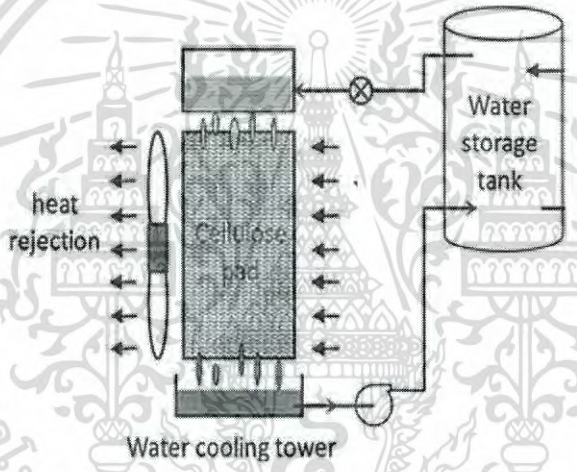
2. ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น เป็นแบบที่ให้น้ำไหลผ่านตัวกลางที่ถูกออกแบบเป็นช่องรูพรุน มีสมบัติดูดซึมน้ำได้ดีและมีความสามารถทำให้เกิดการระเหยของน้ำเมื่ออากาศผ่านเข้าไปตามช่องการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิเป็นกระบวนการทำความเย็นมีต้นทุนด้านพลังงานต่ำกว่าระบบทำความเย็นทั่วไป (ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ) มีดัชนีค่าใช้จ่ายพลังงานต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ และไม่ต้องใช้ร่วมกับสารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.6.2 การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิ

อาศัยหลักการพื้นฐานของธรรมชาติ ใช้การระเหยของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนแฝงของอากาศ ระบบจะประกอบด้วยถังพักน้ำขนาดใหญ่ ปั๊มน้ำ แผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pads) และพัดลม โดยปั๊มน้ำจะสูบน้ำจากถังพัก และปล่อยน้ำสู่ด้านบนของแผ่นลดอุณหภูมิ พัดลมจะดูดอากาศร้อนให้ผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ น้ำที่ไหลผ่านแผ่นลดอุณหภูมิจะถูกเพิ่มพื้นที่ผิว และลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับอากาศ เมื่ออากาศร้อนผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ อากาศและน้ำจะสัมผัสในทิศทางที่ตั้งฉากกัน อากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ ดังรูปที่ 2 ผลที่ได้คือ อากาศร้อนอุณหภูมิจะลดลงและมีปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศใกล้เคียง

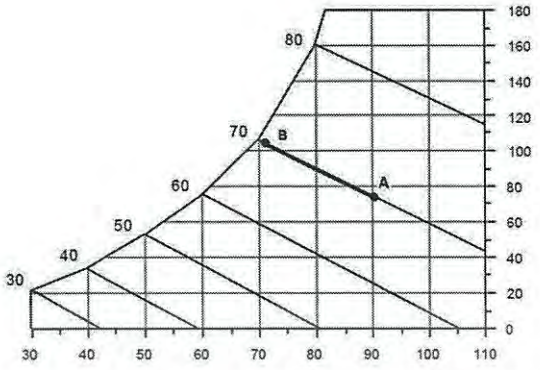


รูปที่ 2.8 ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิ

2.1.6.3 สมดุลพลังงานและมวลในระบบกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

เนื่องจากกระบวนการของระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นกระบวนการอะเดียบาติก อุณหภูมิของอากาศอิ่มตัวเรียกว่า อุณหภูมิอิ่มตัวแบบอะเดียบาติก (adiabatic saturation temperature) คือ ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบและไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของระบบ กระบวนการนี้อาจเรียกว่าเป็นกระบวนการอุณหภูมิ กระเปาะเปียกคง ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148485



รูปที่ 2.9 ภาพไซโครเมตริคชาร์ตแสดงกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

และเนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนระเหยไป ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการเป็นกระบวนการคงที่ (steady state) จำเป็นต้องมีน้ำมาชดเชยและความดันที่เกิดขึ้นภายในถือได้ว่าคงที่ ดังนั้นเมื่อไม่คิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ สมดุลมวลและสมดุลพลังงานสามารถเขียนได้ดังนี้

$$m_a h_1 + m_a (w_2 - w_1) h_f = m_a h_2 \quad (3)$$

หรือ $$m_a(h_{a1} + w_1 h_{w1}) + m_a (w_2 - w_1) h_f = m(h_{a2} + w_2 h_{w2}) \quad (4)$$

และเมื่ออากาศไหลผ่านกระบวนการ ดังนั้นสมดุลของอากาศคือ

$$m_{a1} = m_{a2} \quad (5)$$

และสมดุลมวลความชื้น

$$m_{a1} w_1 + m_w w = m_{a2} w_2 \quad (6)$$

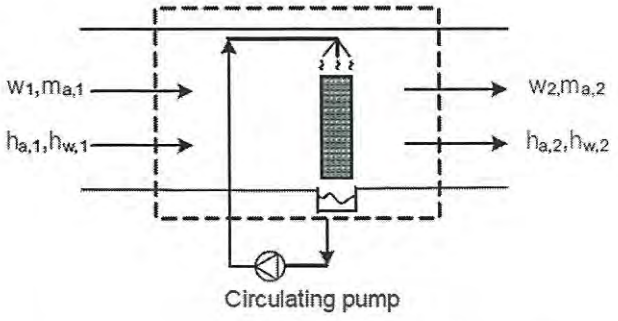
ดังนั้นปริมาณน้ำที่ระเหยคือ

$$m_w = m_a (w_2 - w_1) \quad (7)$$

ดังนั้น จะเขียนได้ว่า

$$h_f = \frac{h_2 - h_1}{w_2 - w_1} \quad (8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การถ่ายเทอากาศในระบบทำความเย็นแบบระเหย

เมื่อ m_w คือ อัตราการไหลของอากาศชื้น (kg_w/s)

m_a คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง $(kg_{dry\ air}/s)$

h_f คือ เอนทาลปีของน้ำที่ผิวเปียก (kJ/kg)

h_1 คือ เอนทาลปีของอากาศก่อนผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_2 คือ เอนทาลปีของอากาศหลังผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_{w1} คือ เอนทาลปีของอากาศชื้นก่อนผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_{w1} คือ เอนทาลปีของอากาศชื้นหลังผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

w_1 คือ อัตราส่วนความชื้นเข้า $(kg_w/kg_{dry\ air})$

w_2 คือ อัตราส่วนความชื้นออก $(kg_w/kg_{dry\ air})$

2.1.6.4 ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย จะขึ้นอยู่กับสภาวะของอากาศที่ใกล้สภาวะอิ่มตัว ซึ่งจะเป็นตัวบอกสมรรถนะในการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบระเหยโดยทั่วไปแสดงในรูปประสิทธิภาพอิ่มตัว (saturation efficiency) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาจากผลของอุณหภูมิจากการระเหยของน้ำเมื่อมีอากาศไหลผ่านผิวเปียก ดังนั้นการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\eta = \frac{T_{db}-T_c}{T_{db}-T_{wb}} \times 100 \qquad (9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ η = ประสิทธิภาพแผ่นลดอุณหภูมิ (%)

T_{db} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ (°C)

T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ (°C)

T_c = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนผ่านแผ่นลด อุณหภูมิ (°C)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นธิดา มณีโชติ และคณะ (2554) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม : TSIC 33, 36, 37 และ 38 โดยหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ specific energy cของโรงงานควบคุมตัวอย่างใน 4 กลุ่มอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตไม้และเครื่องเรือน TSIC 33) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ TSIC 36) อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน TSIC 37และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์ TSIC 38ด้วยการหาสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย หรือแบบพหุของการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต และประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลรวมสะสมของความแตกต่าง (cumulative sof d) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงาน ทำให้เพิ่มความสามารถในการตรวจติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งจะเป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานของโรงงานต่อไป ส่งผลให้เกิดระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานนั้นมีความเสถียร แสดงถึงการจัดการพลังงานที่ดี ขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ และอุตสาหกรรมการผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์ ยังมีโรงงานที่ต้องเร่งพัฒนาการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ได้สมการตัวแทนการใช้พลังงานและค่า SEC ของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานที่มีการผลิตใกล้เคียงกับโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมนั้น

อภิชาติ อาจนาเสียว และ ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย (2551) ได้ศึกษาเรื่อง การประหยัดพลังงานโดยใช้คูลลิ่งแพดที่คอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น คูลลิ่งแพดได้ถูกออกแบบและติดตั้งเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถลดการ ใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำเย็น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพล ของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ระยะห่างระหว่างคอยล์ร้อนกับคูลลิ่งแพดและอัตราการไหลของน้ำผ่านคูลลิ่งแพดที่มีผลต่อค่า COP กระแสไฟฟ้าที่ ใช้และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านคอยล์ร้อน พบว่า เมื่ออุณหภูมิ สิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ค่า COP ลดลงและกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะเพิ่มขึ้น เมื่อทำการปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านคูลลิ่งแพดให้สูงขึ้น ค่า COP เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ลดลง ส่วนการเพิ่มระยะห่างระหว่างคอยล์ร้อนกับคูลลิ่งแพดจะทำให้ค่า COP ลดลงเล็กน้อย สัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น เล็กน้อยเช่นกัน สำหรับอิทธิพลจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ระยะห่างระหว่างคอยล์ร้อนกับคูลลิ่งแพด และอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านคูลลิ่งแพดมีผลเล็กน้อยต่อความชื้น สัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านคอยล์ร้อน และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้ง และไม่ติดตั้ง คูลลิ่งแพด พบว่าเครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้ง คูลลิ่งแพดใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าถึง 10% ที่อุณหภูมิ 40 °C

ธงไชย เดิมดา นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ (2553) การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ ร่วมกับอินเวอร์เตอร์ โดยให้แผ่นลดอุณหภูมิลดอุณหภูมิของอากาศก่อนระบายที่คอนเดนเซอร์และใช้อินเวอร์เตอร์ ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ แผ่นลดอุณหภูมิที่ใช้ขนาด 15x83x65(cm.)ออกแบบเป็นรูปตัว L ติดตั้งห่างจาก คอยล์ร้อนที่ 5cm. ใช้ปั๊มน้ำขนาด 1600 ลิตรต่อชั่วโมง ในการทำให้แผ่นเปียกโดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 บีทียูต่อชั่วโมงแบบแขวน ทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วมอินเวอร์เตอร์เปรียบเทียบกับแบบใช้ อินเวอร์เตอร์อย่างเดียว แบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิอย่างเดียว และแบบปกติจากการศึกษาพบว่า แบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วม อินเวอร์เตอร์สามารถทำค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ได้สูง5.9 และใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำที่ 0.96 kW แผนลดอุณหภูมิให้ ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 96.5% อัตราการระเหยสูงสุดที่ 0.00437 kg/s อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่ 6.3 kW

Hajidavalloo (2007) ได้ทำการศึกษาการนำแผ่นลดอุณหภูมิมาใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนระบายความร้อนที่คอยร้อนโดยการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 16% และมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้น 55%

Martinez และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาความหนาของแผ่นลดอุณหภูมิประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้งานแผ่นลดอุณหภูมิที่คอยร้อน ที่ความหนาของแผ่นลดอุณหภูมิ 100 มิลิเมตร สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 11.4% เครื่องปรับอากาศสามารถทำความเย็นเพิ่มขึ้น 1.8% และมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้น 10.6 %

Hou และคณะ (2016) ได้ศึกษาระบบทำน้ำเย็นโดยแผ่นลดอุณหภูมิตอนกลางคืน และนำน้ำเย็นมาปรับอากาศในเวลากลางวัน พบว่าในตอนกลางคืนสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบลดอุณหภูมิโดยแผ่นลดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 3.8 และ 11 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ในตอนกลางวันสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ อยู่ระหว่าง 8.8 และ 12.6 โดยสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบตลอดทั้งวันเฉลี่ย 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินงาน การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานอาหาร ประกอบไปด้วย 3 ขั้น ตอนหลักๆ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานของทั้งโรงงาน

ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานบริษัทบี. ฟู้ดส์ โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยแบ่งเป็น 7 ส่วน ตามลักษณะการใช้พลังงาน ได้แก่ โรงงานเชือด (Slaughter house), โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1 (further Processing 1), โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 (further Processing 2), โรงงานผลิตขนไก่ปั่น (Rendering), บ่อบำบัดน้ำเสีย, หอพักพนักงาน และโรงผลิตหม้อไอน้ำ เก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณพลังงานความร้อน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และเก็บข้อมูลผลผลิตสำหรับส่วนที่มีการผลิต

3.1.1 การจัดเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการใช้พลังงานทั้งบริษัท บี. ฟู้ดส์ โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยจัดเก็บข้อมูลปริมาณผลผลิต ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณพลังงานความร้อน โดยใช้ฐานข้อมูลปี พ.ศ.2558 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม เทียบกับ การใช้พลังงาน ปี พ.ศ. 2559 ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือนตุลาคม โดยใช้ตารางที่ 3.1 เป็นแบบฟอร์มในการจัดเก็บ หลังจากนั้น เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงาน ระหว่างปี พ.ศ. 2558 กับ ปี พ.ศ. 2559

3.1.2 การสร้างสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation)

นำข้อมูลผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงาน มาคำนวณ หาสมการตัวแทนการใช้พลังงาน ใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยสร้างสมการเชิงเส้นอย่างง่าย โดยใช้ โปรแกรม Microsoft excel เพื่อช่วยในการวิเคราะห์

สมการ Energy Baseline รวมทั้งบริษัท บี. ฟู้ดส์ โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) ในโปรแกรม Microsoft Excel โดย กรอกข้อมูลพลังงานและตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ลงในตารางของ Microsoft Excel โดยควรมีข้อมูลอย่างน้อย 12 ค่าต่อประเภทข้อมูล รูปที่ ตารางบันทึกค่าพลังงานรวมและปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ ของโรงเชือด โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1 โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 และโรงงานผลิตขนไก่ปั่น ดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แบบบันทึกปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต ของแต่ละโรงงาน ในรอบปี 2558 และ 2559

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (เมกะจูล/ตัน)	เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (เมกะจูล/ตัน)
		ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)				ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)	
ม.ค. 58					ม.ค. 59				
ก.พ. 58					ก.พ. 59				
มี.ค. 58					มี.ค. 59				
เม.ย. 58					เม.ย. 59				
พ.ค. 58					พ.ค. 59				
มิ.ย. 58					มิ.ย. 59				
ก.ค. 58					ก.ค. 59				
ส.ค. 58					ส.ค. 59				
ก.ย. 58					ก.ย. 59				
ต.ค. 58					ต.ค. 59				
พ.ย. 58					พ.ย. 59				
ธ.ค. 58					ธ.ค. 59				
รวม					รวม				
เฉลี่ย					เฉลี่ย				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางกรอกข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตแต่ละโรงงาน

เดือน	พลังงานรวม (เมกะจูล)	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)			
		โรงเชือด	โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1	โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2	โรงงานผลิตขนไก่ปั่น
ม.ค. 58					
ก.พ. 58					
มี.ค. 58					
เม.ย. 58					
พ.ค. 58					
มิ.ย. 58					
ก.ค. 58					
ส.ค. 58					
ก.ย. 58					
ต.ค. 58					
พ.ย. 58					
ธ.ค. 58					

โดยจะทำให้ได้สมการ Energy Baseline รูปแบบ สมการที่ได้ คือ

$$y = m_1 a + m_2 b + m_3 c + m_4 d + F \quad (10)$$

เมื่อ y = ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน (เมกะจูล)

a = ปริมาณผลผลิตของโรงเชือด (ตัน)

b = ปริมาณผลผลิตของโรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1 (ตัน)

c = ปริมาณผลผลิตของโรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 (ตัน)

d = ปริมาณผลผลิตของโรงงานผลิตขนไก่ปั่น(ตัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดสอบสมการ baseline

สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) จะต้อง ผ่านการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติ มาตรฐานสากล Internal Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) กำหนดให้สมการที่เหมาะสม ที่จะถูกใช้เป็นสมการ Baseline ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.75 ทดสอบโดยการนำค่าผลผลิต ใน ปี พ.ศ. 2559 แทนลงในสมการ Energy Baseline เพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานที่ได้จากการคาดการจากสมการและค่าการใช้พลังงานจริง

3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori Chicken Product)

3.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ รูปแบบของการใช้พลังงาน การตรวจวัดพลังงาน ตำแหน่งการตรวจวัดพลังงาน รวบรวมข้อมูลการใช้เครื่องจักรในส่วนของการผลิต โดยบันทึกลงในตางรางที่ 3.3 แบบบันทึกข้อมูลเครื่องจักรเพื่อที่จะทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 3.3 แบบบันทึกข้อมูลเครื่องจักรเพื่อที่จะทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

โซนการผลิต	ชื่อเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก	จำนวน	การใช้พลังงาน		พิกัดพลังงานไฟฟ้า		พิกัดพลังงานความร้อน		ชั่วโมงใช้งานเฉลี่ย/ปี	วิธีการตรวจวัด	ตำแหน่งการตรวจวัด
			ไฟฟ้า	ความร้อน	ขนาด	หน่วย	ขนาด	หน่วย			

โดยดูจากคู่มือ (Manual)

หรือแผ่นป้ายชื่อ (Name plate) ที่ตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q_{si} = m_{si}h_{si} \quad (11)$$

เมื่อ q_{si} คือปริมาณความร้อนของไอน้ำสู่ระบบ (กิโลจูล)

m_{si} คือ ปริมาณการไหลเชิงมวลของไอน้ำไหลเข้าระบบ (กิโลกรัม) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$m_{si} = \frac{(0.526ND^2)(t)\sqrt{P_g}}{60\sqrt{v}} \quad (12)$$

เมื่อ m_{si} คือ ปริมาณไอน้ำที่ใช้คิดเป็นอัตราการไหลมวลไอน้ำผ่านออริฟิต (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิต (มิลิเมตร)

N คือจำนวนออริฟิต

t คือ เวลาที่ใช้ในการนึ่งแต่ละครั้ง

p_g คือ ความดันเกจภายในท่อสเปรย์ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

v คือปริมาตรจำเพาะของไอน้ำที่ท่อสเปรย์ ณ ความดันสัมบูรณ์ (ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม)

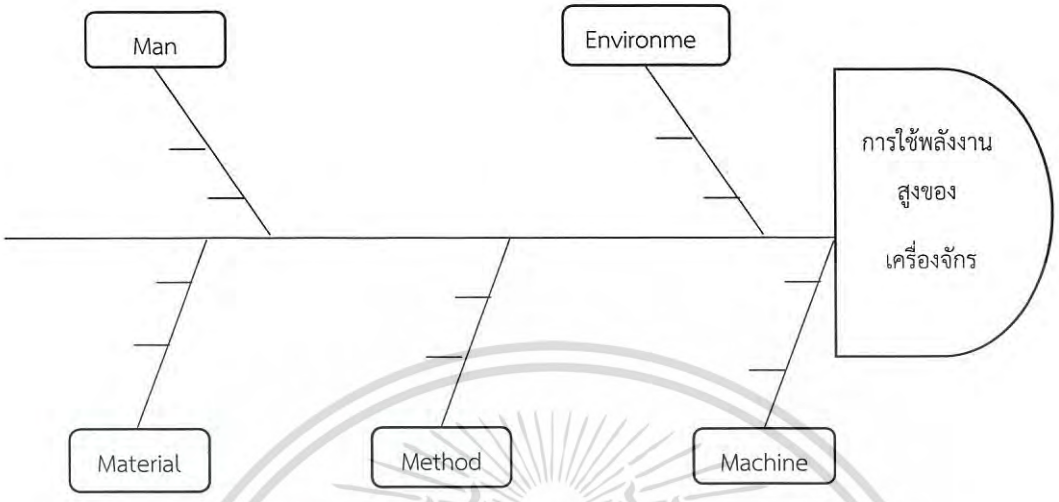
h_{si} คือเอนทัลปีของไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งได้จากการเปิดตารางสมบัติของไอน้ำที่ 100 องศาเท่ากับ 2,676.1 (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

4.2 การวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

การศึกษาในหัวข้อนี้เกิดขึ้นหลังจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori Chicken Product) โดยวิเคราะห์การใช้พลังงานกับเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญทางด้านไฟฟ้าและความร้อน หลังจากนั้นวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงโดยแผนภูมิก้างปลา และเสนอเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3.3.1 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรมีการใช้พลังงานที่สูง แบ่งการหาสาเหตุเป็น 5 ส่วน ได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากผู้ใช้งาน วิธีการใช้งาน เครื่องจักรที่ใช้ วัสดุ และสิ่งแวดล้อม ดังรูปที่ 3.2 แบบแผนภูมิก้างปลาที่จะนำมาวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แบบแผนภูมิก้างปลาที่จะนำมาวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงของเครื่องจักร

3.3.2 มาตรการณ์ลดการใช้พลังงาน

เสนอมาตราที่สมารถลดสาเหตุการณ์ใช้พลังงานสูงของเครื่องจักร โดยคำนวณผลประหยัด และระยะคืนทุนของมาตราการณ์ โดยคำนวณ

ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย(ปี) = มูลค่าการลงทุน (บาท) / ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานของทั้งโรงงาน

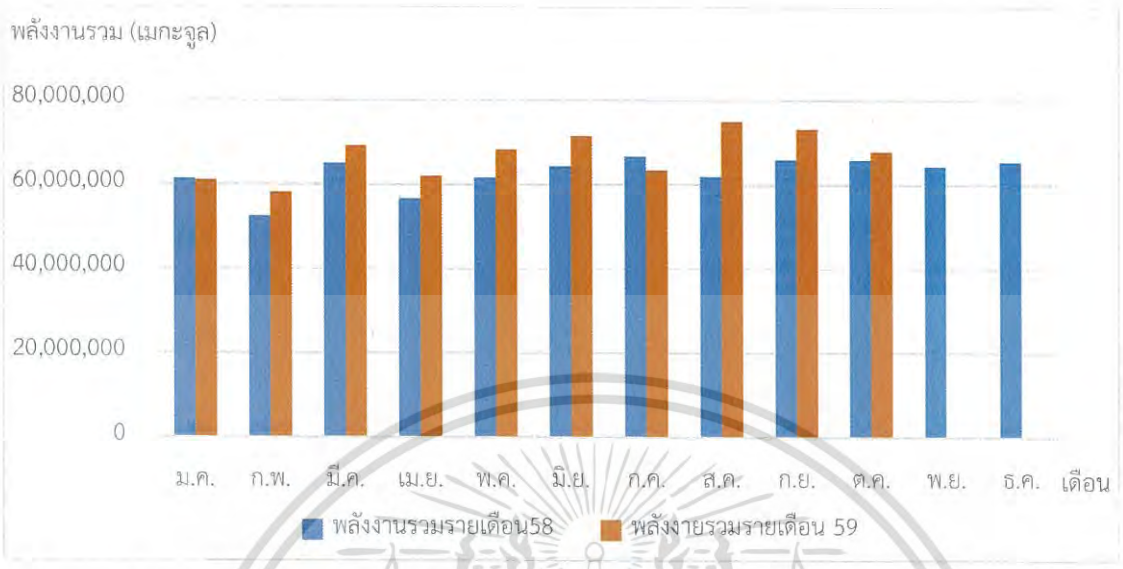
4.1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน

บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด เป็นโรงงานที่ผลิตและจัดจำหน่ายสินค้า ผลิตเนื้อไก่สดแช่เย็นและแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงสุกแปรรูปแช่แข็ง โรงงานมีเนื้อที่ทั้งหมด 17,500 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานรวมปี พ.ศ. 2558 ประมาณ 715,000,000 เมกะจูลต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า ประมาณ 350 ล้านบาทต่อปี โดยคิดเป็นพลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 74 % ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และพลังงานความร้อน คิดเป็น 26 % ดังตารางที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด พ.ศ. 2558 และรูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในแต่ละเดือนในปีพ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2559 ของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยการใช้พลังงานเฉลี่ยรายเดือนของปี พ.ศ. 2559 ระยะเวลา 8 เดือน มีการใช้พลังงานสูงกว่าในปี พ.ศ. 2558 ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด พ.ศ. 2558

ระบบ	รวมการใช้พลังงาน (เมกะจูล/ปี)	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน
พลังงานไฟฟ้า	258,238,368	28.71
พลังงานความร้อน	641,169,295	71.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 ของบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

โดยบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด สามารถแบ่งการใช้พลังงานจากรูปแบบการใช้พลังงานของบริษัทได้เป็น 7 ส่วน ได้แก่ โรงเชือด (Slaughter house), โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1 (further Processing 1), โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 (further Processing 2), โรงงานผลิตขนไก่ปั่น (Rendering), บ่อบำบัดน้ำเสีย, หอพักพนักงานและโรงผลิตหม้อไอน้ำ โดยมีการใช้พลังงานดังตารางที่ 4.2 พบว่าโรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 มีการใช้พลังงานมากที่สุด คิดเป็น 45.26 เปอร์เซนต์ของการใช้พลังงานทั้งบริษัท

ตาราง 4.2 สัดส่วนการใช้พลังงาน บริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด พ.ศ. 2558

ส่วนงาน	รวมการใช้พลังงาน (ล้านเมกะจูล/ปี)	เปอร์เซนต์การใช้พลังงาน
โรงเชือด	280.95	31.24
โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1	32.97	3.67
โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2	407.03	45.26
โรงงานผลิตขนไก่ปั่น	162.81	18.10
บ่อบำบัดน้ำเสีย	8.83	0.98
หอพักพนักงาน	1.63	0.18
โรงผลิตหม้อไอน้ำ	5.19	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสัดส่วนการใช้พลังงานบริษัทบี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ส่วนที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ และส่วนสนับสนุนการผลิต โดยจะนำข้อมูลผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงานของโรงงานในส่วนที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มาสร้างสมการฐานด้านพลังงาน

4.1.2 ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน (specific energy consumption)

ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานในระดับรายผลผลิต ของโรงเชือด , โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1, โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 และโรงงานผลิตขนไก่ป่น โดยทำการเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2558 และ 2559 (เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม) ดังตารางที่ 4.3

ตาราง 4.3 ดัชนีการใช้พลังงานแต่ละโรงงานปี พ.ศ. 2558 เทียบกับ ปีพ.ศ. 2559

โรงงาน	ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
	เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2558 (เมกะจูลต่อตัน)	เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2559 (เมกะจูลต่อตัน)	
โรงเชือด	1,315	1,496	14%
โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 1	6,601	9,450	43%
โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2	14,857	16,465	11%
โรงงานผลิตขนไก่ป่น	4,580	5,386	18%

4.1.3 การสร้างสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation)

นำข้อมูลผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงาน มาคำนวณ หาสมการตัวแทนการใช้พลังงาน ใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยสร้างสมการเชิงเส้นอย่างง่าย โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ โดยได้สมการดังนี้

$$\text{การใช้พลังงาน} = 1{,}200\,(SLH) + 5{,}938\,(CPD1) + 11{,}960\,(CPD2) + 27{,}403\,(REN) + 2{,}597{,}723 \quad (13)$$

นำสมการมาทดสอบสมการ baseline ทดสอบโดยการนำค่าผลผลิต ใน ปี พ.ศ. 2559 แทนลงในสมการ Energy Baseline แล้วคำนวณหาค่า ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานที่ได้จากการคาดการจากสมการและค่าการใช้พลังงานจริง พบว่าการใช้พลังงานเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2559 มีการใช้พลังงานสูงกว่าเรคาดการณ์ 10.64 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงานจากการใช้งานจริงกับค่าคาดการณ์

ค่า SEC จากการคาดการณ์	ค่า SEC จากการใช้พลังงานจริง	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
2,992.37	3,387.78	10.64

4.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ (Yakitori Chicken Product)

กระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ จะเริ่มกระบวนการผลิตตั้งแต่ที่โรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อไก่ ขั้นตอนการผลิตเริ่มที่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ หั่นและตัดแต่งเนื้อไก่ หลังจากนั้นนำไปหมักที่เครื่องหมัก นำไปเสียบไม้ และรอการจัดส่งไปที่โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 โดยมีกำลังการผลิตสินค้าต่อเดือนประมาณ 400 ตันสินค้า มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตเรียงตามลำดับค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริแต่ละส่วนงานที่โรงเชือด

ระบบ	พลังงาน (เมกะจูล/เดือน)	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาท)	เปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่าย
ระบบทำความเย็น	399,149	364,203	63.37
เครื่องจักรในกระบวนการผลิต	628,213	154,099	26.81
ระบบปรับอากาศ	168,060	43,256	7.53
ระบบลมอัด	8,304	7,577	1.32
ระบบแสงสว่าง	6,113	5,578	0.97
รวม	1,089,187	574,714	100

ในส่วนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริที่โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2 จะเริ่มกระบวนการผลิตตั้งแต่การรับไก่จากโรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อไก่ หลักจากนั้นวัตถุดิบจะถูกนำแช่เย็นที่ อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียสหลังจากนั้นนำไปนึ่งด้วยเครื่องนึ่งเพื่อให้ทำให้เนื้อไก่สุกและนำไปย่างเพื่อให้เกิดสีและกลิ่นตามที่ต้องการ ก่อนที่จะส่งเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแช่เยือกแข็ง และเครื่องบรรจุ โดยมีกำลังการผลิตสินค้าต่อเดือนประมาณ 300 ตันสินค้า มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตเรียงตามลำดับค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริแต่ละส่วนงานที่โรงปรุงสุก 2

ระบบ	พลังงาน (เมกะจูล/เดือน)	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาท)	เปอร์เซ็นต์ ค่าใช้จ่าย
เครื่องจักรในกระบวนการผลิต	510,367	3,245,893	55.07
ระบบปรับอากาศ	1,530,860	2,039,640	34.60
ระบบทำความเย็น	473,142	433,530	7.36
ระบบแสงสว่าง	178,896	163,919	2.78
ระบบลมอัด	12,398	11,360	0.19
รวม	2,705,665	5,894,343	100

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริโรงงานปรุงสุกแห่งที่ 2 เดือนมิถุนายน 2559

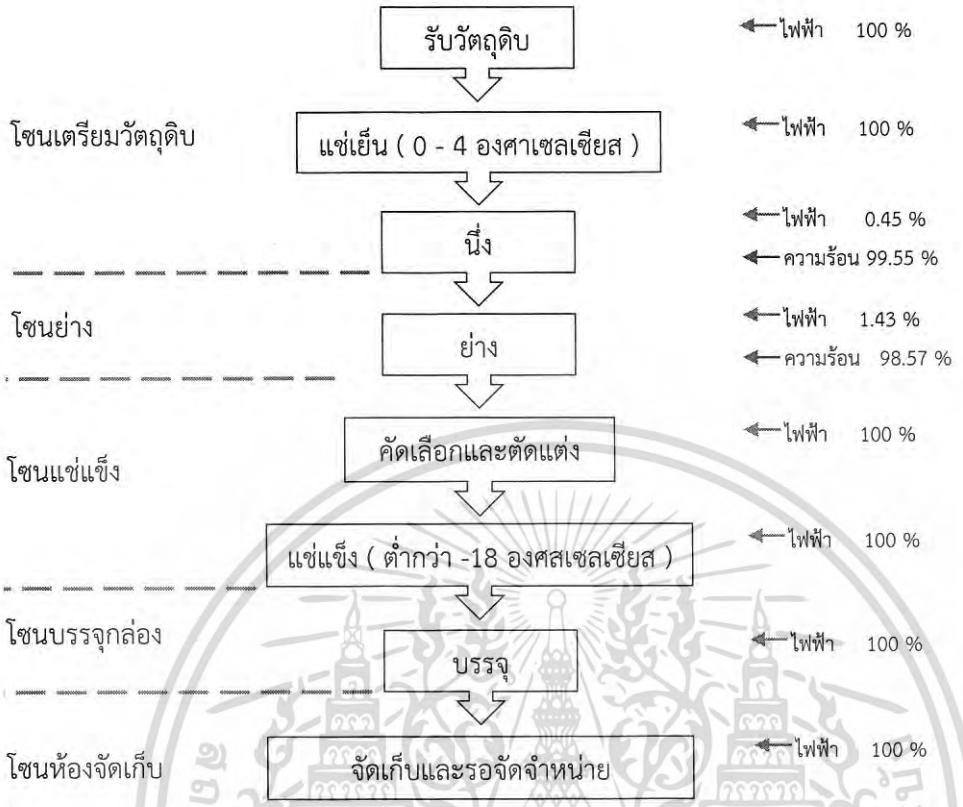
โรงงาน	ปริมาณการผลิต (กิโลกรัมสินค้า)	ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้าน พลังงานต่อปริมาณการผลิต (บาทต่อกิโลกรัมสินค้า)	เปอร์เซ็นต์ ค่าใช้จ่ายด้าน พลังงาน
โรงงานปรุงสุกไก่ที่ 2	299,482	19.68	93.8
โรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อไก่	430,314	1.34	6.2

เพราะฉะนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริที่โรงงานปรุงสุก 2 เนื่องจากมีต้นทุนการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตคิดเป็น 93.8 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งหมด

4.2.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่โรงงานปรุงสุกที่ 2

โรงงานปรุงสุกที่ 2 กระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริมีโซนการผลิตแบ่งตามผังโรงงานได้ 6 โซน ได้แก่ โซนเตรียมวัตถุดิบ โซนย่าง โซนแช่แข็ง โซนบรรจุลงกล่อง โซนห้องจัดเก็บและโซนสนับสนุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนแต่ละกระบวนการในการผลิตไก่ย่างยากิโทริ

จากการตรวจวัดและการคำนวณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริที่โรงงานปรุงสุกที่ 2 พบว่าเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านความร้อนได้แก่ เครื่องนึ่ง ซึ่งคิดเป็น 68.55 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อน และเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านไฟฟ้าได้แก่ระบบปรับอากาศซึ่งคิดเป็น 62.36 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายพลังงานด้านไฟฟ้า ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นมาตราการณ์อนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 4.8 เครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านความร้อนของการผลิตไก่ย่างยากิโทริ

เครื่องจักร	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน
เครื่องนึ่ง (Steamer)	68.55
เครื่องย่าง (Roaster)	24.07
อื่นๆ	7.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

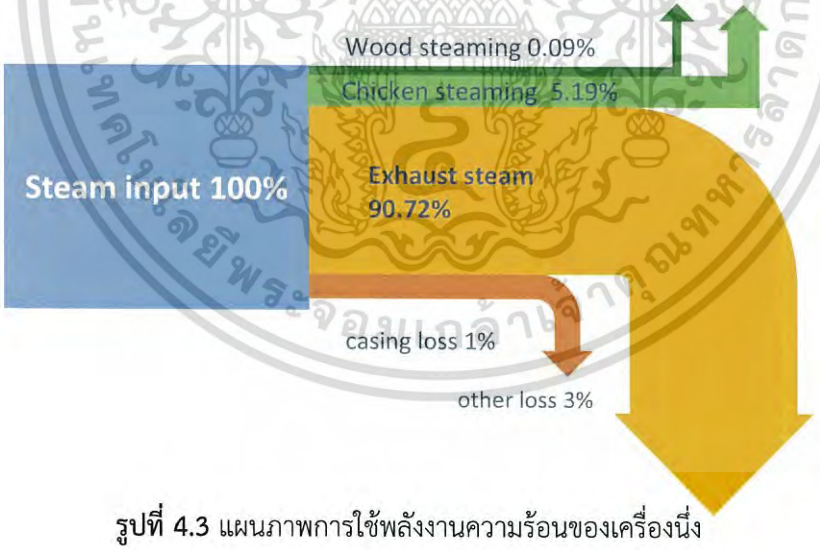
ตารางที่ 4.9 เครื่องจักรที่มีนัยสำคัญด้านไฟฟ้าของการผลิตไก่ย่างยากิโทริ

เครื่องจักร	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน
ระบบปรับอากาศ	62.36
ระบบทำความเย็น	13.25
ระบบระบายอากาศ	9.29
อื่นๆ	15.09

4.3 การวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

4.3.1 การใช้พลังงานในกระบวนการที่มีนัยสำคัญด้านความร้อน

เครื่องนึ่ง (Steamer) เป็นกระบวนการทำอาหารให้สุกโดยการผ่านความร้อนจากไอน้ำ ความร้อนจากไอน้ำจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหาร ด้วยการพาความร้อน และเข้าสู่ภายในชิ้นอาหารด้วยการนำความร้อน จากการวิเคราะห์พบว่า 90 % ของการใช้พลังงานสูญเสียไปกับความร้อนทิ้ง ดังรูปที่ แผนภาพการใช้พลังงานความร้อนของเครื่องนึ่ง (Steam tunnel) จากการพิจารณาความร้อนทิ้งส่วนนี้ไม่มีศักยภาพเพียงพอต่อการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 4.3 แผนภาพการใช้พลังงานความร้อนของเครื่องนึ่ง

4.3.2 การใช้พลังงานในกระบวนการที่มีนัยสำคัญด้านไฟฟ้า

ระบบปรับอากาศที่ใช้ในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริ ที่โรงงานปรุงสุกที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในโซนต่างๆ

บริเวณ	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน
โซนเตรียมวัตถุดิบ	8.69
โซนห้องย่าง	45.41
โซนแช่แข็ง	19.96
โซนบรรจุลงกล่อง	3.36
โซนห้องแช่แข็ง	18.94
โซนสนับสนุนการผลิต	3.38

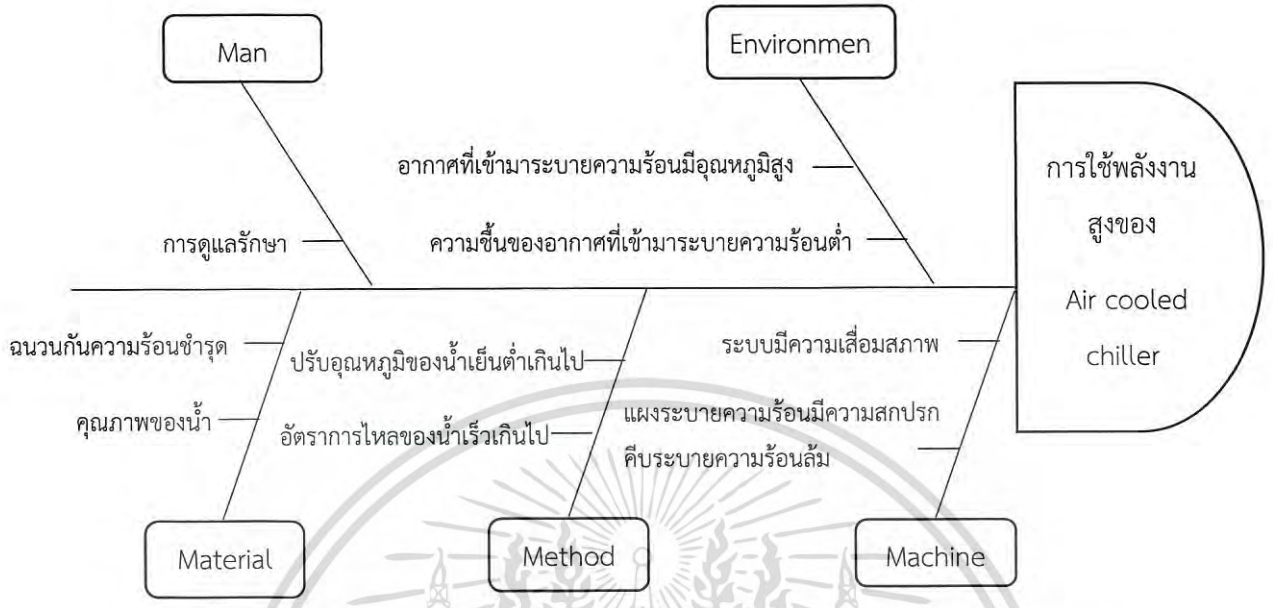
จากตารางที่ 4.10 พบว่าระบบปรับอากาศในโซนห้องย่างมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นระบบปรับอากาศระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น เป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนของสารทำความเย็น (Air cooled chiller) โดยเครื่องอัดไอที่ใช้งานเป็นเครื่องอัดไอแบบสกรู (Screw type) โดยเครื่องทำความเย็นที่ใช้สำหรับโซนห้องย่างรุ่น RTAD 115 ตัน และ RTAC 200 ตัน ซึ่งมีค่าสมรรถนะของการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) และค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพของ Air cooled chiller

ระบบทำความเย็น	ค่าสมรรถนะของการทำความเย็น	ค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)
Air cooled chiller ขนาด 115 ตัน	3.65	0.96
Air cooled chiller ขนาด 200 ตัน	3.85	0.91

เนื่องจากระบบ Air cooled chiller มีการค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้ามากที่สุดในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริ จึงได้นำแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ Air cooled chiller มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการใช้พลังงานสูงของ Air cooled chiller

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ Air cooled chiller มีการใช้พลังงานสูง พบว่ายังเหลือ 2 สาเหตุที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข คือ อากาศที่เข้ามาระบายความร้อนกับสารทำความเย็นที่แผงระบายความร้อน (Condenser) มีอุณหภูมิสูง และ มีความชื้นต่ำ ซึ่งข้อมูล Performance Data จากผู้ผลิตระบบปรับอากาศ (Trane) ดังรูปที่ 4.5 พบว่าถ้าอุณหภูมิที่เข้ามาและเปลี่ยนความร้อนกับแผงระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้ค่าสมรรถนะของการทำความเย็นสูงขึ้น จึงเป็นที่มาของการเสนอมาตรการณ์ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิหรือแผงรังผึ้ง (Evaporative cooling pads) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงระบายความร้อน (Condenser)

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศแลกเปลี่ยนความร้อนกับแผงระบายความร้อนกับค่าค่าสมรรถนะของการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 มาตรการณ์ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงระบายความร้อน

การลดอุณหภูมิอากาศโดยแผ่นลดอุณหภูมิเป็นการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง อาศัยหลักการพื้นฐานของธรรมชาติใช้การระเหยของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนแฝงของอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิที่ต่ำลง และมีความชื้นสูงขึ้น

4.3.3.1 หลักการของระบบความเย็นแบบระเหยโดยตรงโดยแผ่นลดอุณหภูมิ

ระบบจะประกอบด้วยถังพักน้ำขนาดใหญ่ ปั๊มน้ำ แผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pads) และพัดลม โดยปั๊มน้ำจะสูบน้ำจากถังพัก และปล่อยน้ำสู่ด้านบนของแผ่นลดอุณหภูมิ พัดลมจะดูดอากาศร้อนให้ผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ น้ำที่ไหลผ่านแผ่นลดอุณหภูมิจะถูกเพิ่ม พื้นที่ผิว และลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับอากาศ เมื่ออากาศร้อนผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ อากาศและน้ำจะสัมผัสในทิศทางที่ตั้งฉากกัน อากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ ดังรูปที่ 2 ผลที่ได้คืออากาศร้อนอุณหภูมิจะลดลงและมีปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศใกล้เคียง

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิอากาศ รุ่น RTAD 115

รายการ	หน่วย	ก่อนติดตั้ง แผ่นลดอุณหภูมิอากาศ	หลังติดตั้ง แผ่นลดอุณหภูมิอากาศ
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ	(kW/Ton)	1.26	0.94
ค่าสมรรถนะของการทำความเย็น (COP)	-	2.78	3.75
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบทำความเย็นเฉลี่ย	kW	146	117.13
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	บาทต่อปี	2,841,828.10	2,279,840.18
ผลประหยัดที่เกิดขึ้น	บาทต่อปี	561,987.91	
เงินลงทุน	บาท	420,000	
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	0.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานอาหารของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตของกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ และเพื่อหามาตราการณ์ในการลดการใช้พลังงานของโรงงาน

บริษัท บี. ฟู้ดส์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด มีการใช้พลังงานมากที่สุดที่โรงงานปรุงสุก 2 สมการ base line ที่ใช้ประเมินความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน = 1,200(SLH) + 5,938 (CPD1) + 11,960 (CPD2)+ 27,403 (REN) + 2,597,723 ในส่วนการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไก่ย่างยากิโทริพบว่ามีต้นทุนการใช้พลังงานประมาณ 22 บาทต่อกิโลกรัมสินค้า หรือประมาณ 0.68 บาทต่อไม้ โดยมีการใช้พลังงานความร้อนมากที่สุดที่เครื่องนึ่ง และการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดที่ระบบปรับอากาศในห้องย่าง จึงเสนอแนวทางเพื่อจัดทำเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงาน คือ การติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 574,018 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 20 % โดยระยะคืนทุนของมาตรการเท่ากับ 0.76 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สมการ base line ที่ใช้ข้อมูลรวมฐานการใช้พลังงานของปี 2558 อาจจะยังไม่เพียงพอต่อการจัดทำเป็นสมการ base line จึงควรมีการจัดเก็บข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อที่จะได้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างในการคาดการการใช้พลังงานได้น้อยลง

5.2.2 การติดตั้ง Steam meter ภายในกระบวนการ เพื่อให้สามารถตรวจติดตาม ประเมินผล รวมถึงหามาตรการ เพื่ออนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. **การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน.** [Online]. Available : http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=102#.

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2559. **คู่มือการทบทวนการใช้พลังงานและค่ามาตรฐานและดัชนีการใช้พลังงาน.** [Online]. Available: www.ueet.co.th.

[3] ธงไชย เดิมดา และ นุภาพ แย้มไตรพัฒน์, "การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์." **วิศวสารลาดกระบัง.** 27(4) : 49-54

[4] ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2559. [ออนไลน์]. Available: http://www.ecct-th.org/main/contact.htm.

[5] อภิชาต อาจนาเสียว และ ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย, "การประหยัดพลังงานโดยใช้คูลลิ่งแพดที่คอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น." **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22.** 2551(3) : 112-115

[6] E.-t. learning. 2559. โครงสร้างการจัดการพลังงาน. [ออนไลน์]. Available: http://e-learning.e-tech.ac.th/learning3/course/view.php?id=59#section11.

[7] Hajidavalloo, E. 2007. "Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner." **Applied Thermal Enginee-ring.** 27 : 1937–1943

[8] Layco. 2016. **Evaporative cooling pads.** [Online]. Available : http://climasleyco.com/wp/

[9] Malli, A., Seyf, H.R., Layeghi, M., Sharifian, S., and Behravesh, H. 2011. "Investigating the performance of cellulosic evaporative cooling pads." **Energy Conversion and Management.** 2011(52) : 2598-2603

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ปริมาณการใช้พลังงานรวมรายเดือนของบริษัทบี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ตารางที่ ก1 ปริมาณการใช้พลังงานรวมรายเดือนของบริษัทบี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ปี พ.ศ. 2558

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (เมกะจูล/ตัน)
		ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)	
ม.ค. 58	19,214.99	2,615,183.80	13,030,546.22	1,168.11
ก.พ. 58	14,271.20	2,265,936.09	10,310,068.08	1,294.04
มี.ค. 58	18,273.55	2,934,978.86	13,135,445.80	1,297.03
เม.ย. 58	16,767.65	2,697,908.70	11,627,812.83	1,272.71
พ.ค. 58	17,720.04	3,068,671.60	12,520,580.45	1,330.01
มิ.ย. 58	17,659.80	2,941,632.50	14,325,957.76	1,410.88
ก.ค. 58	16,677.71	2,962,422.40	13,492,749.82	1,448.49
ส.ค. 58	17,627.44	2,835,917.00	11,998,586.65	1,259.85
ก.ย. 58	19,467.82	2,946,923.46	13,415,321.65	1,234.05
ต.ค. 58	20,288.36	2,923,231.44	13,365,765.83	1,177.49
พ.ย. 58	18,455.94	2,785,580.60	15,898,516.73	1,404.78
ธ.ค. 58	17,765.97	2,684,683.50	16,640,072.86	1,480.64
รวม	214,190.47	33,663,069.95	159,761,424.67	
เฉลี่ย	17,849.21	2,805,255.83	13,313,452.06	1,314.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 ปริมาณการใช้พลังงานรวมรายเดือนของบริษัทบี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ปี พ.ศ. 2559

เดือน	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ(SEC) (เมกะจูล/ตัน)
		ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)	
ม.ค. 59	17,346.19	2,398,321	12,537,086	1,220.50
ก.พ. 59	15,068.15	2,186,757	12,451,869	1,348.82
มี.ค. 59	18,519.46	2,901,322	15,786,069	1,416.39
เม.ย. 59	15,249.72	2,621,151	14,535,645	1,571.95
พ.ค. 59	16,988.98	2,761,433	17,391,713	1,608.86
มิ.ย. 59	17,984.35	2,790,708	17,589,624	1,536.68
ก.ค. 59	14,579.71	2,629,605	14,040,434	1,612.31
ส.ค. 59	18,712.63	2,829,536	19,879,720	1,606.72
ก.ย. 59	17,664.24	2,612,313	19,681,350	1,646.59
ต.ค. 59	17,064.25	2,717,128	14,069,226	1,397.71
พ.ย. 59	-	-	-	
ธ.ค. 59	-	-	-	
รวม	169,177.66	26,448,274.43	157,962,737.40	
เฉลี่ย	14,098.14	2,204,022.87	13,163,561.45	1,496.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ก-1 การใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

โปรแกรม Microsoft Excel มีความสามารถในการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาค่าทางสถิติต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับเจ้าหน้าที่ด้านพลังงาน โดยจะต้องติดตั้ง Data Analysis Function ก่อนจึงจะสามารถทำการวิเคราะห์ดังกล่าวได้ วิธีการตรวจสอบการติดตั้ง Data Analysis Function ในโปรแกรม Microsoft Excel ให้สังเกตว่าด้านขวาของเมนู Data มีคำว่า "Data Analysis" หรือไม่ กรณีที่ไม่ได้ติดตั้งมากับโปรแกรม Microsoft Excel ให้ดูขั้น ตอนการติดตั้งได้จาก web site ของ Microsoft ที่ http://office.microsoft. com/en-us/excel-help/load-the-analysis-toolpak-HP010021569.aspx

ก-2 การสร้างสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation) ที่มี ตัวแปรเดียวโดยการสร้างแผนภูมิเส้นตรง (Linear Plot)

โปรแกรม Microsoft Excel สามารถสร้างแผนภูมิพร้อมแสดงสมการได้ หลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นเส้นตรง (Linear) และไม่ใช่เส้นตรง (Non-Linear) ได้แก่ exponential, logarithmic, polynomial, power และ moving average อย่างไร ก็ตาม ในที่นี้จะแสดงเฉพาะกรณีสร้างแผนภูมิสมการเส้นตรงเท่านั้น ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิเส้นตรงพร้อมสมการและค่า R^2

1. กรอกข้อมูลพลังงานและตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภูมิลงในตาราง ของ Microsoft Excel แสดงตารางค่าพลังงานรวมและ ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ จะเป็นการสร้างแผนภูมิเส้นตรงระหว่างพลังงานรวมกับกำลัง การผลิตรวม
2. เลือก Cells B สำหรับพลังงานรวม
3. กด control ค้างไว้และเลือก สำหรับกำลังการผลิตรวม
4. เลือก scattered plot จากเมนู insert
5. เลือก scatter แบบที่ไม่มีเส้น
6. Microsoft Excel จะสร้างแผนภูมิตามที่ระบุ
7. คลิกซ้ายเลือกจุดใดจุดหนึ่งของข้อมูล Microsoft Excel จะเลือกข้อมูล ทุกจุด
8. คลิกขวาที่จุดใดจุดหนึ่ง เมนูย่อยจะปรากฏขึ้น เลือก Add Trend line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Microsoft Excel จะสร้างเส้นตรง พร้อมแสดงสมการและค่า R2 ลง บนแผนภูมิ scatter ที่สร้างไว้ก่อนหน้านี้
10. ค่า R2 ที่เหมาะสมต้อง ≥ 0.75 กรณีที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ อาจหมายถึง
    - ➢ ความสามารถในการควบคุมที่ไม่ดี
    - ➢ มีตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานมากกว่า 1 รายการ

ก-3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

1. กรอกข้อมูลพลังงานและตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ลงในตารางของ Microsoft Excel โดยควรมีข้อมูลอย่างน้อย 12 ค่าต่อประเภทข้อมูล
2. คลิกเลือก Data Analysis Function จากเมนู Data
3. Microsoft Excel จะแสดง Data Analysis Selection Box เลื่อน Side bar จนพบ “Regression” แล้วคลิก “OK”
4. Microsoft Excel จะแสดง Regression Data Entry Box
5. คลิกที่สัญลักษณ์ ของช่อง “Input Y Range” เพื่อเลือกข้อมูลที่ เป็นค่า Y หรือในกรณีนี้คือ “พลังงานรวม” (Cells B3 ถึง B14)
6. คลิกที่สัญลักษณ์ ของช่อง “Input X Range” เพื่อเลือกข้อมูลที่ เป็นค่า X หรือในกรณีนี้คือ “ตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ค่า p-Value” ตัวอย่างเช่น กรณีต้องการวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ A ให้เลือก Cells C3 ถึง C14)
7. เมื่อเลือกข้อมูลครบถ้วนแล้ว Regression Data Entry Box จะเป็น ดังนี้
8. คลิก OK

ก-4 การสร้างสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation) แบบหลายตัวแปรโดยการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

ในบางกรณี การใช้พลังงานไม่สามารถอธิบายได้โดยสมการที่มีเพียงตัวแปร เดียว จำเป็นต้องใช้สมการที่มีหลายตัวแปร “Data Analysis” Function ใน Microsoft Excel ที่กล่าวถึงในหัวข้อ ก-1 สามารถใช้วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับสมการหลายตัวแปร โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับการวิเคราะห์หาค่า p-Value ในหัวข้อ ก-2 อย่างไรก็ตาม การใช้ Microsoft Excel เพื่อวัตถุประสงค์นี้มีข้อจำกัด 2 ประการ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในการกรอกข้อมูลใส่ตารางของ Microsoft Excel ค่าตัวแปรทั้งหมด ต้องอยู่ Column ติดกัน การกดแป้น control แล้วเลือกค่าที่อยู่ ห่างกันไม่สามารถใช้งานได้ในกรณีนี้
2. Microsoft Excel สามารถสร้างสมการที่มีตัวแปรสูงสุด 16 ตัวแปร

การสร้างสมการหลายตัวแปรนี้ เป็นขั้นตอนหลังจากที่ได้มีการระดมสมองเพื่อ รวบรวมตัวแปรที่ “อาจ” มีผลต่อการใช้พลังงาน และได้วิเคราะห์ค่า p-Value ของแต่ละตัวแปร และตัดตัวแปรที่ค่า p-Value ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ตัวแปรที่มีค่า p-Value ตามเกณฑ์เพื่อนำมาสร้างสมการต่อไป ขั้นตอนการสร้างสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation)

1. จัดข้อมูลที่จะเป็นค่า X ให้อยู่ Column ติดกัน
2. คลิกเลือก Data Analysis Function จากเมนู Data
3. Microsoft Excel จะแสดง Data Analysis Selection Box เลื่อน Side bar จนพบ “Regression” แล้วคลิก “OK”
4. Microsoft Excel จะแสดง Regression Data Entry Box
5. คลิกที่สัญลักษณ์ ของช่อง “Input Y Range” เพื่อเลือกข้อมูล ที่เป็นค่า Y หรือในกรณีนี้ คือ “พลังงานรวม” (Cells B3 ถึง B14)
6. คลิกที่สัญลักษณ์ ของช่อง “Input X Range” เพื่อเลือกข้อมูลที่ เป็นค่า X หรือในกรณีนี้ คือ “ตัวแปรที่ต้องการสร้างสมการ” กรณีนี้ ให้เลือก Cells C3 ถึง C14, D3 ถึง D14,E3 ถึง E14 และ F3 ถึง F14, • เมื่อเลือกข้อมูลครบถ้วนแล้ว Regression Data Entry Box จะเป็น ดังที่แสดงในรูปที่ ก-6
7. คลิก OK
8. Microsoft Excel จะสร้าง Worksheet ใหม่ที่มีผลการวิเคราะห์ทาง สถิติต่างๆ

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.837590702
R Square	0.701558184
Adjusted R Squa	0.531020003
Standard Error	2851484.409
Observations	12

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	4	1.33796E+14	3.34491E+13	4.113789535	0.050178068
Residual	7	5.69167E+13	8.13096E+12		
Total	11	1.90713E+14			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*.ower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	2597723.675	15249146.1	0.170352075	0.869552377	-33460777.01	38656224.36	-33460777	38656224.36
X Variable 1	1200.033025	750.1090403	1.599811442	0.153673447	-573.6930029	2973.759053	-573.693	2973.759053
X Variable 2	5938.607101	17349.01277	0.342302307	0.74217119	-35085.28923	46962.50343	-35085.29	46962.50343
X Variable 3	11960.89304	9800.212135	1.220472871	0.261799405	-11212.92624	35134.71232	-11212.93	35134.71232
X Variable 4	27403.72615	65712.91174	0.41077095	0.693523416	-130347.2429	185154.6952	-130347.2	185154.6952

รูปที่ ก-1 แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- X Variable 1, 2, 3 และ 4 เรียงตามลำดับที่ตัวแปรปรากฏในตาราง ข้อมูล ดังนั้น ในกรณีนี้

- X Variable 1 คือผลิตภัณฑ์ จากโรงเชือด

- X Variable 2 คือผลิตภัณฑ์ จากโรงปรุงสุก1

- X Variable 3 คือผลิตภัณฑ์ จากโรงปรุงสุก2

- X Variable 4 คือผลิตภัณฑ์ โรงผลิตขนไก่ป่น

- ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแต่ละตัวแปรปรากฏอยู่ใน column ใต้คำว่า Coefficients หลังตัวแปรนั้น ดังนั้น ในกรณีนี้

*สัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ A = 1200.033025

*สัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ B = 5938.607101

*สัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ D = 11960.89304

*สัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ E = 27403.72615

o ค่า Y-Intercept ปรากฏอยู่ใน column ใต้คำว่า Coefficients หลัง คำว่า Intercept ในกรณีนี้เท่ากับ 2597723.675

o ดังนั้น สมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation) ของ บริษัท สารพันเคมีภัณฑ์ จำกัด สำหรับปีฐาน (พ.ศ. 2554) มีรูปแบบ ดังต่อไปนี้

Energy = 1,200 (SLH)+5,938 (CPD1)+11,960 (CPD2)+27,403 (REN)+2,597,723

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เครื่องจักรและปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ

ตารางที่ ค 1 เครื่องจักรและปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสินค้าไก่ย่างยากิโทริ

ลำดับ	เครื่องจักร/อุปกรณ์	จำนวน	ชั่วโมงทำงาน	ไฟฟ้า		ความร้อน	
				ตรวจวัด/คำนวณ (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/day)	ตรวจวัด/คำนวณ (kW)	พลังงานความร้อน (kWh/day)
1	Steam box 1	1	22	1.5	33	523.79	4962.75
2	Steam box 2	1	22	1.5	33	614.30	5820.30
3	Steam tunnel	2	22	0.55	24.2	2467.56	86839.31
4	steam Impingement	2	22	8.74	384.56	239.42	7865.66
5	Automatic roaster machine	4	16	5	320	53.99	3455.52
6	Belt Conveyor	4	22	0.37	32.56	-	-
7	wire Mesh conveyor	4	22	0.37	32.56	-	-
8	vacuum Bag Sealer1	1	22	8.7	191.4	-	-
9	vacuum Bag Sealer2	1	22	5.5	121	-	-
10	Cabinet Freezer	2	22	16	704	-	-
11	tunnel freezer	1	22	91.85	2020.7	-	-
12	Air blast Freezer	1	22	4	88	-	-
13	Spiral yakitori	1	22	58	1276	-	-
14	Heat Sealer	3	22	2.5	165	-	-
15	Metal detector	4	22	0.5	44	-	-
16	Electric Lifting Door	1	22	0.55	12.1	-	-
17	Bag Sealer1	1	22	2.5	55	-	-
18	Metal detector	1	22	0.5	11	-	-
19	Wrapping Machine	1	16	0.8	1.62	-	-
20	Automatic washing machine(roast zone)	1	16.8	23.75	399	159.27	2675.82
21	Automatic washing machine(freezing zone)	1	19.25	23.75	457.18	159.27	3066.04
22	steam box (ล้างอุปกรณ์)	3	4.83	1.5	21.73	119.45	1730.92
23	เตาย่าง	60	16	0	0	19.31144	18538.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้