กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

เอกสารเผยแพร่

กรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน

อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจากรายงานการใช้พลังงานประจำเดือนธันวาคม 2554 พบว่าปริมาณการใช้พลังงานของประเทศในส่วนของภาคอุตสาหกรรม มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงถึงกว่า 36% ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ ถ้าหากปล่อยให้การใช้พลังงานเป็นไปตามสภาพปัจจุบันก็จะเกิดผลกระทบต่อการใช้พลังงานของประเทศ และจากที่ผ่านมา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมให้กับภาคอุตสาหกรรมทั้งโรงงานควบคุมและ SME ไม่น้อยกว่า 3,000 แห่ง และได้ผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก แต่เนื่องจากโรงงานต่างๆ ยังมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งการดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวให้ครอบคลุมทั้งหมด จะต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมหาศาลและอาจจะต้องใช้ระยะเวลานานมาก ดังนั้น สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน จึงมีแนวคิดที่จะนำผลสำเร็จจากโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม มาจัดทำเป็นกรณีศึกษาแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และจัดทำเป็นเอกสารเผยแพร่ให้แก่โรงงาน แยกตามประเภทอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการขยายผลการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

เอกสารเผยแพร่ฉบับนี้ ได้รวบรวมกรณีตัวอย่างของมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบความสำเร็จ จากโครงการต่าง ๆ ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้แก่ โครงการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีส่วนร่วม โครงการ Standard Measure โครงการกองทุนหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โครงการส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต รวมถึงสถานประกอบการที่ได้รับรางวัล Thailand Energy Awards ในอุตสาหกรรมอาหาร

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน หวังว่าเอกสารเผยแพร่ฉบับนี้ จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นต่อบุคลากรของสถานประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป ให้เกิดความรู้ความสามารถในการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สารบัญ

คำนำ

กรณีศึกษาที่ 1 การปรับปรุงแผนกกะเทาะทิวเพื่อเพิ่มผลผลิต 1
(บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ปล่องไอเสียเตาเผาขนสุกร 6
(บริษัท เบทาโกรเซฟตี้มีทแพคกิ้ง จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 3 การควบคุมปริมาณอากาศให้สัมพันธ์กับความชื้นในการอบแห้งผลไม้แบบอัตโนมัติ 10
(บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 4 การหุ้มฉนวนถังต้มน้ำร้อน 14
(บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 5 การเปลี่ยนลักษณะการอบแบบ Indirect Heat เป็นการอบแบบ Direct Heat 19
(บริษัท ผลิตภัณฑ์ฟ้าไทยอมรฟู้ด จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 6 การลดเครื่องจักรในระบบลำเลียงข้าวโพดลงถังบด 23
(บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 7 การปรับตั้งอุณหภูมิ Set point ของเครื่องล้างถาดให้เหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงาน 27
(บริษัท ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง))

กรณีศึกษาที่ 8 การลดจำนวน Heater ของเตาอบ MIWE 31
(บริษัท ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง))

กรณีศึกษาที่ 9 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบดหมูอ่อน 34
(บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 10 การปรับเพิ่มอุณหภูมิ Set point ของอุณหภูมิห้องเก็บไข่ 38
(บริษัท ซี.พี. ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง))

กรณีศึกษาที่ 11 การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำเสียโรงงานชำแหละสุกร 42
(บริษัทเบทาโกรเซฟตี้มีทแพคกิ้ง จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 12 การผลิตน้ำเย็นโดยใช้ Absorption Chiller (เชื้อเพลิงไม้ฟืน) แทนการใช้ Compressor 45
(บจก. แปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ)

กรณีศึกษาที่ 13 การปรับเทียบและล้างทำความสะอาดชุดควบคุมการทำงานของ Cooling Tower 49
(บริษัท ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง))

กรณีศึกษาที่ 14 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเตาโดยใช้เทคโนโลยีไมโครอิมัลชั่น (Micro-emulsion System, MEC) 53
(บริษัท สยามอุตสาหกรรมเกษตรอาหาร จำกัด (มหาชน))

กรณีศึกษาที่ 15 การปรับปรุงคุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อลดการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำ 57
(บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 16 การหุ้มฉนวนระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ 63
(บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด)

กรณีศึกษาที่ 17 การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ภายในฟาร์มสุกร (บริษัท เบทาโกรไฮบริดอินเตอร์ เนชั่นแนล จำกัดฟาร์ม 5) 68
กรณีศึกษาที่ 18 การเปลี่ยนหม้อไอน้ำจากเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด) 73
กรณีศึกษาที่ 19 ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Co-generation) (บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ สระบุรี 78
กรณีศึกษาที่ 20 ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว (บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ สระบุรี 82

กรณีศึกษาที่ 1

การปรับปรุงแผนกกะเทาะทิวเพื่อเพิ่มผลผลิต

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด

สถานที่ตั้ง: 57 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5
ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม 73220

ผลิตภัณฑ์: กะทิ วุ้นมะพร้าว

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตมะพร้าวขาวของบริษัทฯ เริ่มจากการกะเทาะกะลามะพร้าวโดยใช้เครื่องกะเทาะก้นกะลามะพร้าวเพื่อให้สามารถปลอกกะลาได้ง่ายขึ้นซึ่งในกระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและคนงานในการกะเทาะก้นกะลา จากการจับเวลาในการกะเทาะก้นกะลาและการเจาะน้ำจะใช้เวลาประมาณ 10 วินาทีต่อลูกและใช้คนงานประมาณ 8 คน จากนั้นจะส่งต่อไปทิวผิวมะพร้าวดำด้วยเครื่องทิวผิวมะพร้าว หลังจากทิวผิวดำออกเรียบร้อยแล้วจะใช้มีดในการสับย่อยมะพร้าวลูกให้เป็นชิ้นที่เล็กลงก่อนที่จะใส่ลงในตะกร้า จากนั้นมะพร้าวชิ้นจะถูกส่งต่อมายังจุดชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกน้ำหนักในการทิวผิวของพนักงานแต่ละคน จากกระบวนการสับชิ้นมะพร้าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3 วินาที/ลูก หากเปรียบเทียบกำลังการผลิตมะพร้าวในปัจจุบันโดยเฉลี่ย 60,000 ลูก/วัน พบว่ามีการสูญเสียเวลาในการสับชิ้นมะพร้าวเท่ากับ 180,000 วินาที/วัน หากใช้เวลาดังกล่าวให้พนักงานทิวผิวมะพร้าวซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 8 วินาที/ลูก ทำให้สามารถทิวผิวมะพร้าวได้เพิ่มมากขึ้น 22,500 ลูก/วัน

รูปที่ 1.1 ก่อนดำเนินการปรับปรุง

ดังนั้นหากมีการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการทำงานยกเลิกการกะเทาะก้นกะลาและการเจาะน้ำและลดขั้นตอนในการสับมะพร้าวของแต่ละคนลงไป โดยการใช้เครื่องจักรเข้ามาทดแทนจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมะพร้าวขาวได้เพิ่มมากขึ้นและสามารถผลิตมะพร้าวขาวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตได้เพิ่มสูงขึ้น

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การลดต้นทุนการผลิตในส่วนของกระบวนการผลิตในการลดต้นทุนด้านพลังงาน นอกจากควรจะมีอุปกรณ์ผลิตพลังงาน อุปกรณ์แปรรูปพลังงานที่มีประสิทธิภาพดีแล้ว ถ้าหากโรงงานมีกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพต่ำหรือมีการจัดการผลิตที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นควรดำเนินการดังนี้

- ดำเนินการผลิตที่ภาระใกล้เคียงพิกัดหรือเต็มพิกัด เครื่องจักรโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพสูงที่ภาระเต็มพิกัด ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง มีโรงงานบางแห่งที่ผลิตตามใบสั่งซื้อระยะสั้น ซึ่งทำให้ต้องผลิตที่ภาระต่ำมากกว่าพิกัดของเครื่องจักร ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของผลผลิตนั้นสูงขึ้น ซึ่งอาจจะไม่ได้กำไรหรือขาดทุนเลย ดังนั้นทางโรงงานควรรับใบสั่งซื้อในระยะเวลานานๆเพื่อจะได้รวมใบสั่งซื้อและจัดแผนการผลิตให้เหมาะสม หรืออีกแนวทางหนึ่งคือโรงงานผลิตให้เต็มที่เก็บไว้ ซึ่งอาจจะสามารถลดเวลาการผลิตลงจากเดิมได้ ซึ่งคือการลดต้นทุนการผลิตเช่นกัน
- ควรทำการผลิตอย่างต่อเนื่อง เครื่องจักรที่ทำการผลิตควรเดินอย่างต่อเนื่องโดย Break down ให้น้อยที่สุดซึ่งจะทำให้ผลิตได้มากขึ้นในช่วงเวลาเท่าเดิม
- ควรจัดการใช้เครื่องจักรอย่างเหมาะสม บางโรงงานมีสายการผลิตอยู่หลายสายจึงควรทำการจัดการการใช้ให้เหมาะสมโดยเลือกใช้สายที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดเป็นหลัก ดังนั้นทางโรงงานจะต้องทราบว่าเครื่องจักรชุดไหนมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ดี โดยต้องทำการตรวจวัดและบันทึกเพื่อให้ทราบต้นทุนการผลิตที่แท้จริงของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
- ควรจัดการและดูแลให้เครื่องจักรชำรุดน้อยที่สุด การที่เครื่องจักรชำรุดหรือเสียหายบ่อยจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นทางโรงงานควรจัดทำแผนการบำรุงรักษาที่ดี รวมทั้งจัดทำสำรองอะไหล่ต่างๆ เพื่อให้เครื่องหยุดเพื่อซ่อมบำรุงโดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด
- ขั้นตอนการผลิตควรจะสมดุลกันทั้งหมด ส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตมีอยู่หลายขั้นตอน ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนควรจะผลิตให้สมดุลกันและไม่ต้องรอซึ่งกันและกัน หมายความว่าไม่ควรมีคอขวดในแต่ละขั้นตอนการผลิตซึ่งบางอุตสาหกรรมทำให้ผลผลิตเสียหายจากการรอได้
- ควรจัดวางผังโรงงานในแต่ละขั้นตอนทำงานได้อย่างต่อเนื่องกัน เพื่อจะทำให้การผลิตต่อเนื่องจนจบกระบวนการโดยระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งใช้คนงานน้อยลงในแต่ละขั้นตอน
- ควรปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด ทั้งด้านไฟฟ้าและความร้อนรวมทั้งการสูญเสียน้ำ
- ควรเปลี่ยนเครื่องจักรเป็นเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงแทนเครื่องจักรเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำ
- การใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติแทนการใช้คนทำงาน เนื่องจากมีความเที่ยวตรงและมีต้นทุนการผลิตต่ำ
- ควรจัดเวลาการผลิตให้เหมาะสมกับอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้
- ควรจัดการผลิตให้คงที่ตลอดเวลาไม่แกว่งขึ้นลง เนื่องจากจะทำให้ต้นทุนค่าพลังงานสูงขึ้น เช่น ระบบผลิตและส่งจ่ายความร้อน จะมีการสูญเสียมากถ้าเดินที่ภาระต่ำ ดังนั้นฝ่ายผลิตต้องมีความเข้าใจในเรื่องการผลิตพลังงานด้วย
- ควรทำการสอบเทียบมาตรวัดต่างๆ อยู่ตลอดเวลา รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ อีกทั้งพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ใช้เวลาใช้พลังงานและน้ำน้อยที่สุด
- ควรหาทางแก้ไขให้มีการผลิตใหม่หรือ Reprocess ให้น้อยที่สุด บางอุตสาหกรรมเมื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายแล้ว เมื่อไม่ได้คุณภาพจะต้องนำชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์กลับมาเริ่มต้นผลิตใหม่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพที่ดีในแต่ละขั้นตอนที่ดีจะสามารถลดการสูญเสียจากการผลิตใหม่ Reprocess ได้
- ควรใช้พลังงานให้เหมาะสมกับการผลิต เช่น ใช้น้ำมันร้อนแทนการใช้ลมร้อนใช้ระบบ (Heat pumps) ในการลดความชื้นแทนการใช้เครื่องทำความร้อน เป็นต้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการในแผนกกระเทาะทิว รายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1 สรรหาแนวคิดในเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะพร้าวขาว
3.2 นำเสนอโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน
3.3 ทดลองเก็บข้อมูลก่อนการเปลี่ยนวิธีการทำงาน
3.3 สร้างเครื่องต้นแบบในการสับมะพร้าว
3.4 ทดสอบใช้งานเครื่องสับต้นแบบ
3.5 สรรหา Supplier ในการสร้างเครื่องสับมะพร้าว
3.6 คัดเลือก Supplier ในการสร้างเครื่องสับมะพร้าว
3.7 ดำเนินการสร้างเครื่องสับมะพร้าวโดย Supplier
3.8 ทำการติดตั้ง ทดสอบใช้งานเครื่องสับมะพร้าว
3.9 ดำเนินการสร้างระบบสายพานลำเลียง
3.10 ปรับปรุงระบบการชั่งน้ำหนักมะพร้าว
3.11 แก้ไขปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม
3.12 ติดตามโครงการ
3.13 สรุปผลโครงการ
3.14 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 เวลาในการสับมะพร้าวเฉลี่ย	t_1	min/pcs	3	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนทิวผิวมะพร้าว	n_1	pcs/day	60,000	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 เวลาในการทิวผิวมะพร้าวเฉลี่ย	t_2	min/pcs	8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 น้ำหนักมะพร้าวเฉลี่ย	m_1	kg/ลูก	0.3244	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 ปริมาณผลผลิตมะพร้าวขาวเฉลี่ยก่อนปรับปรุง	m_2	kg/day	28,028.16	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 การใช้พลังงานเฉลี่ยก่อนปรับปรุง	E_1	kWh/day	1,021.44	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 ค่าแรงในการทิวผิวของพนักงาน (ทิวผิว + สับชิ้น)	C_l	Baht/kg	1.37	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	300	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.25	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. การคำนวณผลการประหยัด				
2.1 เวลาที่เสียไปในการสับชิ้นมะพร้าว $t_3 = n_1 \times t_1$	t_3	min/day	180,000	
2.2 จำนวนเวลาในข้อ 2.1 หากใช้ในการทิวผิวทดแทนจะผลิตได้เพิ่มขึ้น $n_2 = t_3 / t_2$	n_2	ลูก/day	22,500	*มะพร้าวทิวผิวที่เพิ่มมากขึ้นต่อวัน
2.3 จากผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้นโดยจ่ายค่าแรงเท่าเดิมจึงเทียบเท่าผลประหยัดที่ได้จากค่าแรงงาน $C_{s,1} = n_2 \times m_1 \times C_l$	$C_{s,1}$	Baht/day	10,000	
2.4 ค่าแรงที่ประหยัดได้ต่อปี $C_{s,2} = C_{s,1} \times d$	$C_{s,2}$	Baht/yr	3,000,000	
2.5 ผลผลิตมะพร้าวขาวต่อปีที่หลังปรับปรุง $m_3 = m_2 \times (n_2 + n_1)/n_1 \times d$	m_3	kg/yr	11,561,616	
2.6 ผลผลิตมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นต่อปี $m_4 = m_3 - m_2 \times d$	m_4	kg/yr	3,153,168	
2.7 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าใกล้เคียงค่าเดิม) $E_s = m_4 \times E_1 / m_2$	E_s	kWh/yr	114,912.00	
2.8 ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ $C_{s,3} = E_s \times C_e$	$C_{s,3}$	Baht/yr	373,464.00	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	800,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / (C_{s,2} + C_{s,3})$	PB	yr	0.24	

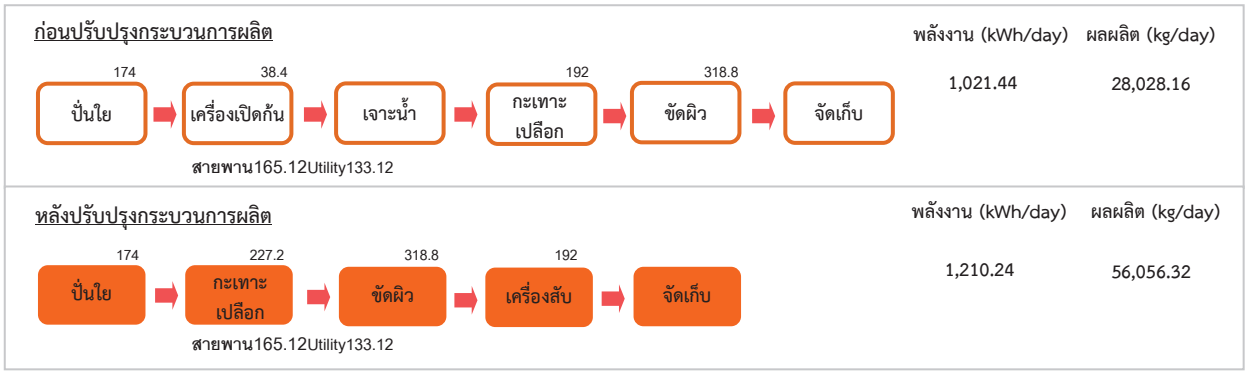
5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงโดยการยกเลิกกระบวนการกะเทาะก้นและเจาะน้ำเปลี่ยนมาเป็นการปรับปรุงเครื่องกะเทาะกะลาให้สามารถกะเทาะกะลาโดยไม่ต้องกะเทาะก้นและเพิ่มเครื่องกะเทาะเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัวพร้อมลดกระบวนการเจาะน้ำและลดการสับหลังจากทิวผิวแล้วและเพิ่มเครื่องสับมะพร้าวเพื่อทำให้เวลาการผลิตได้เร็วขึ้นส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเท่าตัว

รูปที่ 1.2 เครื่องสับมะพร้าว

รูปที่ 1.3 การเปลี่ยนเฟืองกะเทาะกะลาเพื่อให้สามารถเปิดก้นกะลาและกระเทาะในเครื่องเดียวกัน



รูปที่ 1.4 ผังการทำงานก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

เพื่อตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง ก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงดังนี้

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ปริมาณผลผลิต (kg/day)	28,028.16	56,056.32
การใช้พลังงาน (kWh/day)	1,021.44	1,210.24
ผลผลิตโดยประมาณ (kg/yr)	16.8×10^6	16.8×10^6
SEC (kWh/kg)	1,021.44/28,028.16= 0.03644	1,210.24/56,056.32= 0.02159
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/yr)	612,192.00	362,712.00

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 249,480.00 kWh/ปี ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริง ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าน้ำ และอื่นๆ รวมทั้งสิ้น 3,741,700.80 บาท/ปี และมูลค่าเงินลงทุนที่แท้จริง 891,310 บาท ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน 0.24 ปี หลังดำเนินการพบว่านอกจากจะสามารถลดเวลาในการสับมะพร้าวของพนักงานแต่ละคนในกระบวนการผลิตมะพร้าวขาวลงแล้ว ยังสามารถเพิ่มอัตราการผลิตมะพร้าวขาวได้เพิ่มขึ้นและลดอุบัติเหตุจากการใช้มีดในการสับมะพร้าวให้เป็นชิ้น

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงเสมอๆ ในการ Operate อย่างถูกวิธีและกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติเพื่อตรวจติดตาม (Monitoring) เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น กำหนดเกณฑ์ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดจน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 2

การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ปล่องไอเสียเตาเผาขนสุกร

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เบทาโกรเซฟตี้มีท แพคกิ้ง จำกัด

สถานที่ตั้ง : 215 หมู่ 1 ถนนพระพุทธบาท-เขาสูง ตำบลช่องสากา อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี 15220

ผลิตภัณฑ์ : ฆ่าชำแหละและตัดแต่งสุกร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ปัจจุบันแนวโน้มปัญหาด้านราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ประกอบกับการแข่งขันด้านธุรกิจที่สูงขึ้น ทางโรงงานและบริษัทในเครือเบทาโกรจึงเล็งเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาที่ยั่งยืน จึงได้มีการรณรงค์ให้บริษัทในเครือทั้งหมดดำเนินโครงการด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยโรงงาน เบทาโกรเซฟตี้มีท แพคกิ้ง จำกัด ได้มีการศึกษาถึงศักยภาพในการนำความร้อนทิ้งจากโรงงานกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงลง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากเป็นโรงงานชำแหละสุกร ดังนั้นจะมีขั้นตอนการผลิตต่างๆ มากมาย โดยขั้นตอนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการโครงการนำความร้อนกลับมาใช้มีอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการถอนขน Dehairing (Heat sink : แหล่งนำความร้อนไปใช้) และขั้นตอนการเผาขน Singing (Heat source : แหล่งความร้อนทิ้ง) ขั้นตอนการเผาขนจะทำโดยการนำซากสุกรผ่านเครื่อง Singing ลักษณะของเครื่องคือ เมื่อซากสุกรเคลื่อนที่ผ่านเครื่อง หัวเผาของเครื่องเผาจะปล่อยเปลวไฟ ซึ่งลักษณะของห้องเผาไหม้จะเป็นห้องเผาไหม้แบบเปิด ทำให้อุณหภูมิในห้องทำงานสูงขึ้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้ติดพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายความร้อนไปทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก เมื่อทำการศึกษาความร้อนทิ้งดังกล่าวพบว่ามีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ จึงได้มีการดำเนินการทำโครงการ Waste Heat Recovery โดยการนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Economizer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแก๊สร้อนกับน้ำ เพื่อนำน้ำร้อนที่ได้ไปใช้งาน โดยจุดที่จะนำน้ำร้อนไปใช้ คือที่ขั้นตอนการถอนขน เพราะเป็นขั้นตอนนี้ใช้น้ำร้อนในปริมาณมากและช่วงเวลาสัมพันธ์กับการผลิตน้ำร้อน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำพลังงานความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

รูปที่ 2.1
แสดงลักษณะการทำงานของเครื่อง Singing และปล่องไอเสีย (ก่อนดำเนินการปรับปรุง)

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ทำการตรวจวัดองค์ประกอบไอเสียของแก๊สไอเสียจากปล่องเตาเผาขนสุกร
3.2 วิเคราะห์ศักยภาพการนำพลังงานจากแก๊สไอเสียมาใช้งาน
3.3 สำรวจจุดการนำน้ำร้อนที่ได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไปใช้งาน
3.4 วิเคราะห์สภาพการติดตั้งหน้างานและผลกระทบต่อ ขั้นตอนผลิตที่อาจเกิดขึ้น
3.5 ติดต่อผู้รับเหมาเพื่อประเมินราคาการก่อสร้างการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
3.6 ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.7 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจดำเนินการต่อไป
3.8 ดำเนินการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
3.9 ทำการติดตั้ง ทดสอบการใช้งานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
3.10 แก้ไขปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม
3.11 ติดตามโครงการ
3.12 สรุปผลโครงการ
3.13 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

จากการตรวจสอบคุณภาพอากาศเสียที่บริเวณปล่องไอเสียพบองค์ประกอบ Flue gas ดังนี้ CO_2 = 5.2% O_2 = 18.1% และH_2O = 4%

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อัตราการไหลของLPG ในเตาเผา	m_{flue}	m^3/h	3,940	จากการตรวจวัด
1.2 อุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย	t_i	^oC	201	จากการตรวจวัด
1.3 ค่าความหนาแน่นของ Flue gas	ρ	kg/m^3	0.807	
1.4 ค่าความจุความร้อนจำเพาะของ Flue gas	C_p	kJ/kg.K	1.008	
1.5 กำหนดอุณหภูมิด้านขาออกของ Flue gas	t_o	^oC	120	ต้องมากกว่า 120^oC
1.6 ประสิทธิภาพของ Boiler	η	%	85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 ราคาเชื้อเพลิง LPG	C_f	Baht/kg	25	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 ชั่วโมงการทำงานต่อปี	h	Hr/yr	5,980	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 ค่าพลังงานความร้อนของ LPG	LHV	kJ/kg	50,220	
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ศักยภาพทั้งหมดของ Heat source ที่ใช้ทดแทนไอน้ำที่ผลิตจาก Boiler $Q = m_f \times \rho x C_p \times (t_i - t_o)$	Q	kJ/h	259,606.35	
2.2 ปริมาณLPG ที่ประหยัดได้ต่อปีหากติดตั้งเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อน $m_s = Q \times h/(\eta x LHV)$	m_s	kg/yr	36,368.12	
2.3 ราคา LPG ที่ประหยัดได้$S_c = m_s \times C_f$	S_c	Baht/yr	909,203.00	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	1,200,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	1.32	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

รูปที่ 2.2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ Economizer

ทางโรงงานดำเนินการติดตั้งชุด Economizer ที่ปล่องไอเสียของเตาเผาขนสุกร พร้อมถังน้ำร้อน จำนวน 1 ชุด เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อนก่อนเข้าเครื่องถอนขน

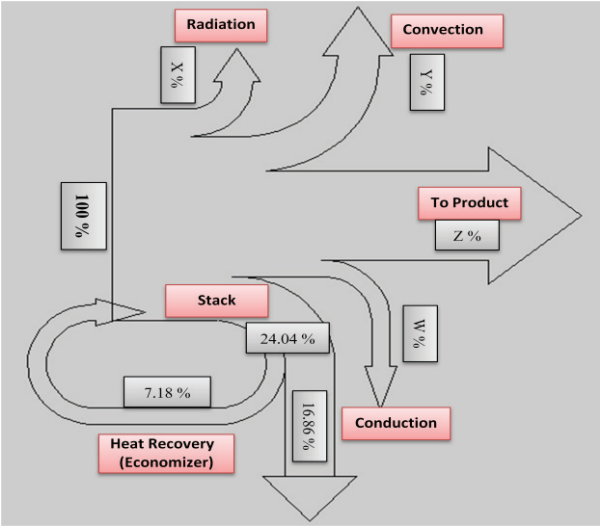
5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

Economizer สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 17.56 °C จากอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 56.11 °C ที่อัตราการไหลของน้ำผ่าน Economizer เท่ากับ 3.24 m^3/h เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 234,292.61 kJ/h สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าเครื่อง Dehairing เพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 46.18 °C ที่อัตราการใช้น้ำ 8.01 m^3/h ผลการประหยัดเมื่อคิดเทียบเท่าปริมาณ LPG ที่หม้อไอน้ำต้องใช้ในการให้ความร้อนปริมาณเท่ากัน (ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 85%) จะสามารถประหยัด LPG ได้เฉลี่ยเท่ากับ 5.39 kg/h รายละเอียดการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การคำนวณผลประหยัด

ρ (kg/m^3)	$\dot{m}$ (m^3/h)	$T_{น้ำin}$ (°C)	$T_{น้ำout}$ (°C)	$\Delta T_{น้ำ}$ (°C)	$T_{แก๊สin}$ (°C)	$T_{แก๊สout}$ (°C)	$\Delta T_{แก๊ส}$ (°C)	Q (kJ/h)	kW	LPG_{eq}
987.17	3.24	51	72	21	244	151	93	281,093.19	78.08	6.58
987.17	3.24	51	71	20	249	161	88	267,707.80	74.36	6.27
987.17	3.24	52	69	17	232	175	57	227,551.63	63.21	5.33
985.22	3.24	54	70	16	243	158	85	13,744.24	59.37	5.01
983.28	3.24	59	71	12	246	178	68	159,992.92	44.44	3.75
981.84	3.24	59	74	15	232	175	57	199,696.61	55.47	4.68
981.84	3.24	59	78	19	243	146	97	252,949.04	70.26	5.93
981.84	3.24	60	79	19	249	168	81	252,949.04	70.26	5.93
981.84	3.24	60	79	19	253	164	89	252,949.04	70.26	5.04
ค่าเฉลี่ย										
984.15	3.24	56.11	73.67	17.56	243.44	164.00	79.44	234,292.61	65.08	5.39

สรุปผลจากการดำเนินมาตรการ Economizer สามารถลดปริมาณการใช้ LPG ได้ เฉลี่ย 5.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเมื่อคิดเป็นผลประหยัด จะประหยัดได้ประมาณ805,805 บาทต่อปี ระยะคืนทุนจะอยู่ที่ 1.49 ปี และเมื่อคิดเป็นสัดส่วนการนำความร้อนจากปล่องไอเสียกลับมาใช้ได้ 7.18% จากพลังงานที่ใช้ในเครื่อง singing รายละเอียด แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สมดุลย์พลังงาน

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ในการนำน้ำร้อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนควรระวังอย่าให้อุณหภูมิของน้ำที่เข้า Economizer ต่ำเกินไป เพราะอาจทำให้ความชื้นในไอเสียเกิดการควบแน่นได้
- ติดตั้ง อุปกรณ์ตรวจวัด พร้อมจัดทำแบบฟอร์มเพื่อบันทึกค่าพารามิเตอร์ ที่สำคัญต่างๆ เช่น Thermometer ของน้ำและไอเสีย ทั้งก่อนเข้าและออกจากชุด Economizer
- ติดตั้ง Flow meter เพื่อวัดอัตราการไหลของน้ำที่ผ่าน Economizer
- ดำเนินการเฝ้าติดตามและควบคุมดูแลโดยมีการกำหนดผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน มีแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการซ่อมบำรุงที่แน่นอน

กรณีศึกษาที่ 3

การควบคุมปริมาณอากาศให้สัมพันธ์กับความชื้นในการอบแห้งผลไม้แบบอัตโนมัติ

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 1 (ฝาง)
บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

สถานที่ตั้ง : 72 หมู่ 12 ถนนพระบารมี ตำบลแม่งอน
อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ 50320

ผลิตภัณฑ์: ผักและผลไม้แปรรูปทางการเกษตร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 3.1 ตู้อบแห้งผลไม้ด้วยอินฟาเรด

ในขั้นตอนการอบแห้งผลไม้ของโรงงานฯ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการอบแห้งสตอเบอร์รี่ ระยะเวลาในการอบแห้งแต่ละครั้งประมาณ 14-16 ชั่วโมง เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐาน โดยทั่วไปจะตั้งค่าอุณหภูมิที่เตาอบแห้งประมาณ 50-85 องศาเซลเซียส โดยแหล่งความร้อนจะเป็น Heater ไฟฟ้าชนิดหลอดอินฟาเรด Circulating blower จะทำหน้าที่กระจายความร้อนไปทั่วเตาอบและ Exhaust blower จะหมุนเวียนอากาศแห้งจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศชื้นภายในเตาอบพร้อมทั้งนำความชื้นที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ทิ้งสู่ภายนอก โดยปริมาณลมจะถูกควบคุมจากการเปิด-ปิดแดมเปอร์ (ดังรูปที่ 3.1)

ปัจจุบันจะปรับแดมเปอร์แบบตายตัวในตำแหน่งที่คิดว่าเหมาะสมซึ่งการเปิดแดมเปอร์จะไม่สัมพันธ์กับอัตราการระเหยความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ในการอบแห้งทั่วไปจะพบว่าในช่วงแรกของการอบแห้งผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นสูงดังนั้น Drying rate จะสูงจึงควรเปิดแดมเปอร์มาก ๆ เพื่อไล่ความชื้นออกได้อย่างรวดเร็วและเมื่ออบแห้งไประยะเวลาหนึ่ง ความชื้นในผลิตภัณฑ์จะน้อยลง Drying rate เริ่มคงที่และลดลง ดังนั้นจึงควรเปิดแดมเปอร์ให้น้อยที่สุดเพื่อให้เหมาะสมกับ Drying rate และยังช่วยลดการสูญเสียความร้อนที่ต้องทิ้งไปกับลมร้อนที่ปล่อยออกไป

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ปกติในกระบวนการอบแห้งจะให้ความสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิของการอบแห้งเพียงอย่างเดียว โดยจะทำการปรับตั้งอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงระหว่าง 50-85 องศาเซลเซียส ซึ่งตามข้อเท็จจริงแล้วการอบแห้งส่วนที่สำคัญคือการระเหยน้ำออกจากเนื้อผลไม้ซึ่งมีปริมาณสูงมาก โดยเราสามารถตรวจวัดการระเหยน้ำแต่ละครั้งได้จากการชั่งน้ำหนักผลไม้ก่อนและหลังการอบแห้ง ดังนั้นการตรวจวัดและควบคุมปริมาณความชื้นของอากาศภายในเตาที่ระเหยมาจากเนื้อผลไม้ให้มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยอากาศออกทิ้งแบบอัตโนมัติจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากตู้อบซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการอบผลไม้แห้งได้อีกด้วย

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 ตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตในสภาพการใช้งานก่อนการปรับปรุง
3.2 ตรวจวัดค่าความชื้นของอากาศร้อนและปริมาณของลมร้อนที่ปล่อยทิ้งในแต่ละช่วงเวลาของการอบแห้งผลไม้
3.3 ออกแบบและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพ
3.4 ประเมินผลกระทบด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการดำเนินมาตรการดังกล่าว
3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.6 ดำเนินการปรับปรุง
3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

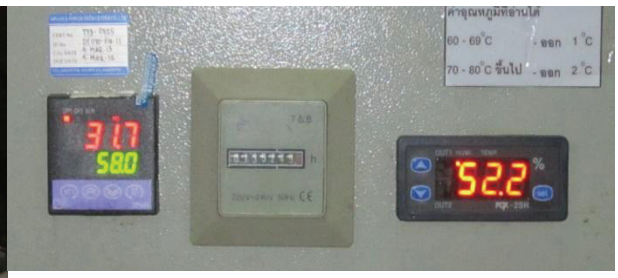
รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณวัตถุดิบเฉลี่ย	m_m	kg/yr	135,145	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ก่อนอบแห้ง	$\%m_1$	%	80	
1.3 ความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง	$\%m_2$	%	15	
1.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในตู้อบแห้ง	E_1	kWh/yr	500,037	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 Energy consumption ก่อนการปรับปรุง $E1 = E_1/m_m$	E1	kWh/kg	3.7	
2.2 ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิด Damper อัตโนมัติ	%save	%	10	ข้อมูลจากผู้ผลิต
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = E1 x\ m_m\ x\%save$	E_s	kWh/yr	50,003.65	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	192,514.05	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	200,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	0.96	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดแดมเปอร์ของพัดลมดูดอากาศของตู้อบผลไม้แห้งแบบอัตโนมัติ โดยการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นของอากาศภายในตู้อบแห้งแล้วส่งสัญญานไปควบคุมการเปิดแดมเปอร์ของพัดลมดูดอากาศให้เหมาะสมกับความชื้นจำนวน 10 เครื่อง



ดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นเพื่อใช้ควบคุมการเปิด-ปิดแดมเปอร์ของพัดลมดูดอากาศแบบอัตโนมัติเพื่อให้มีความสัมพันธ์กับอัตราการ ระเหยความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายในเตาอบ

รูปที่ 3.2 การปรับปรุงชุดควบคุมการเปิด –ปิดแดมเปอร์พัดลมดูดอากาศให้สัมพันธ์กับความชื้นแบบอัตโนมัติ

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินการปรับปรุงข้างต้น โดยการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า (โรงงานได้ติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าของตู้อบผลไม้แห้งไว้ทุกเครื่อง) ในการผลิตก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุง และบันทึกเป็นค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อการผลิตดังนี้

รูปที่ 3.3 มิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งประจำเครื่องอบแห้ง

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการอบผลไม้ 1 กิโลกรัม : kWh/kg	3.70	3.03

น้ำหนักของผลไม้ที่ผลิต (วัตถุดิบ) โดยเฉลี่ย	= 135,145	kg/yr
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้เฉลี่ย	= 135,145 (3.70– 3.03)	kWh/yr
	= 90,547.15	kWh/yr
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง	= 90,547.15x (3.85)	Baht/yr
	= 348,606	Baht/yr
โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น	= 200,000	Baht
ระยะเวลาคืนทุน	= 200,000/348,606	yr
	= 0.57	yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรจัดทำ Performance curve ของผลิตภัณฑ์ที่จะอบแห้งทุกชนิด
- การคัดเลือกเทคโนโลยีในการปรับปรุงอาจพิจารณาการใช้ VSD motor ทดแทนการปรับแดมเปอร์ แต่อาจมีเงินลงทุนที่สูงกว่า
- ควรกำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงเสมอๆ ในการ Operate อย่างถูกวิธีและกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควรตรวจติดตาม (Monitoring) การใช้พลังงานอย่างสม่ำเสมอเช่น จัดทำฟอร์มบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิตอย่างต่อเนื่องจากผลผลิตที่แตกต่างกัน เช่น สตอเบอรี่อบแห้ง มะเขือเทศอบแห้งเพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงเพิ่มเติม

กรณีศึกษาที่ 4

การหุ้มฉนวนถังต้มน้ำร้อน

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 1 (ฝาง)
บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

สถานที่ตั้ง : 72 หมู่ 12 ถนนพระบารมี ตำบลแม่งอน
อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ 50320

ผลิตภัณฑ์: ผักและผลไม้แปรรูปทางการเกษตร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 4.1 ถังต้มขณะใช้งานซึ่งยังไม่มีการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อน

ในขั้นตอนการผลิตผลไม้แปรรูปทางการเกษตร ต้องมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบที่ต้องใช้ถังต้มในการละลายวัตถุดิบที่แช่แข็งเก็บไว้ เพื่อนำมาสู่กระบวนการในการผลิต รวมถึงการใช้ถังต้มในการต้มน้ำหรือน้ำเชื่อมเพื่อใช้การผลิต โดยเป็นถังสแตนเลสและมีท่อไอน้ำวางอยู่ด้านล่างเป็นการเปิดไอน้ำโดยตรงผสมกับน้ำเพื่อให้ความร้อนกับน้ำในถังต้ม ซึ่งขณะใช้งานถังต้มน้ำจะร้อนจนไม่สามารถสัมผัสได้ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนและสิ้นเปลืองการใช้ไอน้ำ

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ถังต้มน้ำที่ใช้ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบมีการใช้ไอน้ำโดยตรงในการต้มน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกจากจะมีการสูญเสียความร้อนจากการระเหยของไอน้ำโดยตรงที่ผิวน้ำแล้ว การสูญเสียความร้อนส่วนใหญ่ยังอยู่ที่บริเวณผนังด้านนอกของถังต้ม ที่เป็นโลหะที่การนำความร้อนที่ดี ดังนั้นในกรณีนี้การสูญเสียความร้อนที่ผนังของถังต้มจะเป็นการสูญเสียจากการพาความร้อนของอากาศโดยรอบ และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งสามารถลดการสูญเสียความร้อนดังกล่าวได้โดยการติดตั้งฉนวนหุ้มรอบถังต้ม

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 ตรวจวัดปริมาณการสูญเสียความร้อนที่ผนังถังต้ม โดยการวัดอุณหภูมิผนังของถังต้ม และพื้นผิวของถังต้มที่จะดำเนินการหุ้มฉนวน
3.2 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการหุ้มฉนวนของผนังถังต้มทั้ง 5 ด้าน
3.3 คัดเลือกฉนวนที่เหมาะสมในการหุ้ม ซึ่งต้องเป็นวัสดุที่ไม่มีอันตรายต่อกระบวนการผลิตอาหาร
3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว
3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.6 ดำเนินการปรับปรุง
3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ขนาดถังต้ม กว้าง x ยาว x สูง	W x L x H	m x m x m	0.8 x 2 x 0.6	จากการตรวจวัด
1.2 อุณหภูมิถังต้มเฉลี่ย	T_s	^oC	75	จากการตรวจวัด
1.3 อุณหภูมิบรรยากาศ	T_a	^oC	32	จากการตรวจวัด
2. การคำนวณการสูญเสียความร้อน				
ความร้อนที่สูญเสียด้านข้างก่อนปรับปรุง				
2.1 พื้นที่ของผนังที่จะหุ้มฉนวน A_1= 2x(W+L)xH	A_1	m^2	3.36	
2.2 อุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังและบรรยากาศ T_{avg}= ½ x (T_s+ T_a)	T_{avg}	^oC	53.5	
2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศที่T_{avg}	k	W/m.K	0.028306	
2.4 $Ra_L = g\beta(T_s-T_a)H^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	571,305,171.62	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.5 Nu_L	Nu_L	-	103.2908	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.6 $h_o = k/H \times Nu_L$	h_o	W^2/m.K	4.8729	
2.7 $h_r = \varepsilon\sigma(T_s^2-T_a^2)(T_s+T_a)$	h_r	W^2/m.K	3.1756	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.8 $h_t = h_o + h_r$	h_t	W^2/m.K	8.0485	
2.9 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน $Q_1 = h_t \times A_1 \times (T_s-T_a)$	Q_1	W	1,162.85	
ความร้อนที่สูญเสียด้านล่างก่อนปรับปรุง				
2.10 ความสูงเทียบเท่าL_H= (W x L)/2x(L+W)	L_H	m	0.28	พื้นที่/เส้นรอบรูป
2.11 $Ra_L = g\beta(T_s-T_a) L_H^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	58,061,533.00	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.12 Nu_L	Nu_L	-	23.5687	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.13 $h_o = k/ L_H \times Nu_L$	h_o	W^2/m.K	2.3826	
2.14 $h_r = \varepsilon\sigma(T_s^2-T_a^2)(T_s+T_a)$	h_r	W^2/m.K	3.1756	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.15 $h_t = h_o + h_r$	h_t	W^2/m.K	5.5582	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2.16 พื้นที่ของผนังด้านล่าง A_2= W x L	A_2	m^2	1.6	
2.17 การสูญเสียความร้อนด้านล่างก่อนหุ้มฉนวน $Q_2 = h_t \times A_2 \times (T_s-T_a)$	Q_2	W	382.40	
ความร้อนที่สูญเสียด้านข้างหลังปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหนา (x) = 1 inch= 0.0254 m				
2.18 อุณหภูมิผิวฉนวนหลังหุ้มฉนวน	$T_{s,1}$	^oC	47.33	Trial & Error
2.19 อุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังและบรรยากาศ $T_{avg}= ½ \times (T_{s,1}+ T_a)$	T_{avg}	^oC	39.66	
2.20 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวน	k_1	W/m.K	0.06	
2.21 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศที่ T_{avg}	k_2	W/m.K	0.027238	
2.22 $Ra_L = g\beta(T_{s,1}-T_a)H^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	249,130,546.78	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.23 Nu_L	Nu_L	-	80.2565	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.24 $h_o = k_2/H \times Nu_L$	h_o	$W^2/m.K$	3.6434	
2.25 $h_r = \varepsilon\sigma(T^2_{s,1}-T^2_a)(T_{s,1}+T_a)$	h_r	$W^2/m.K$	1.3893	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.26 $h_t = h_o + h_r$	h_t	$W^2/m.K$	5.0327	
2.27 การสูญเสียความร้อนด้านข้างหลังหุ้มฉนวน $Q_3 = 1/(x/k_2+1/h_t) \times A_1 \times (T_{s,1}-T_a)$	Q_3	W	45.53	
ความร้อนที่สูญเสียด้านล่างหลังปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหนา (x) = 1 inch= 0.0254 m				
2.28 ความสูงเทียบเท่า L_H= (W x L)/2x(L+W)	L_H	m	0.28	พื้นที่/เส้นรอบรูป
2.29 อุณหภูมิผิวฉนวนหลังหุ้มฉนวน	$T_{s,2}$	^oC	49.85	Trial & Error
2.30 อุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังและบรรยากาศ $T_{avg}= ½ \times (T_{s,2}+ T_a)$	T_{avg}	^oC	40.925	
2.31 $Ra_L = g\beta(T_{s,2}-T_a) L_H^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	30,740,907.71	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.32 Nu_L	Nu_L	-	20.1045	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.33 $h_o = k_2/ L_H \times Nu_L$	h_o	$W^2/m.K$	1.9557	
2.34 $h_r = \varepsilon\sigma(T^2_{s,2}-T^2_a)(T_{s,2}+T_a)$	h_r	$W^2/m.K$	1.4024	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.35 $h_t = h_o + h_r$	h_t	$W^2/m.K$	3.3581	
2.36 การสูญเสียความร้อนด้านข้างหลังหุ้มฉนวน $Q_4 = 1/(x/k_2+1/h_t) \times A_1 \times (T_{s,2}-T_a)$	Q_4	W	48.75	
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	h	hr/yr	7,488	
3.2 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	LHV	MJ/l	41.28	
3.3 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	η_b	%	85	
3.4 จำนวนถังที่หุ้มฉนวน	n	tank	5	
3.5 ราคาเชื้อเพลิง	C_f	Baht/l	25	
3.6 การสูญเสียความร้อนก่อนปรับปรุง $Q_b=Q_1+Q_2$	Q_b	W	1,545.25	
3.7 การสูญเสียความร้อนหลังปรับปรุง $Q_a=Q_3+Q_4$	Q_a	W	94.28	
3.8 การสูญเสียความร้อนที่ลดลง $Q_s= (Q_b -Q_a)x3.6/1,000$	Q_s	MJ/hr/tank	5.22	
3.9 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง $m_s = Q_s/(\eta_b \times LHV) \times n \times h$	m_s	l/yr	5,569.90	
3.5 ราคาเชื้อเพลิงที่ลดลง $S_c=m_s \times C_f$	S_c	Baht/yr	139,247.5	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	40,000.00	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	0.28	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงถังต้มน้ำโดยการหุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนที่ผนังด้านนอกของถังต้มโดยรอบทั้ง 5 ด้าน (ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนชนิดโพลีเอทธีลีนโฟมหุ้มฟอยล์ 2 ด้าน) จำนวน 5 ถัง

รูปที่ 4.2 ถังต้มที่ดำเนินการหุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

การตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยการตรวจสอบปริมาตรเชื้อเพลิงที่ใช้เฉลี่ยต่อวันดังนี้

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ปริมาตรน้ำมันเตาที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (l/day)	1,140	1,116

จำนวนวันในการผลิต 1 ปี โดยเฉลี่ย	=	312	day/yr
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้เฉลี่ย	=	312 x (1,140–1,116)	l/yr
	=	7,488.00	l/yr
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง	=	7,488.00x 25	Baht/yr
	=	187,200.00	Baht/yr
โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น	=	40,000	Baht
ระยะเวลาคืนทุน	=	40,000/187,200.00	yr
	=	0.21	yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาหารมีข้อจำกัดหลายด้านในเรื่องความปลอดภัยและการปนเปื้อนตามมาตรฐาน HACCP ดังนั้นการพิจารณาเรื่องใช้วัสดุอุปกรณ์ในพื้นที่ของการผลิตอาหารต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้รับผิดชอบในการผลิตก่อนทุกครั้ง
- ควรกำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงเสมอในการ Operate อย่างถูกวิธีและกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควรตรวจติดตาม (Monitoring) การใช้พลังงานอย่างสม่ำเสมอเช่น จัดทำฟอร์มบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงเพิ่มเติม

กรณีศึกษาที่ 5

การเปลี่ยนลักษณะการอบแบบ Indirect heat เป็นการอบ Direct heat

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ผลิตภัณฑ์ฟ้าไทยอมรฟู้ด จำกัด

สถานที่ตั้ง : 2520 หมู่ 4 ถนนสนามบิน-ลพบุรีราเมศร์
ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา 90110

ผลิตภัณฑ์ : ขนมปังอบกรอบ

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากอัตราการใช้พลังงานต่อเวลาของเตาอบทั้ง 2 ประเภทของโรงงาน พบว่าเตาอบน้ำมันเตา C ที่ทำการผลิตขนมปังอบกรอบ (การให้ความร้อนเป็นแบบ Indirect Heat) มีหัวเผา จำนวน 18 หัวเผา มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 144 ลิตรต่อชั่วโมง (คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่ากับ 2,106.72 บาทต่อชั่วโมง) และเตาอบ LPG ที่ทำการผลิตขนมปังอบชนิดต่างๆ (การให้ความร้อนเป็นแบบ Direct Heat) มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่ากับ 1,194.39 บาทต่อชั่วโมง)

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนประเภทของเตาอบจากน้ำมันเตา C เป็นเตาอบ LPG เพียงบางส่วนเท่านั้นในการผลิตขนมปังอบกรอบ เนื่องจากยังจำเป็นต้องใช้เตาอบน้ำมันเตา C เพื่อให้ความร้อนแบบ Indirect heat เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติของขนมปังอบกรอบ

(ก) เตาอบน้ำมันเตา C

(ข) เตาอบ LPG

รูปที่ 5.1 เตาอบน้ำมันเตา C และเตาอบ LPG

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ใช้หลักการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (เตาอบ) โดยกำหนดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยเวลา จากการบันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหน่วยเวลาพบว่าเตาอบ LPG จะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประหยัดกว่าเตาอบน้ำมันเตา C ประมาณ 43% อย่างไรก็ตามสามารถเลือกใช้การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงพลังงาน (Energy Performance) ของเครื่องจักรซึ่งอาจเลือกพิจารณาได้หลายพารามิเตอร์ตามความเหมาะสม ได้แก่ Energy use, Energy consumption, Energy intensity, Energy efficiency, etc. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปรับปรุงเครื่องจักรที่มี Energy Performance ต่ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือการเลือกเดินเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลักในกระบวนการผลิต

ทั้งนี้แนวทางการเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่จัดทำขึ้นนั้นจะต้องเปรียบเทียบอยู่บนบรรทัดฐานเดียวกัน

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการปรึกษาหารือกับทางผู้บริหารและคณะทำงานด้านอนุรักษ์พลังงานสามารถสรุปได้ว่าควรทำการเปลี่ยนชนิดเตาอบน้ำมันเตา C เป็นเตาอบ LPG โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.1 สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิคโดยการสำรวจการใช้พลังงานของเตาอบน้ำมันเตา C และเตาอบ LPG

3.2 วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลเชิงเทคนิคมาสรุปแนวทางปรับปรุงการใช้งานและนำเสนอในที่ประชุมเพื่อให้คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานพิจารณา

3.3 ดำเนินการตามมาตรการโดยการเปลี่ยนชนิดเตาอบน้ำมันเตา C เป็นเตาอบ LPG ในส่วนหน้า ซึ่งสามารถทดแทนการใช้งานหัวเผาน้ำมันเตา C ได้ จำนวน 8 หัวเผา

3.4 ตรวจสอบวิธีของการดำเนินการโดยที่ปรึกษาได้เข้าตรวจสอบการดำเนินการตามแผนที่ได้เสนอในที่ประชุม

3.5 สรุปและประเมินผลการปรับปรุงโดยการวิเคราะห์ผลการประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเชิงวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นและสรุปผลที่ได้ให้สถานประกอบการ

3.6 ดำเนินการปรับปรุง

3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

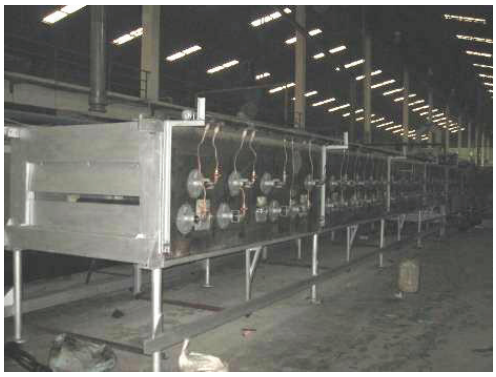
รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	9	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	260	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 อัตราการใช้น้ำมันเตา 8 หัวเผา	m_b	l/hr	64	จากการตรวจวัด
1.4 อัตราการใช้ LPG	m_a	kg/hr	30	จากการตรวจวัด
1.5 LHV ของน้ำมันเตา	LHV_b	MJ/l	41.28	
1.6 LHV ของ LPG	LHV_a	MJ/kg	46.70	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานความร้อนก่อนการปรับปรุง $E_1 = m_b x LHV_b \times h \times d$	E_1	MJ/yr	6,182,093	
2.2 พลังงานความร้อนหลังการปรับปรุง $E_2 = m_a x LHV_a \times h \times d$	E_2	MJ/yr	3,278,340	
2.3 พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ $E_s = E_1 - E_2$	E_S	MJ/yr	2,903,753	
2.4 ราคาน้ำมันเตา	$C_{c,b}$	Baht/l	18.59	
2.5 ราคา LPG	$C_{c,a}$	Baht/kg	17.32	
2.6 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก่อนปรับปรุง $S_{c,b} = m_b \times h \times d \times \mathbf{C_{c,b}}$	$S_{c,b}$	Baht/yr	2,784,038	
2.7 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานหลังปรับปรุง $S_{c,a} = m_a \times h \times d \times \mathbf{C_{c,a}}$	$S_{c,a}$	Baht/yr	1,215,864	
2.8 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ $S_c = S_{c,b} - S_{c,a}$	S_c	Baht/yr	1,568,174	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุน ค่าเปลี่ยนชนิดเตาอบน้ำมันเตา C เป็นเตาอบ LPG ในส่วนหน้า	C	Baht	3,000,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / \mathbf{S_c}$	PB	yr	1.91	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการเปลี่ยนชนิดเตาอบน้ำมันเตา C เป็นเตาอบ LPG ในส่วนหน้า ซึ่งสามารถทดแทนการใช้งานหัวเผาน้ำมันเตา C ได้ จำนวน 8 หัวเผาซึ่งสามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้



รูปที่ 5.2 เตาอบ LPG ใหม่ที่ทำการเปลี่ยน

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง LPG ที่เตาอบน้ำมันเตาในส่วนหน้า พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานและสามารถประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ลงได้ ทั้งนี้ผลจากการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจริงหลังจากดำเนินการปรับปรุงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นไปตามการประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานในหัวข้อที่4
อย่างไรการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจริงสามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยต่อเดือน :SEC ของเตาอบนั้นๆ โดยผลประหยัดต่อปีคำนวณจาก

$$(SEC_{\text{เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง}} - SEC_{\text{เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรหลังปรับปรุง}}) \times \text{ผลผลิตเฉลี่ยต่อปี}$$

โดยค่า SEC เฉลี่ยต่อเดือนได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร (Energy Input) เป็นรายเดือนและปริมาณผลผลิต (Product Output) ในช่วงเวลาเดียวกันของเครื่องจักรนั้นๆ

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยเก็บข้อมูลด้านพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น กำหนดมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิที่เตาอบของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม
- ควรติดต่อเพื่อขอข้อมูลอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตเครื่องจักร

กรณีศึกษาที่ 6

การลดเครื่องจักรในระบบลำเลียงข้าวโพดลงถังบด

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

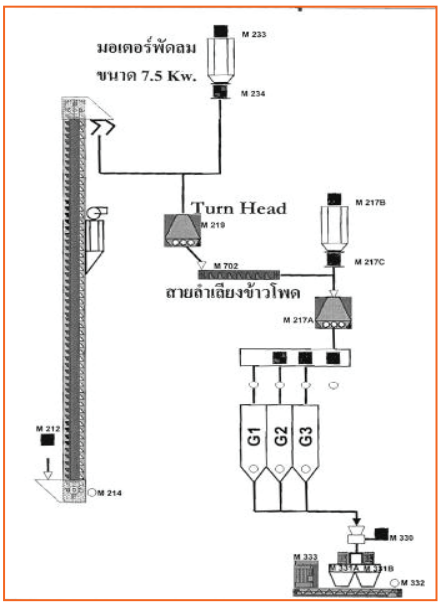
ชื่อบริษัท : บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด

สถานที่ตั้ง : 178 หมู่ 4 ถนนพิษณุโลก-หล่มสัก ตำบลสมอแข
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ผลิตภัณฑ์ : อาหาร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เดิมในขั้นตอนการลำเลียงข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการคัดแยกสิ่งปลอมปนออกมาแล้ว (Grater) และอยู่ในระหว่างขั้นตอนของการจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อรอการบด (Conveying to pre-grinding bin) ก่อนจะเข้าสู่เครื่องบดย่อยขนาด (Grinding) นั้น ข้าวโพดจะถูกลำเลียงผ่าน Turn head 6 Outlet ขนาด 250 มม.และสายพานขนาด 9 นิ้วยาว 14 เมตร ซึ่งทีมวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ประเมินถึงแนวทางต่างๆ เพื่อพัฒนาระบบลำเลียงวัตถุดิบให้มีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นและลดการใช้พลังงานลง จนได้ข้อสรุปในการออกแบบระบบท่อลำเลียงวัตถุดิบลงถังเตรียมบดใหม่ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานในสายพานลำเลียงและมอเตอร์พัดลมของ Air Jet T/H ขนาด 7.5 kW ลงได้ทันที



รูปที่ 6.1 ระบบการลำเลียงก่อนการปรับปรุง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ใช้หลักการออกแบบระบบลำเลียงวัตถุดิบใหม่ เพื่อการลดขั้นตอนการลำเลียงข้าวโพดโดยการตัด Turn Head ขนาด 250 มิลลิเมตร 6 Outlet และสายพานลำเลียงยาว 14 เมตร ซึ่งทำให้สามารถตัด Air Jet T/H in Take 1 ลงถังเตรียมผสมซึ่งขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 kW ซึ่งการออกแบบดังกล่าวทำให้ลดการใช้งานในเครื่องจักรดังกล่าวได้อย่างถาวร ทั้งนี้ต้องได้รับการทดสอบว่าจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

- ต้องไม่กระทบต่อกำลังการผลิตและสภาพแวดล้อมของการทำงาน
- ต้องไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องจักรเป็นต้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การปรับปรุงระบบลำเลียงวัตถุดิบของโรงงาน เพื่อให้สามารถใช้งาน Turn Head 6 Outlet ซึ่งทำให้สามารถตัดการใช้งาน Air Jet T/H และ Chain ลำเลียงขนาด 9 นิ้วยาว 14 เมตร ออกโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ทีมงานวิศวกรทีมงานช่างซ่อมบำรุงของโรงงานและที่ปรึกษาของโรงงานวางแผนร่วมกันเพื่อออกแบบระบบลำเลียง (ข้าวโพด) ลงถังบดใหม่

3.2 ประเมินผลกระทบทุกด้านที่อาจเกิดขึ้น พร้อมเรียกประชุมร่วมกับตัวแทนทุกแผนกที่เกี่ยวข้อง

3.3 ดำเนินการติดตั้งระบบท่อลำเลียงข้าวโพดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร ความยาว 20 เมตร เพื่อให้ลงถัง G1-3 ที่ออกแบบใหม่

3.4 ตัดระบบ Turn Head ขนาด 250 มิลลิเมตร, 6 Outlet ออก

3.5 ตัด Chain ลำเลียงขนาด 9 นิ้วความยาว 14 เมตรออกที่ใช้มอเตอร์ขนาดพิกัด 4 kW

3.6 ตัด Air Jet T/H in take 1 ที่ใช้มอเตอร์ขับขนาดพิกัด 7.5 kW

3.7 ประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและผลกระทบ

3.8 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการบันทึกมิเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

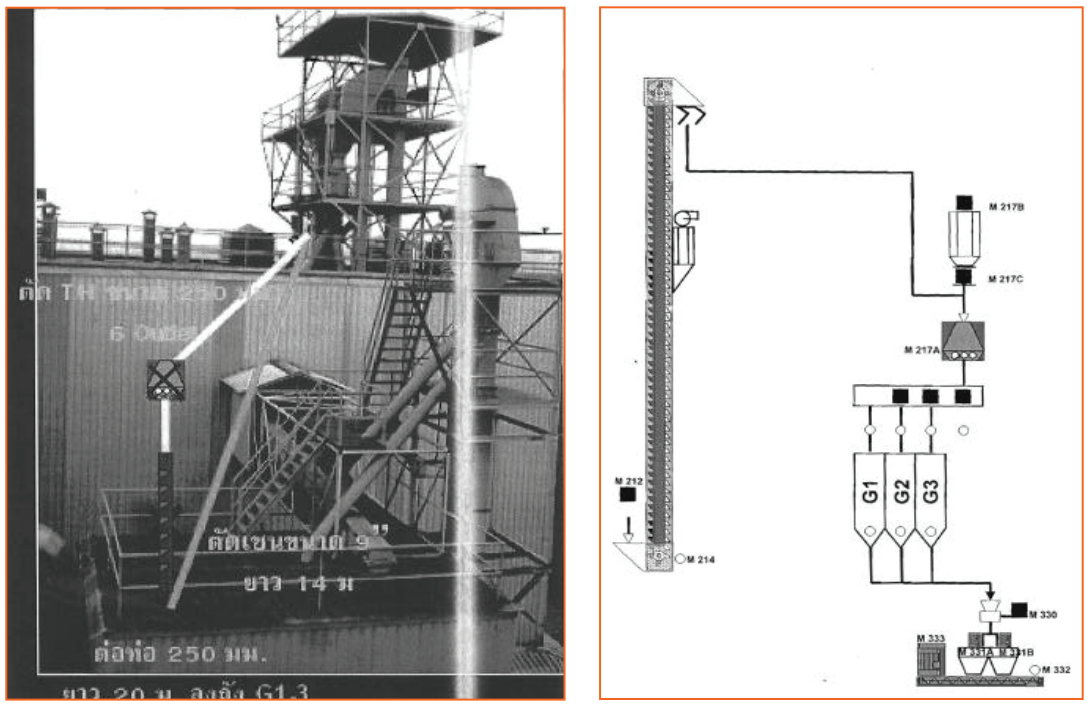
รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวนชั่วโมงทำงาน	h	hr/day	8	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พิกัดของมอเตอร์ Chain ลำเลียง	P_1	kW	4.0	พิกัดของเครื่องจักร
1.4 พิกัดของมอเตอร์พัดลม Air Jet T/H	P_2	kW	7.5	พิกัดของเครื่องจักร
1.5 Useful factor ของเครื่องจักร	UF	%	85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.6 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.00	ข้อมูลจากโรงงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าทีประหยัดได้ $Es = (P_1 + P_2) \times h \times d \times UF$	E_s	kWh/yr	28,543	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ลดลง $S_C = E_s \times C_e$	S_C	Baht/yr	85,629	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าแรงการติดตั้งท่อระบบลำเลียงลงถัง และค่าเหล็กและอุปกรณ์ในการติดตั้ง	C_S	Baht	80,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.93	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

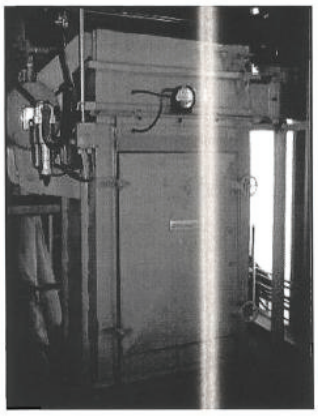
หลังดำเนินการปรับปรุงระบบลำเลียงสามารถลดการใช้งาน Turn head 6 Outlet ซึ่งทำให้สามารถตัดการใช้งาน Air jet T/H และ Chain ลำเลียงขนาด 9 นิ้วยาว 14 เมตร ได้ตามที่ต้องการ โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมอเตอร์ของระบบสายพานลำเลียงและมอเตอร์พัดลมของ Air jet โดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อกระบวนการผลิต สิ่งแวดล้อมและคุณภาพของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 6.2 ระบบการลำเลียงหลังดำเนินการปรับปรุง

เชนขนาด 9”ก่อนลง Turn Head ลงถัง เตรียมบด 3 (G1-3) ขนาดมอเตอร์ 4 Kw.

Turn Head 6 Outlet ขนาด 250 มม. ทางใส่ 1 ลงเชนไปบด 3



Air Jet T/H In Take 1 ลงถังเตรียมผสม มอเตอร์พัดลมขนาด 7.5 Kw.

รูปที่ 6.3 รูปภาพของเครื่องจักรที่ตัดออกของโครงการ

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง		
1.1	ค่าแรงในการติดตั้งท่อลำเลียงลงถัง G 1-3	50,000 Baht
1.2	ค่าเหล็กและอุปกรณ์ในการติดตั้งท่อลำเลียงขนาด 250มิลลิเมตรยาว 20 เมตร	35,000 Baht
1.3	เงินลงทุนในระบบรวมทั้งสิ้น	85,000 Baht
2. ประหยัดค่าใช้จ่าย		
2.1	ลดค่าไฟฟ้าในการเปิด Chain ลำเลียงข้าวโพดลงถัง เพื่อเตรียมบดในถัง G1-3 และพัดลม Air Jet T/H 1 ตัว	88,320 Baht/yr
2.2	ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาท่อและระบบลำเลียง	30,150 Baht/yr
2.3	รวมค่าใช้จ่ายที่ลดลง	118,470 Baht/yr

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.71 ปี

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักร การเก็บข้อมูลพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline ของเครื่องจักร
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิอบขนมปังแต่ละประเภท เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม

กรณีศึกษาที่ 7

การปรับตั้งอุณหภูมิ Set point ของเครื่องล้างถาดให้เหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงาน

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง)

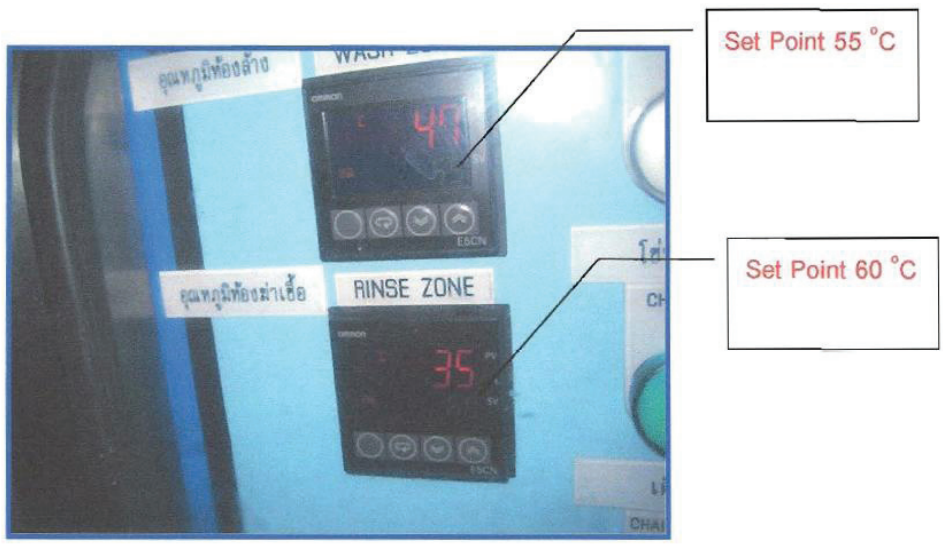
สถานที่ตั้ง : 249 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ผลิตภัณฑ์ : กิจการเบเกอรี่

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

การทำงานของเครื่องล้างถาดประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การล้าง (Wash zone) และการฆ่าเชื้อ (Rinse zone) โดยทั้ง 2 ขั้นตอนจะใช้ Heater ไฟฟ้าเพื่อทำอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามที่กำหนดแล้วใช้ Pump สูบน้ำหมุนเวียนเพื่อนำไปล้างและฆ่าเชื้อตามลำดับ ซึ่ง Wash zone จะตั้งค่าอุณหภูมิ Set Point เท่ากับ 55 °C และ Rinse zone เท่ากับ 60 °C

จากการใช้งานที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิของน้ำช่วง Rinse zone จะมีค่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 30 - 35 °C ซึ่งไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ (Set point 60 °C) จึงทำให้ Heater ต้องทำงานตลอดเวลา แต่ทั้งนี้จากการตรวจสอบของแผนก QC ที่ผ่านมาพบว่าผลการตรวจเชื้อและคุณภาพของถาดที่ผ่านการล้างยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด



รูปที่ 7.1 อุณหภูมิใช้งานจริงและอุณหภูมิ Set Point ของเครื่องล้างถาด

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการใช้งานที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในงานจริงในเครื่องล้างถาดต่ำกว่าอุณหภูมิ Set point แต่ผลจากการตรวจเชื้อและคุณภาพของถาดพบว่ายังอยู่ในระดับมาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการใช้งานจริงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องตั้งค่าอุณหภูมิ Set point ของ Heater เอาไว้สูง เนื่องจากการตั้งค่า Heater เอาไว้สูงแต่ Heater ไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ตาม Set point จะทำให้ Heater ทำงานตลอดเวลา เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นต้องดำเนินการทดลองเพื่อหาระดับอุณหภูมิที่ต่ำสุด ที่ผลการตรวจสภาพเชื้อและคุณภาพยังได้มาตรฐาน

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองหาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมของเครื่องล้างถาดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ตรวจสอบผลการตรวจเชื้อและคุณภาพถาดที่ผ่านมา

3.2 ทดลองการปรับลด Set Point ของ Wash Zone และ Rinse Zone เป็น 50 °C และ 45 °C ตามลำดับ

3.3 ตรวจสอบผลการตรวจเชื้อและคุณภาพถาดร่วมกับ QC

3.4 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน ซึ่งพบว่ายังไม่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้เนื่องจากอุณหภูมิใช้งานจริงยังต่ำกว่าอุณหภูมิ Set point อยู่มากทำให้ Heater ยังทำงานตลอดเวลา

3.5 ทดลองทำการปรับลด Set Point ของ Rinse Zone (Wash Zone ไม่ปรับลด) จากนั้นให้ QC ตรวจสอบเชื้อและคุณภาพถาด จนได้ค่าอุณหภูมิ Set Point ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 29 °C (ถ้าปรับอุณหภูมิต่ำกว่านี้การฆ่าเชื้อโรคและคุณภาพถาดจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน)

3.6 ดำเนินการปรับปรุง

3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 7.2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องล้างถาดก่อนดำเนินการปรับปรุง

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ความต่างศักย์ของเครื่องล้างถาด	V_1	Volt	395	จากการตรวจวัด
1.2 กระแสไฟฟ้าของเครื่องล้างถาด–ก่อน	I_1	Amp	88	จากการตรวจวัด
1.3 กระแสไฟฟ้าของเครื่องล้างถาด–หลัง	I_2	Amp	67	จากการตรวจวัด
1.4 Power Factor ของเครื่องล้างถาด	$COS\phi_1$	-	1.0	จากการตรวจวัด
1.5 Operating factor ของ Heater-ก่อน	OF_1	%	100	จากการตรวจวัด
1.6 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	20	ข้อมูลจากโรงงาน
1.7 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.8 Useful factor ของเครื่องล้างถาด	UF	%	90	ข้อมูลจากโรงงาน
1.9 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.98	
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าของเครื่องล้างถาดก่อนปรับปรุง E1 $=\sqrt{3}xV_1x\ I_1x\ COS\phi_1)hxdxUF$	E_1	kWh/yr	395,554	
2.2 พลังงานไฟฟ้าของเครื่องล้างถาดหลังปรับปรุง E1 $=\sqrt{3}xV_1x\ I_2x\ COS\phi_1)hxdxUF$	E_1	kWh/yr	301,160	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	E_s	kWh/yr	94,394	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	281,294	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังทำการทดลองโดยการปรับลด Set Point ของ Rinse Zone (Wash Zone ไม่ปรับลด) จนได้ค่าอุณหภูมิ Set Point ที่ใช้งานจริง 29-35 °C (อุณหภูมิจะยังคงสูงอยู่เนื่องจากเป็นน้ำหมุนเวียน) โดยผลการตรวจเชื้อและคุณภาพของถาดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และ Heater ของ Rinse Zone ทำงานน้อยมาก

ก.กระแสไฟฟ้าหลังปรับปรุง

ข. อุณหภูมิใช้งานจริงและอุณหภูมิ Set Point

รูปที่ 7.3 กระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิใช้งานจริง และอุณหภูมิ Set Point ของเครื่องล้างถาดหลังปรับปรุง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

จากการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ หลังดำเนินการปรับปรุงพบว่าเป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงหลังดำเนินการปรับปรุงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นไปตามการประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานในหัวข้อที่ 4

อย่างไรการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจริงสามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยต่อจำนวนถาด (หรือน้ำหนักถาด) (Specific Energy Consumption: SEC) ของเครื่องล้างถาดนั้นๆ โดยผลประหยัดต่อปีคำนวณจาก

$$(SEC_{\text{เฉลี่ยก่อนปรับปรุง}} - SEC_{\text{เฉลี่ยหลังปรับปรุง}}) \times \text{จำนวนถาดหรือน้ำหนักถาดเฉลี่ยต่อปี}$$

โดยค่า SEC เฉลี่ยต่อเดือนได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร (Energy Input) เป็นรายเดือนและปริมาณผลผลิตหรือน้ำหนัก (Product Output) ในช่วงเวลาเดียวกันของเครื่องจักรนั้นๆ

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ประกาศเป็นข้อกำหนดการใช้งานของเครื่องใหม่ เพื่อป้องกันพนักงานที่ยังไม่เข้าใจเหตุผลการปรับ ค่า Set Point
- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยเก็บข้อมูลด้านพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอๆ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น กำหนดมาตรฐานการตั้งค่า Set point ของ Wash Zone และ Rinse Zone เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม
- ควรติดต่อเพื่อขอข้อมูลอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตเครื่องจักร

กรณีศึกษาที่ 8

การลดจำนวน Heater ของเตาอบ MIWE

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง)
สถานที่ตั้ง : 249 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ผลิตภัณฑ์ : กิจการเบเกอรี่

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการอบขนมปัง ทางโรงงานมีการใช้เตาอบไฟฟ้า MIWE ขนาด 72.6 kW จำนวน 10 ชุด โดยจะทำงานเป็น Batch ทั้งนี้การตั้งค่าอุณหภูมิจะถูกกำหนดตามแผนการผลิตขนมปังแต่ละประเภท

ทีมงานได้ดำเนินการตรวจสอบลักษณะการทำงานของชุด Heater ของเตาอบไฟฟ้า MIWE พบว่าบางช่วง Heater จะถูกเปิดใช้งานหมดทุกชุดเพื่อเร่งทำอุณหภูมิโดยเป็นผลจากการออกแบบที่เผื่อไว้มากเกินไป ทำให้ต้องระบายความร้อนที่ผลิตออกทิ้งบริเวณปล่องระบายอากาศ (Hood) ด้านบน ซึ่งจากลักษณะการทำงานแบบนี้ควรดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

รูปที่ 8.1 เตาอบไฟฟ้า MIWE

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากดำเนินการตรวจสอบภายในกระบวนการผลิตของโรงงานหนึ่งๆ แล้วพบว่า ถ้าสามารถปรับลดการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้พลังงานลงได้ ซึ่งอาจจะหมายถึงการลดขนาดพิกัดเครื่องจักร/อุปกรณ์ลง ยกเลิกการใช้งานเครื่องจักร/อุปกรณ์แบบถาวรหรือชั่วขณะ หรือลดระยะเวลาการใช้งานเครื่องจักร/อุปกรณ์ลง เหล่านี้ล้วนเป็นมาตรการที่สามารถดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานลงได้ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องได้รับการทดสอบว่าจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

- ต้องไม่กระทบต่อกำลังการผลิตและสภาพแวดล้อมของการทำงาน
- ต้องไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องจักรเป็นต้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงของทีมงานพบว่าน่าจะสามารถลดการใช้งานของ Heater ส่วนที่เปิดใช้งานเกินลงไปได้ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการตัดวงจรไฟฟ้าของ Heater ลง 1 ชุด/เตา (ขนาด 5 kW) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ประชุมร่วมกับผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น แผนกผลิต แผนก QC เพื่อดำเนินการคัดเลือกเตา ต้นแบบ (MIWE No.10) ที่จะดำเนินการทดลองปรับปรุงพร้อมทั้งแจ้งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดรับทราบ

3.2 ดำเนินการปลด Breaker ของเตา MIWE ลง 1 ชุดและใช้งานตามปกติ

3.3 ตรวจสอบคุณภาพของขนมปังว่าผ่านตามเกณฑ์ที่ QC กำหนดไว้หรือไม่รวมทั้งศึกษาผลกระทบด้านระยะเวลาที่มีต่อการอบ 1 Batch

3.4 ประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเบื้องต้น

3.5 ดำเนินการปรับปรุง

3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการจดบันทึกมิเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

3.7 ดำเนินการขยายผลกับเตาอบ MIWE ชุดอื่นๆต่อไป

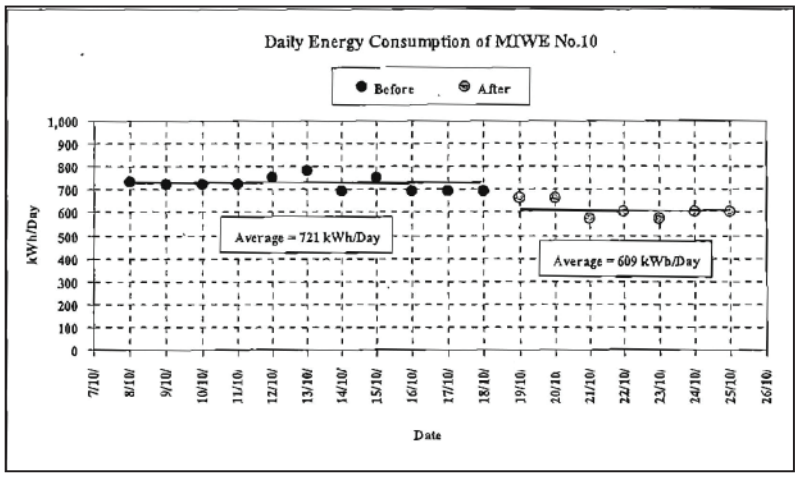
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พิกัดของเตาอบ MIWE	RATED	kW	72.6	คุณสมบัติของเครื่อง
1.2 ชั่วโมงการทำงาน	h	hr/day	20	ข้อมูลจากทางโรงงาน
1.3 Useful factor ของเตาอบ	UF	%	80	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.98	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 กำลังไฟฟ้าของ Heater ที่ตัดออก	P	kW	5	คุณสมบัติของเครื่อง
1.6 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $Es = P \times h \times d \times UF$	E_s	kWh/yr	29,200	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ลดลง $S_C = E_s \times C_e$	S_C	Baht/yr	87,016	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังดำเนินการปรับปรุงโรงงานสามารถลดการใช้งาน Heater ได้ตามที่ต้องการ ทั้งนี้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้เฉลี่ย 112 kWh/day (การใช้งานโดยเฉลี่ยต่อวันจะมีค่าลดลงที่ระดับการผลิตเท่ากัน) โดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของขนมปัง ทั้งนี้โรงงานได้ดำเนินการขยายแนวคิดไปยังเตา MIWE No.9 และ No. 11 ด้วย



รูปที่ 8.2 Energy consumption of MIWE No.10

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย : kWh/day	721	609
จำนวนวันทำการ : day/yr	365	365
Use Factor : %	80	80
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ : kWh/yr	210,532	177,828
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : kWh/yr	32,704	
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : Baht/yr	97,458	

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของเตาอบ MIWE แต่ละเครื่อง โดยเก็บข้อมูล
- ด้านพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิอบขนมปังแต่ละประเภท เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม
- ควรติดต่อเพื่อขอข้อมูลอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตเครื่องจักร

กรณีศึกษาที่ 9

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบดหมูอ่อน

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด

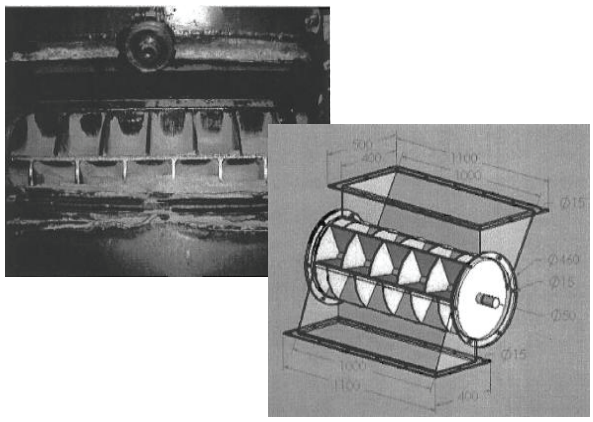
สถานที่ตั้ง : 178 หมู่ 4 ถนนพิษณุโลก-หล่มสัก ตำบลสมอแข อำเภอเมือง พิษณุโลก 65000

ผลิตภัณฑ์ : อาหาร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากการตรวจสอบการทำงานของเครื่องบดหมูอ่อนที่ใช้งานในปัจจุบัน พบว่าอาหารที่ผ่าน Rotary feeder เพื่อลงเครื่องบดมีปริมาณไม่สม่ำเสมอ ผลจากการตรวจวัด Electrical profile พบว่ากระแสไฟฟ้ามีค่าสวิงขึ้นลงอย่างมาก ทั้งนี้ในการสภาพทำงานในปัจจุบันไม่สามารถเร่งรอบของ Rotary feeder ให้ทำงานได้อย่างเต็มพิกัดส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต่ำ

ทีมงานได้ดำเนินการตรวจสอบพบว่าต้องทำการออกแบบ ปรับปรุงช่อง Feed belt ใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการลำเลียงของวัตถุดิบแบบ Feed belt จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้



รูปที่ 9.1 Rotary feeder ของเครื่องบดหมูอ่อนก่อนทำการปรับปรุง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ใช้หลักการออกแบบ โดยการปรับปรุงช่อง Feed belt ของ Rotary Feeder ให้สอดคล้องกับระบบการลำเลียงวัตถุดิบก่อนหน้านี้ เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการทำงานของเครื่อง ทั้งนี้ต้องได้รับการทดสอบว่าจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

- ต้องไม่กระทบต่อกำลังการผลิตและสภาพแวดล้อมของการทำงาน
- ต้องไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องจักรเป็นต้น

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงของทีมงานพบว่าน่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบดอาหารหมูนุ่ม หมูอ่อนจากเดิม 15% โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ประชุมร่วมกับผู้เกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อหาแนวทางการในการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการออกแบบช่อง Feed ของ Rotary Feeder ใหม่ให้ต่อเนื่องและสม่ำเสมอให้มากที่สุดเหมือนการลำเลียงแบบ Feed belt โดยการแบ่งช่อง Feed Belt ให้ถี่มากขึ้น

3.2 ทดลองทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ก่อนดำเนินการปรับปรุง เช่น พลังงานไฟฟ้า ข้อมูลผลผลิตของเครื่องจักร

3.3 ประเมินผลการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ (อ้างอิงข้อมูลจาก Supplier)

3.4 สรรหา Supplier และคัดเลือก Supplier เพื่อจัดสร้าง Rotary Feeder ตามแบบที่กำหนด

3.5 ทำการติดตั้งและทดสอบการใช้งานจริง

3.6 ติดตามและสรุปผลโครงการ

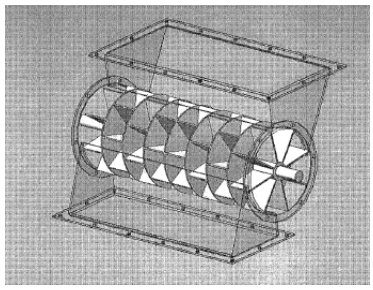
3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานจากค่า SEC โดยการบันทึกตัวเลขมิเตอร์ไฟฟ้าข้อมูลผลิต ก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

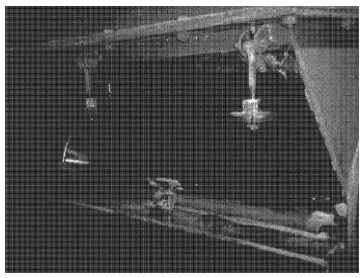
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อัตราการบดหมูอ่อน	m_f	ton/day	4,200	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่า SEC ของการใช้ Rotary Feeder เดิม	SEC_1	kWh/ton	15.30	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ผลประหยัดที่เกิดขึ้นหลังออกแบบปรับปรุง	SAVE	kWh/ton	3.00	ประเมินข้อมูลจากsupplier
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง $E_1 = m_f \times SEC_1$	E_1	kWh/yr	771,120	
2.2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s = m_f \times SAVE$	E_s	kWh/yr	151,200	
2.3 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	453,600	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	16,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_c$	PB	yr	0.42	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง





รูปที่ 9.2 Rotary feeder ของเครื่องบดหมูอ่อน หลังทำการปรับปรุง

หลังดำเนินการออกแบบช่อง Feed belt ของเครื่องบดแล้ว โดยจัดแบ่งช่องการป้อนอาหารลงเครื่องบดให้ต่อเนื่องและสม่ำเสมอที่สุดเพื่อให้สอดคล้องกับการลำเลียงแบบ Feed Belt โดยแบ่งช่องการ Feed ให้ถี่ขึ้นและสับหว่างกัน พร้อมดำเนินการติดตั้งและใช้งานจริง พบว่าสามารถลดการใช้งานลงได้เฉลี่ยประมาณ 2.78 kWh/ton โดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของเครื่องบดหมูอ่อน ทั้งนี้โรงงานได้ดำเนินการขยายแนวคิดไปยังเครื่องจักรอื่นๆ ด้วย

ตารางที่ 9.1 แสดงผลผลิตปริมาณพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง

	เดือน	ผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ชั่วโมงทำงาน	SEC (kWh/Ton)	อัตราการผลิต Ton/hr
ก่อนปรับปรุง	มกราคม	3.982.58	63,625.61	367.84	15.98	10.83
	กุมภาพันธ์	3,759.19	59,387.15	309.94	15.80	12.13
	มีนาคม	3.930.15	59,065.28	315.76	15.03	12.45
	เมษายน	4,317.80	64,322.50	374.85	14.90	11.52
	พฤษภาคม	4,096.00	52,282.75	295.57	12.76	13.86
	มิถุนายน	4,327.30	60,204.80	293.29	13.91	14.75
	กรกฎาคม	4,557.96	74,629.44	342.20	16.37	13.32
	สิงหาคม	4,816.70	83,047.73	393.67	17.24	12.24
	เฉลี่ย	**4,223.46**	**64,570.66**	**336.64**	**15.29**	**12.55**
หลัง ปรับปรุง	กันยายน	3,677.44	48,905.29	230.84	13.30	15.93
	ตุลาคม	3,053.00	35,274.76	196.50	11.55	15.54
	เฉลี่ย	**3,365.22**	**42,090.02**	**213.67**	**12.51**	**15.57**

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

การใช้ Rotary Feeder ตัวเดิมค่า SEC เฉลี่ย : kWh/ton	15.29
การใช้ Rotary Feeder ตัวใหม่ค่า SEC เฉลี่ย : kWh/ton	12.50
อัตราการบดหมูอ่อนเฉลี่ย : ton/yr	50,681
พลังงานไฟฟ้าที ประหยัดได้ : kWh/yr	(15.29 - 12.50) x 50,681
	= 141,400
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ : Baht/yr	424,200

หรือประเมินเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 141,400 kWh/yr คิดเป็นเงิน 424,200 Baht/yr ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ 16,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.04 ปี

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรจัดทำ Energy Baseline ของเครื่องบดหมูอ่อนโดยใช้ค่า SEC เพื่อใช้ประเมินการใช้พลังงานที่กำลังการผลิตต่างๆ
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิอบขนมปังแต่ละประเภท เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม

กรณีศึกษาที่ 10

การปรับเพิ่มอุณหภูมิ Set point ของอุณหภูมิห้องเก็บไข่

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

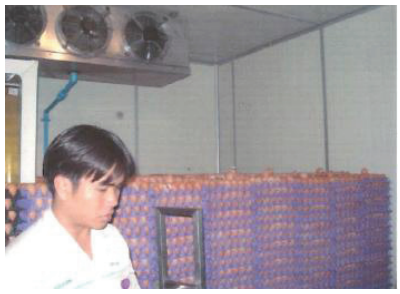
ชื่อบริษัท : ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง)

สถานที่ตั้ง : 249 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ผลิตภัณฑ์ : กิจการเบเกอรี่

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ห้องเก็บไข่ซึ่งเป็นห้องเย็นใช้ Compressor ขนาด 5.5 kW จำนวน 1 ชุด เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงและตั้งอุณหภูมิ Set point ไว้เท่ากับ 5°C แต่เนื่องจากลักษณะการใช้งานในปัจจุบันพบว่าเมื่อทางโรงงานรับไข่สดเข้ามาก็จะนำมาเก็บไว้ไม่เกิน 2 วัน และในห้องเก็บจะเก็บเฉพาะไข่สดเท่านั้น (ไข่ที่ตอกเปลือกออกแล้วจะเก็บไว้อีกห้อง) ดังนั้นในการเก็บไข่ไก่สดจึงไม่มีความจำเป็นต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำเกินไป



รูปที่ 10.1 ห้องเก็บไข่

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ห้องเย็น (Cool Room) นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารหมายถึงห้องซึ่งได้รับการควบคุมอุณหภูมิตลอดจนความชื้นที่เหมาะสมกับสินค้าที่จะจัดเก็บซึ่งช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และแบคทีเรีย

หลักการออกแบบห้องเย็นจะคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- อุณหภูมิและหมุนเวียนอากาศสม่ำเสมอทั่วห้อง
- การควบคุมความชื้นได้ตามกำหนด
- การเคลื่อนไหวของลมเย็นไม่กระทบต่อการทำงานของคนในห้อง
- มีการระบายอากาศที่เหมาะสม
- อุณหภูมิของสินค้าที่จะเข้าเก็บในห้องเย็น
- ระยะเวลาในการเก็บ
- อุณหภูมิของสินค้าที่จะออกจากห้องเย็น

การออกแบบและการใช้งานเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานในส่วนของผู้ออกแบบระบบควรจะออกแบบเครื่องให้มีอุณหภูมิทำความเย็นสูงที่สุดเท่าที่ทำได้แต่อุณหภูมิยังคงต่ำพอที่จะใช้งานนั้นๆได้ดีและ ในส่วนของผู้ใช้งานควรจะปรับตั้งอุณหภูมิทำความเย็นให้สูงเท่าที่ทำได้แต่อุณหภูมิยังคงต่ำพอที่ใช้งานนั้นๆได้และไม่มีผลเสียต่อเครื่อง

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

การดำเนินการปรับตั้ง Set Point ของห้องเก็บไข่เพิ่มขึ้นจาก 5 °C เป็น 15 °C มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1 ประชุมร่วมกับทุกแผนกที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางในการดำเนินการ

32. บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

3.3 ปรับเพิ่มอุณหภูมิ Set point ของห้องเก็บไข่จาก 5 °C เป็น 15 °C

3.4 ตรวจสอบคุณภาพของไข่หลังปรับปรุงโดยฝ่าย QC

3.5 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 Operating factor	%OF	%	80	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Bth/kWh	2.98	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในห้องเก็บไข่ก่อนปรับปรุงเฉลี่ย	E_1	kWh/day	110	จากการตรวจวัด
1.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุงเฉลี่ย	E_2	kWh/day	97	จากการตรวจวัด
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ $E_s = (E_1 - E_2) \times d \times \%OF$	E_s	kWh/yr	3,796	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s x C_e$	C_s	kWh/yr	11,312	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

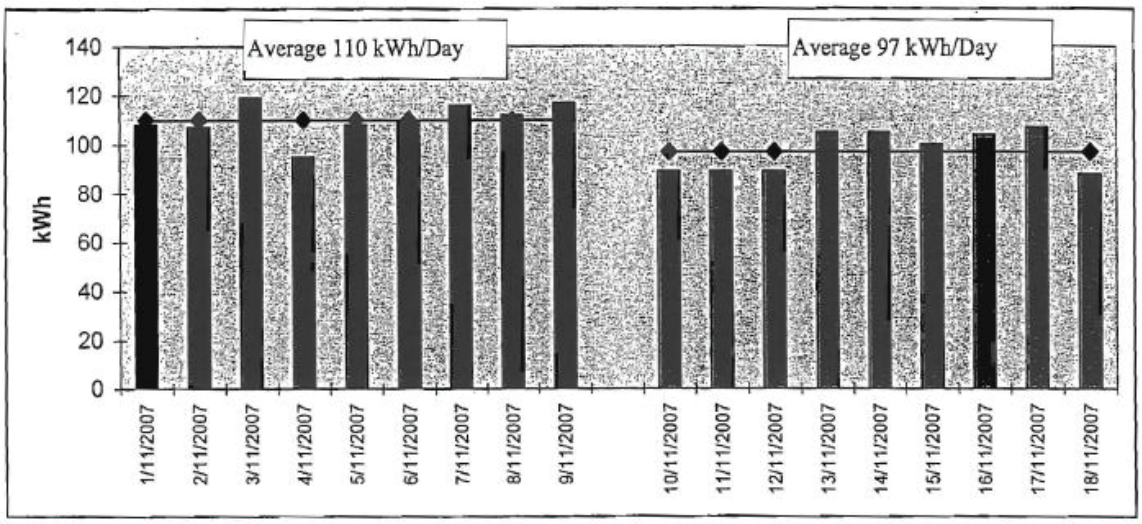
หลังทำการทดลองโดยการปรับเพิ่มอุณหภูมิ Set Point ของห้องเก็บไข่จากค่า 5 °C เป็น 15 °C โดยผลการตรวจสอบคุณภาพของไก่ไข่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ก. ก่อนปรับปรุง

ข. หลังปรับปรุง

รูปที่ 10.2 อุณหภูมิ Set Point ของห้องเก็บไข่

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง



รูปที่ 10.3 ผลตรวจวัดการใช้พลังงานของ Compressor ห้องเก็บไข่ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ หลังดำเนินการปรับปรุงพบว่าเป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงหลังดำเนินการปรับปรุงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นไปตามการประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานในหัวข้อที่4

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจริงสามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยต่อจำนวนไข่ (หรือน้ำหนักไข่) (Specific Energy Consumption: SEC) ของห้องเก็บไข่นั้นๆ โดยผลประหยัดต่อปีคำนวณจาก

$$(SEC_{\text{เฉลี่ยก่อนปรับปรุง}} - SEC_{\text{เฉลี่ยหลังปรับปรุง}}) \times \text{จำนวนไข่หรือน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อปี}$$

โดยค่า SEC เฉลี่ยต่อเดือนได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร (Energy Input) เป็นรายเดือนและปริมาณผลผลิตหรือน้ำหนัก (Product Output) ในช่วงเวลาเดียวกันของเครื่องจักรนั้นๆ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (อุณหภูมิ Set point 5°C)	32,120	kWh/yr
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (อุณหภูมิ Set point 15°C)	28,325	kWh/yr
สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	3,796	kWh/yr
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	2.98	Baht/unit
ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	11,312.00	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ประกาศเป็นข้อกำหนดการใช้งานของเครื่องใหม่ เพื่อป้องกันพนักงานที่ยังไม่เข้าใจเหตุผลการปรับ ค่า Set Point ควรจัดทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของห้องเย็น โดยเก็บข้อมูลด้านพลังงานและผลผลิตเพื่อใช้เป็น Energy Baseline
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ การใช้พลังงานพร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม
- ควรติดต่อเพื่อขอข้อมูลอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตเครื่องจักร

กรณีศึกษาที่ 11

การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำเสียโรงงานชำแหละสุกร

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เบทาโกรเซฟตี้มีท แพคกิ้ง จำกัด

สถานที่ตั้ง: เลขที่ 215 หมู่ 1 ถนนพระพุทธบาท-เขาสูง ตำบลช่องสาริกา อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี 15220

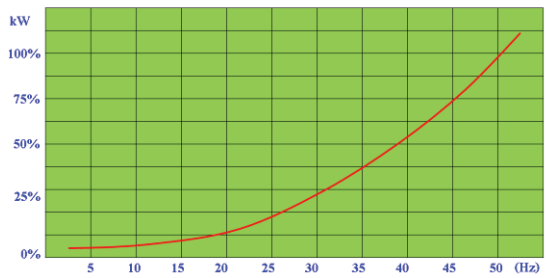
ผลิตภัณฑ์: ฆ่าชำแหละและตัดแต่งสุกร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่เราใช้ไปทุกวันถือว่าเป็นต้นทุนที่ผันแปรตามกำลังการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ในสภาวะเศรษฐกิจเช่นนี้ สถานประกอบการ พยายามหาวิธีที่จะลดต้นทุนให้น้อยลง ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ให้น้อยลง ให้คุ้มค่า หรือลดการสูญเสียของพลังงานที่ใช้เกินความจำเป็นย่อมส่งผลให้โรงงานมีศักยภาพในการแข่งขันต่อไป

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

โดยทั่วไปการออกแบบเครื่องสูบน้ำจะมีการออกแบบขนาดของเครื่องใหญ่กว่าความต้องการใช้งานจริงเสมอ ดังนั้น ถ้าเราสามารถหาอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่จะสามารถทำให้เครื่องจักรทำงานตามสภาวะโหลดที่เกิดขึ้นจริงจะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินได้ ปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive; VSD) ของปั๊ม ด้วยการปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับโหลดจึงทำให้สามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ได้ ส่งผลให้สามารถลดอัตราการไหลของน้ำมากกว่าความต้องการลงทดแทนการหรี่ด้วยวาล์ว ทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามกฎของ Affinity laws และยังเป็นวิธีที่รองรับการเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตของโรงงานได้ดีกว่าวิธีอื่น



รูปที่ 11.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับอัตราการระบายน้ำเสียของเครื่องสูบน้ำจาก Performance Curve เพื่อตรวจสอบดู % Load ของเครื่องสูบน้ำและประสิทธิภาพ ณ จุดทำงานปัจจุบัน

3.2 ตรวดวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ

3.3 ติดต่อผู้รับเหมาเพื่อประเมินราคาการติดตั้งชุดอุปกรณ์ VSD

3.4 ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการคำนวณ

3.5 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจดำเนินการ

3.6 ทำการติดตั้ง VSD และทดสอบการใช้งาน

3.7 ติดตามโครงการ

3.8 สรุปผลโครงการ

3.9 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 11.2 ขั้นตอนการติดตั้ง VSD ปั๊มน้ำเสีย

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำเสีย	E_1	kWh/day	151.68	จากการตรวจวัด
1.2 จำนวนวันทำงานเฉลี่ย	d	day/yr	312	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.29	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	f_1	Hz	50	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าหลังปรับปรุง	f_2	Hz	40	
2.2 พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำเสียหลังปรับปรุง $E_2 = E_1 \times (f_2/f_1)^3$	E_2	kWh/day	77.66	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_s=(E_1 - E_2) \times d$	E_s	kWh/yr	23,094.24	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = E_s \times C_e$	S_c	Baht/yr	75,980.04	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์	C	Baht	110,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	1.45	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งชุด VSD เข้ากับระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำเสีย เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำให้สัมพันธ์กับอัตราการระบายน้ำเสีย

รูปที่ 11.3 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบที่ติดตั้งเพิ่มเติม

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำเสียได้ดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยปรับลดความถี่แรงดันไฟฟ้าของระบบตามปกติ 50 Hz เหลือเพียง 40 Hz (อัตราการไหลเหลือเพียง 80%) พบว่าเครื่องสูบน้ำเสียสามารถทำงานได้ตามปกติ

การติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำเสียสามารถลดปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าได้ เฉลี่ย 14,007 kWh คิดเป็นผลประหยัดได้ 46,083 บาทต่อปี ลงทุนค่าอุปกรณ์และติดตั้งมูลค่า 108,860 บาท ระยะคืนทุนจะอยู่ที่ 2.36 ปี และเมื่อคิดเป็นสัดส่วนพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเสียลงได้ประมาณ30%

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า : kWh/day	151.68	97.08
Safety factor หลังปรับปรุง : %	-	10
ประเมินการใช้ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเสีย : kWh/yr	47,324.00	33,317.00

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ในการดำเนินโครงการควรพิจารณาถึงพฤติกรรมของโหลดน้ำเสียที่เกิดขึ้นก่อนการดำเนินโครงการเพราะบางครั้ง ถ้าพฤติกรรมของโหลดเปลี่ยนอาจทำให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาตร์ต่างกัน
- ดำเนินการเฝ้าติดตามและควบคุมดูแลโดยมีการกำหนดผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน มีแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนการซ่อมบำรุงที่แน่นอน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์

กรณีศึกษาที่ 12

การผลิตน้ำเย็นโดยใช้ Absorption Chiller (เชื้อเพลิงไม้ฟืน) แทนการใช้ Compressor

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท แปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด

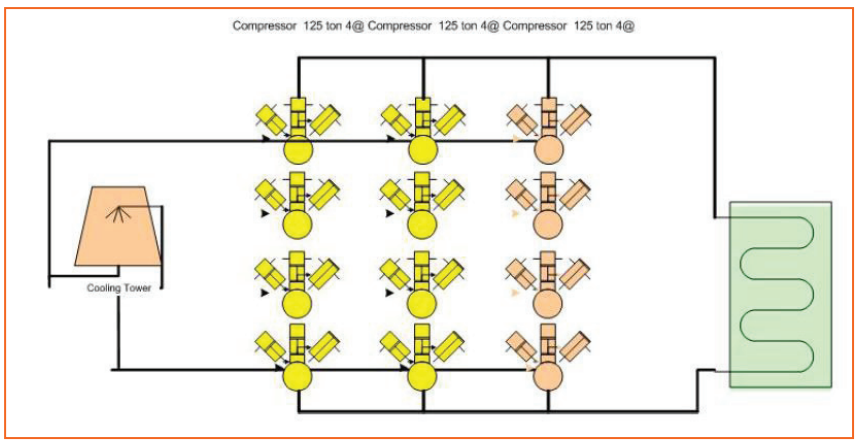
สถานที่ตั้ง: 27/4หมู่ 7ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

ผลิตภัณฑ์: แปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

บริษัทแปซิฟิกแปรรูปสัตว์น้ำจำกัดเป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเช่นปูอัดกุ้งต้มสุกแช่แข็งเนื้อปลาต้มสุกแช่แข็งเป็นต้นโดยใช้ตราสินค้า PFP กระบวนการผลิตของโรงงานเริ่มจากการรับวัตถุดิบเช่นปลาสดกุ้งสดนำมาชำแหละเอาเฉพาะส่วนเนื้อมาเข้ากระบวนการผลิตตามแต่ละชนิดของอาหารในกระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้ทั้งพลังงานความร้อนจากไอน้ำในการทำให้อาหารสุกและการใช้ความเย็นในการทำให้อาหารสดและเพื่อสำหรับแช่เก็บอาหารให้คงความสดอยู่เสมอ

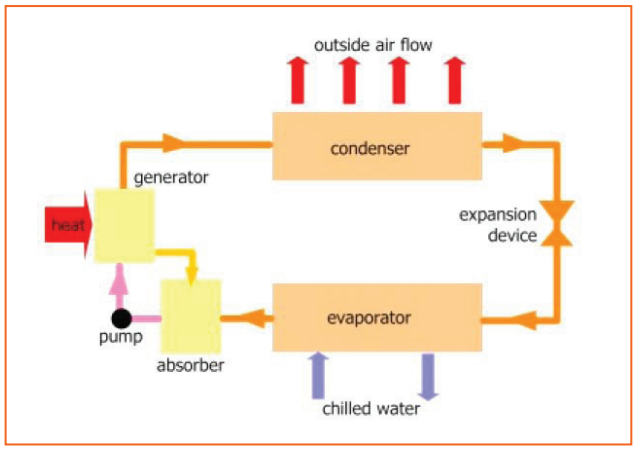
เดิมโรงงานมีการใช้เครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ขนาด 500 ตันจำนวน 3 เครื่องโดยเปิดใช้งานครั้งละ 2 เครื่องต่อวันเครื่องทำความเย็นจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมง 356 วันต่อปีโดยสลับกันทำงานเครื่องทำความเย็นของเดิมใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดลูกสูบในการอัดสารทำความเย็นให้กับกระบวนการผลิตโดยมีประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ยที่ 0.95 kWh/Ton เนื่องจากระบบทำความเย็นของโรงงานมีการใช้พลังงานมากทางโรงงานจึงต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นโดยการติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการเผาไหม้ให้ความร้อนกับสารดูดกลืนเพื่อเกิดการระเหยและแยกตัวและเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนในการทำให้ระบบทำความเย็นสามารถทำงานได้



รูปที่ 12.1 ไดอะแกรมเครื่องทำความเย็นระบบเดิม

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption chiller) สามารถใช้พลังงานความร้อนที่มีศักยภาพต่ำ เช่น ก๊าซไอเสีย ไอน้ำ อุณหภูมิต่ำ หรือ เชื้อเพลิงชีวมวล มาเป็นแหล่งพลังงานได้เพื่อผลิตน้ำเย็นสำหรับใช้งานในระบบปรับอากาศและกระบวนการผลิต เช่น เดียวกับเครื่องทำน้ำเย็นปกติ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับ Compressor เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำเพื่อหมุนเวียนสารเคมีและน้ำในระบบเท่านั้น เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้จึงใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอตามปกติ



รูปที่ 12.2 ไดอะแกรมเครื่องทำความเย็นระบบเดิม

ประโยชน์ของ Absorption Chiller สรุปได้ดังรายการต่อไปนี้

- ไม่ใช้ไฟฟ้า
- ใช้ความร้อนเป็นแหล่งพลังงาน
- หมดปัญหาเรื่องค่าบำรุงรักษา
- ปราศจากเสียงในการทำงาน
- ไม่มีการรั่วของ Refrigerant สามารถปรับภาระการทำงานได้ตั้งแต่ 10-100%
- ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำ สามารถติดตั้งบนสถานที่ที่รับน้ำหนักได้น้อย
- ปราศจากสารทำลายชั้นบรรยากาศ

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 3 เครื่อง
3.2 บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า บันทึกข้อมูลด้าน (Operating costและ Maintenance cost)
3.3 ประเมินศักยภาพของติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption chiller) ทดแทนเครื่องแทนน้ำเย็นแบบอัดไอ
3.4 วิเคราะห์สภาพการติดตั้งหน้างานและผลกระทบทุกด้านที่อาจเกิดขึ้น
3.5 ติดต่อประเมินราคาติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม
3.6 ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.7 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจดำเนินการต่อไป
3.8 ดำเนินการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและเดินเครื่อง
3.9 ปรับปรุงCondition การใช้งานได้อย่างเหมาะสม
3.10 ติดตามผลการดำเนินโครงการ
3.11 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ยของ Chiller ขนาด 500 TR	kW/TR	kW/TR	0.95	จากการตรวจวัด
1.2 จำนวนชั่วโมงทำงาน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี	C_e	Baht/kWh	2.85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 Maintenance cost ของ Chiller เฉลี่ย/เครื่อง	C_1	Baht/yr	100,000	
1.6 % Load factor	LF	%	95	
1.7 เครื่องทำความเย็นที่ทำงานต่อวัน	n	Mach	2	จำนวนทั้งหมด 3 เครื่อง
1.8 **ประสิทธิภาพของ Absorption chiller ขนาด** 1,000 TR	$kg_{ไอน้ำ}$/TR	kg/TR	4.5	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.10 ประสิทธิภาพของ Boiler	η_b	%	85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.11 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล	C_b	Baht/kg	2.5	
1.12 Enthalpy of steam	h_g	kcal/kg	662	
1.13 Enthalpy of condensate return	h_f	kcal/kg	90	
1.14 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	LHV	kcal/kg	3,553	
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของ Chiller ก่อนปรับปรุง $E_{1,0}$= kW/TR x 500 x h x d x n x LF	$E_{1,0}$	kWh/yr	7,905,900	
2.2 ค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง $S_{c,1}= E_{1,0} x C_e$	$S_{c,1}$	Baht/yr	22,531,815	
2.3 ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี $S_{m,1}= C_1 xn$	$S_{m,1}$	Baht/yr	200,000.00	
2.4 ค่าใช้จ่ายรวมก่อนการปรับปรุง$S_1=S_{c,1}+S_{m,1}$	S_1	Baht/yr	22,731,815.00	
2.5 ปริมาณไอน้ำที่ต้องการสำหรับ Absorption chiller m_s=1,000 TR x $kg_{ไอน้ำ}$/TR	m_s	kg/hr	4,500	
2.6 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ $m_b = m_s x (h_g - h_f) x h x d /[\eta_b x LHV]$	m_b	kg/hr	7,466,181.02	
2.7 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงชีวมวล $S_{c,2}= m_b x C_e$	$S_{c,2}$	Baht/yr	18,665,453	
2.8 ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี	$S_{m,2}$	Baht/yr	60,000	
2.9 ค่าใช้จ่ายรวมหลังการปรับปรุง $S_2 = S_{c,2}+S_{m,2}$	S_2	Baht/yr	18,725,453	
2.10 ผลประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น $S_c= S_1 - S_2$	S_c	Baht/yr	4,006,362	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 มูลค่าการลงทุน	C	Baht	11,488,099	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	2.87	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้ง Absorption Chiller เพื่อใช้งานทดแทน Chiller แบบอัดไอเดิม พบว่าสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงและไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตใดๆ

รูปที่ 12.3Absorption Chiller

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการตรวจวัดค่าใช้จ่ายพลังงานและจำนวนผลผลิตในหนึ่งหน่วยเวลาก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อนำมาทำดัชนีเปรียบเทียบผลประหยัด

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
จำนวนผลผลิต : ตัน/ปี	51,293.45	54,652.00
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อปี: บาท/ปี	22,922,237.85	20,733,300.00
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อผลผลิต : บาท/ตัน	446.88	379.37

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 54,652.00x (446.88-379.37) = 3,689,556.52 บาท/ปี มูลค่าการทุนและติดตั้ง 11,488,099 บาท มีระยะคืนทุน 3.12 ปี

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเครื่องจักรภายในโรงงานเพื่อบันทึกการใช้พลังงานประจำอย่างสม่ำเสมอ
- วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น เพื่อตรวจติดตาม การกำหนดเป้าหมายหรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นประเภทเดียวกัน เพื่อนำไปสู่แผนการซ่อมบำรุง การจัดโหลดการใช้งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและประมวลผลและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 13

การปรับเทียบและล้างทำความสะอาดชุดควบคุมการทำงานของ Cooling Tower

<u>ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ</u>

ชื่อบริษัท : ซี.พี.ค้าปลีกและการตลาด จำกัด (ลาดกระบัง)

สถานที่ตั้ง : 249 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ผลิตภัณฑ์ : กิจการเบเกอรี่

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบปรับอากาศของโรงงานประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น Compressor เป็นแบบ Screw type (2 Compressor) ระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 260 TR ขนาด 198 kW จำนวน 2 ชุด เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงทั้ง 2 เครื่อง โดยที่มีหอผึ่งน้ำติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของใบพัด Cooling Tower โดยให้ใบพัดหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออกมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ได้กำหนดค่าอุณหภูมิไว้เท่ากับ 28° C

ปัญหาที่ตรวจพบคือ จากการตรวจสอบการทำงานของชุดควบคุมการทำงานของหอผึ่งน้ำพบว่า ชุด Sensorที่ตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นมีการอ่านค่าผิดพลาดโดยอ่านค่าได้น้อยกว่าค่าที่แท้จริง เช่น ที่อุณหภูมิจริงเท่ากับ 33° C จะอ่านค่าได้เท่ากับ 28° C ซึ่งจะทำให้ชุดควบคุมตัดการทำงานของใบพัดหอผึ่งน้ำ ทำให้น้ำที่ใช้ระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากประสิทธิภาพการระบายความร้อนไม่ดี

ก. เครื่องทำน้ำเย็น

ข. หอผึ่งน้ำเย็น

รูปที่ 13.1 รูปเครื่องทำน้ำเย็นและหอผึ่งน้ำเย็น

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากการตรวจสอบพบสาเหตุที่ทำให้ Sensor อุณหภูมิอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากมีตะกรันจับที่ Probe วัดอุณหภูมิและเนื่องจากการใช้งานที่มากกว่า 1 ปีโดยที่ไม่มีการปรับเทียบค่าอุณหภูมิ ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงโดยการล้างทำความสะอาด Probe วัดอุณหภูมิใหม่พร้อมทั้งทำการปรับเทียบให้สามารถอ่านอุณหภูมิได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

เครื่องทำความเย็นที่ประหยัดพลังงานจะต้องมีค่า COP สูงแปรเปลี่ยนตามสภาวะการออกแบบสภาวะการทำงานและสภาวะการใช้งานของเครื่องผู้ออกแบบเครื่องสร้างเครื่องทำการบำรุงรักษาและใช้เครื่องจึงเกี่ยวข้องกับค่า COP ปัจจัยทางปฏิบัติที่มีผลต่อ COP ที่เกี่ยวข้องกับคอนเดนเซอร์มีดังนี้

ผู้ออกแบบระบบต้องพยายามเพิ่มความสามารถของคอนเดนเซอร์โดย

- เพิ่มพื้นที่ระบายความร้อน
- เพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- ใช้สารระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ที่มีอุณหภูมิต่ำ(น้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศ)

ผู้ใช้งานและบำรุงรักษาระบบต้องพยายามคงระดับสภาพการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ให้สูงตลอดเวลาโดยล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ

- แก้ไขหวีครีบ (Fin) ระบายความร้อนที่ล้มให้เป็นระเบียบ(กรณีระบายความร้อนด้วยอากาศ)
- ป้องกันลมรั่วหรือลัดวงจร
- บำรุงรักษาหอทำน้ำเย็นให้มีความสามารถในการระบายความร้อนสูง

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุง

3.1 บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นก่อนดำเนินการปรับปรุง

32 ตรวจสอบการทำงานของชุดควบคุมการทำงานของ Cooling Tower จนพบว่า Sensor ทำงานผิดปกติ

3.3 หาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นพร้อมแนวทางการแก้ไข

3.4 ดำเนินการแก้ไขโดยล้างทำความสะอาด Probe พร้อมปรับเทียบค่าให้ถูกต้อง

3.5 การตรวจสอบผลการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 Operating factor	%OF	%	80	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.98	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุงเฉลี่ย	E_1	kWh/day	3,976	จากการตรวจวัด

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุงเฉลี่ย	E_2	kWh/day	3,777	จากการตรวจวัด
2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ $E_s = (E_1 - E_2) \times d \times \%OF$	E_s	kWh/yr	58,108	
2.3 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $C_s = E_s x C_e$	C_s	kWh/yr	173,162	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	-	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	-	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

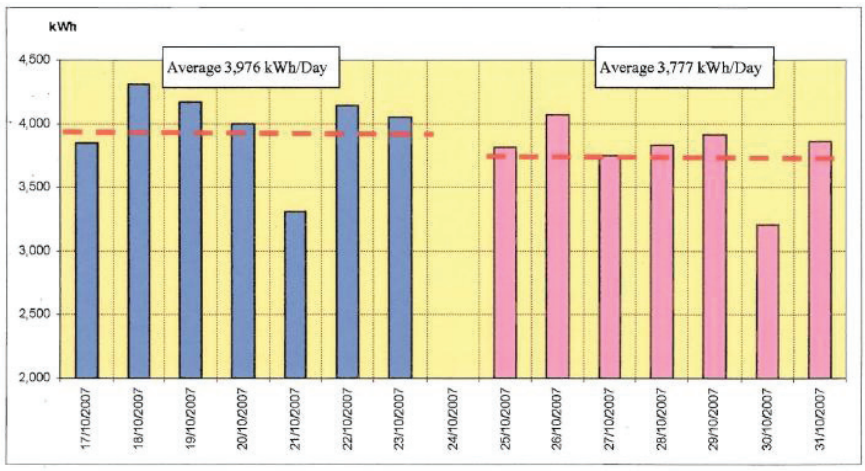
5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงชุดตรวจวัดอุณหภูมิพบว่าอ่านค่าได้ตรงตามจริงและทำให้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานน้อยลง (เดิมเครื่องทำความเย็นจะเดิน Compressor 2 ตัวเกือบตลอดเวลา)

รูปที่ 13.2 ชุดควบคุมการทำงานของหอผึ่งน้ำและค่าอุณหภูมิที่อ่านได้หลังปรับปรุง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ผลจากการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นก่อนการปรับปรุงจำนวน 5 วันและหลังดำเนินการปรับปรุงจำนวน 5 วัน รายละเอียดแสดงได้ดังรูปที่ 13.3



รูปที่ 13.3 ชุดควบคุมการทำงานของหอผึ่งน้ำและค่าอุณหภูมิที่อ่านได้หลังปรับปรุง

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนแก้ไขระบบ Sensor	1,160,992.00	kWh/yr
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังแก้ไขระบบ Sensor	1,102,884.00	kWh/yr
สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	58,108.00	kWh/yr
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	2.98	Baht/kWh
ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	173,162.00	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ควรมีการจัดทำแผนการ Preventive Maintenance ชุดควบคุมการทำงาน (Sensor) ของ Cooling Tower อย่างสม่ำเสมอและควรขยายผลไปยัง Sensor ระบบอื่นๆด้วย
- ควรจัดทำ Energy Baseline ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องโดยใช้ค่า SEC เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการใช้พลังงานที่กำลังการผลิตต่างๆ
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำแบบฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการมอนิเตอร์ เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น การตั้งค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อัตราการไหลของน้ำเย็น ความดันเข้าและออก Compressor ต่างๆ เป็นต้น พร้อมระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- หากต้องการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ควรพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเดิม

กรณีศึกษาที่ 14

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเตาโดยใช้เทคโนโลยีไมโครอิมัลชั่น

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท สยามอุตสาหกรรมเกษตรอาหาร จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 11/3 หมู่ 2 ถนนเพชรเกษม ตำบลเขาน้อย อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77120

ผลิตภัณฑ์: สับปะรดแปรรูป

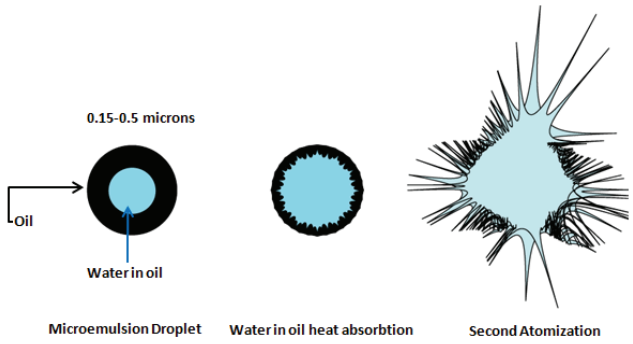
1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

จากการสำรวจการใช้หม้อต้มไอน้ำ (Boiler) จำนวน 5 เครื่อง โดยมีขนาด 10 ตัน จำนวน 4 เครื่อง (หมายเลข 1, 3, 4, 5) และอีกหนึ่งเครื่องมีขนาด 16 ตัน พบว่าโรงงานมีการเดินเครื่อง Boiler หมายเลข 2, 4 และ 5 เป็นหลัก ซึ่ง Boiler เหล่านี้ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะ โดยเฉพาะเขม่า ฝุ่นและก๊าซจากการเผาไหม้

ทางบริษัทจึงได้นำระบบไมโครอิมัลชั่น (Micro-emulsion System หรือ MEC System) ซึ่งเป็น Green Technology มาประยุกต์ใช้ เพื่อลดมลภาวะจากการเผาไหม้และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของน้ำมันเตา ทำให้การใช้ระบบนี้สามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาลงได้อีก

รูปที่ 14.1 หม้อต้มไอน้ำ 10 ตันจำนวน 4 เครื่อง และขนาด 16 ตันจำนวน 1 เครื่อง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 14.2 Micro-emulsion System (MEC System)

สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวนั้น โดยปกติละอองน้ำมันที่พ่นออกจากหัวฉีด ที่มีคุณภาพสูงจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 micron ถึงแม้ว่าจะมีขนาดที่เล็กมากแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากความหนืดและเวลาในการเผาไหม้ที่มีจำกัด ทำให้ยังมีองค์ประกอบที่เป็นเชื้อเพลิงบางส่วนไม่ถูกเผาไหม้ ทำให้เกิดเขม่าและควันดำ

Micro-emulsion system (MEC System) เป็นระบบที่ใช้สร้าง Micro-emulsion โดยจะสร้าง Atomized Stabilize fuel จากการแทรกโมเลกุลของน้ำเข้าไปในหยดน้ำมัน แล้วทำให้คงตัวโดยผ่านสนามแม่เหล็กความเข้มสูง ทำให้ได้เป็น Atomized micro-emulsion ซึ่งมีขนาดเล็กมากและทำให้เชื้อเพลิงที่ผ่านระบบ MEC system มีลักษณะเป็นหยดโดยมีเชื้อเพลิงเป็นฟิล์มหุ้มผิวภายนอกและมีน้ำอยู่ภายใน มีความเสถียร คงตัวที่อุณหภูมิสูง และไม่แยกตัวออกจากกันเมื่อทิ้งในบรรยากาศเมื่อเชื้อเพลิงถูกพ่นเข้าไปในห้องเผาไหม้แล้วจะเกิด Second atomize ขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่โมเลกุลน้ำใน Atomized micro-emulsion กลายเป็นไออย่างรวดเร็วราวกับเกิดการระเบิด ทำให้พื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงสัมผัสกับออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น

Micro-emulsion system (MEC system) จึงเป็นระบบที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเตาให้สามารถเผาไหม้ได้มากขึ้น โดยการเพิ่มความสามารถในการแตกตัวของละอองน้ำมันที่พ่นออกมาจากหัวฉีด (Nozzle) ของหัวเผา (Burner) ขณะที่อยู่ในกระบวนการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) ทำให้เชื้อเพลิงสัมผัสกับออกซิเจนได้มากขึ้น และส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงขึ้น สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงของ Boiler และทำให้มลภาวะจากการเผาไหม้ โดยเฉพาะเขม่าลดลงเป็นอย่างมาก

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณการผลิตไอน้ำ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ No.2,4 และ 5
3.2 ประเมินผลการประหยัดเชื้อเพลิงน้ำมันเตาจากการใช้ระบบ Micro-emulsion System
3.3 วิเคราะห์สภาพการติดตั้งหน้างานและผลกระทบทุกด้านที่อาจเกิดขึ้น
3.4 ประเมินราคาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเตา
3.5 ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.6 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจดำเนินการต่อไป
3.7 ดำเนินการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเตา ด้วยเครื่องขนาด 1,000 l/hr รุ่น BO EFU-1000 ยี่ห้อ MEC marine 18.5 kW 40A 50Hz ต่อจากถังเก็บน้ำมันเตา จากนั้นจึงลำเลียง Micro-emulsion ที่ได้ไปเก็บไว้ที่ Storage tank เพื่อเตรียมพร้อมที่จะจ่ายให้กับ Boiler หมายเลข 2, 4 และ 5 ต่อไป
3.8 ติดตามผลการดำเนินโครงการ
3.9 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการดำเนินการบันทึกข้อมูลต่างๆ ตามตารางด้านล่างเพื่อคำนวณปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง

ตัวแปร/ ค่าที่ตรวจวัด	การเก็บข้อมูล
อัตราการไหลของน้ำป้อน	บันทึกค่าทุกกะ เป็นระยะเวลา 4 วัน
อัตราการไหลของน้ำมันเตา	บันทึกค่าทุกกะ เป็นระยะเวลา 4 วัน
อุณหภูมิน้ำ, น้ำมัน และสิ่งแวดล้อม	บันทึกค่าทุก 15 นาที เป็นระยะเวลา 4 วัน
อุณหภูมิ, CO, CO_2, O_2ในก๊าซเสีย	บันทึกค่าทุก 30 นาที ต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 4 วัน
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผนังของ Boiler	บันทึกค่าทุก 30 นาที ต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 4 วัน
ปริมาณ Blow Down	บันทึกค่าทุกกะ เป็นระยะเวลา 4 วัน
Set Point ค่าความดันไอน้ำของหม้อไอน้ำ (ตัวแปรควบคุม)	บันทึกค่าทุกกะ เป็นระยะเวลา 4 วัน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

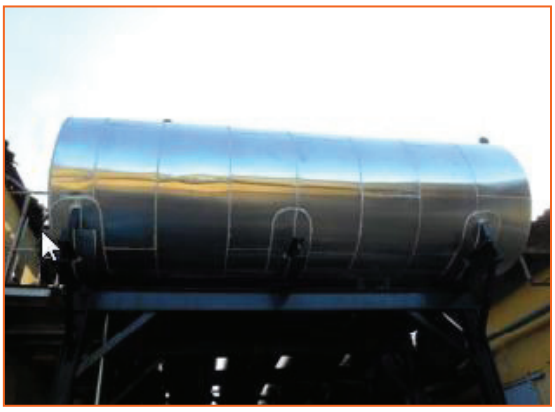
รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณน้ำมันเตา Boiler No.2	$m_{f,2}$	l/yr	688,830.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ปริมาณน้ำมันเตา Boiler No.4	$m_{f,4}$	l/yr	499,100.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ปริมาณน้ำมันเตา Boiler No.5	$m_{f,5}$	l/yr	1,091,204.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 ค่า Heating value ของน้ำมันเตา	HV	MMBTU/l	0.0424	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 % ผลประหยัด	%saving	%	10	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.6 ราคาน้ำมันเตาเฉลี่ย	C_f	Bth/l	20	
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ค่าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง $Q_1=(m_{f,2}+m_{f,4}+m_{f,5}) \times HV$	Q_1	MMBTU/yr	96,635.28	
2.2 ค่าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ Q_s= %saving x Q_1	Q_s	MMBTU/yr	9,663.53	
2.3 ค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ $S_c=Q_s/HV \times C_f$	S_c	Baht/yr	4,558,268.87	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 มูลค่าการลงทุน	C	Baht	6,500,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	1.43	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งระบบ Micro-emulsion 1 เครื่อง ขนาดกำลังการผลิต 1,000 ลิตรตอชั่วโมงและสามารถผลิตน้ำมันไมโครอิมัลชั่นใสถังน้ำมันขนาด 23,000 ลิตร (โดยไมใชสารเคมี)

รูปที่ 14.3 การติดตั้งระบบไมโครอิมัลชั่นขนาดกำลังการผลิต 1,000 ลิตร/ชั่วโมง เครื่องรุ่น BO EFU-1000 ยี่ห้อ MEC marine 18.5 kW 40A 50Hz



รูปที่ 14.4 ถังใสน้ำมันที่ผานเครื่องผลิตไมโครอิมัลชั่นเปนน้ำมันไมโครอิมัลชั่นขนาด 23,000 ลิตร

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานของ Boiler ก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานจากเชื้อเพลิงน้ำมันเตาลงได้

ระบบ	ผลวิเคราะห์การใช้พลังงาน (MMBTU/ yr)		พลังงานที่ประหยัดได้ (MMBTU/yr)
	ก่อนปรับปรุง	**หลังปรับปรุง**	
Micro-emulsion system (MEC System)	96,635.28	91,514.96	5,120.32

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้5,120.32/0.0424x 20 = 2,415,245.28 บาท/ปี มูลค่าการทุนและติดตั้ง 6,500,000 บาท มีระยะคืนทุน 2.69 ปี

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- ในการติดตั้งจำเป็นจะต้องควบคุม Parameter ต่างๆ ให้อยู่บนพื้นฐานเดียวกันดังนี้
  - ✓ ก่อนตรวจวัด ต้องปรับค่า %O_2 ในก๊าซเสียของหม้อไอน้ำให้มีค่าต่ำที่สุด และล้างตะกรัน ทำความสะอาดเขม่า ทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ
  - ✓ อุณหภูมิน้ำป้อน ก่อนและหลังการปรับปรุง ต้องควบคุมให้ต่างกันไม่เกิน 10%
  - ✓ ปริมาณ CO ต้องไม่เกิน 870 ppm
  - ✓ TDS ของน้ำ Blow down ต้องอยู่ระหว่าง 3,000 – 5,000 ppm
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและ ประมวลผลและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 15

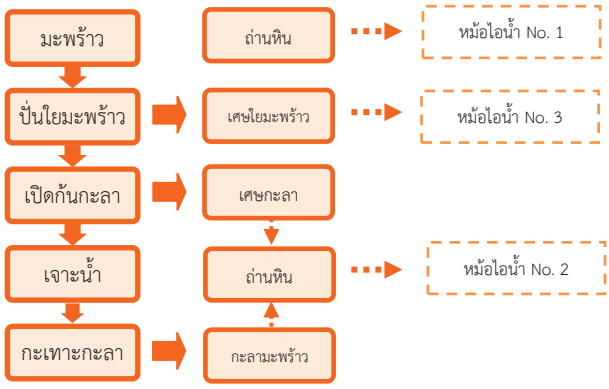
การปรับปรุงคุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อลดการใช้พลังงานในหม้อไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ
ชื่อบริษัท : บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด
สถานที่ตั้ง : 57 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5
ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม 73220
ผลิตภัณฑ์ : กะทิ วุ้นมะพร้าว

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากในกระบวนการผลิตของโรงงานมีใยกะลาเหลือเป็นจำนวนมาก จึงใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำขนาด 5.60 ตันต่อชั่วโมง โดยจุดประสงค์หลักคือต้องการกำจัดใยมะพร้าวที่ออกมาจากกระบวนการผลิตประมาณ 1 ตัน/ชั่วโมง ทั้งนี้พบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของใยกะลาต่ำเนื่องจากมีปัญหาเรื่องความชื้นสูงเพราะไม่มีที่กองเก็บ นอกจากนี้ยังพบปัญหาเรื่องเส้นใยติดตามสายพานและมอเตอร์ต่างๆทำให้เกิดความเสียหายจากลักษณะการใช้งานดังกล่าวทางทีมงานอนุรักษ์พลังงานจึงได้วิเคราะห์และหาแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดพื้นที่การจัดเก็บและสามารถนำใยกะลาไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเพื่อหยุดการใช้งานหม้อไอน้ำขนาด 5.6 ตันต่อชั่วโมงลงได้

นอกจากนี้ยังดำเนินมาตรการลดความชื้นของกะลามะพร้าวที่เกิดจากกระบวนการผลิตจากเดิมประมาณ 30%-40% โดยลดความชื้นให้เหลือ 10% เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของ Boiler



รูปที่ 15.1 การใช้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำทั้ง 3 เครื่อง ก่อนการปรับปรุง

ปัจจุบันโรงงานฯ มีการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น ใยกะลา, กะลา, ถ่านหินและน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำทั้ง 3 เครื่อง โดยเชื้อเพลิงต่างๆ นั้นได้มาจากมะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของโรงงานเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการป้อนหม้อไอน้ำ 3 ชุด ซึ่งสามารถแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำได้ดังนี้

- หม้อไอน้ำพิกัด 8 ตันต่อชั่วโมงใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงหลัก
- หม้อไอน้ำพิกัด 8 ตันต่อชั่วโมงใช้ถ่านหินและกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงหลัก
- หม้อไอน้ำพิกัด 5.6 ตันต่อชั่วโมง ใช้ใยมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงหลัก

ทั้งนี้หม้อไอน้ำทั้งหมดมีกำลังในการผลิตไอน้ำรวม 21.60 ตันต่อชั่วโมง แต่ปัจจุบันใช้หม้อไอน้ำในลำดับที่ 1 และ 2 ก็เพียงพอต่อความต้องการใช้งานโดยมีกำลังการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 16 ตันต่อชั่วโมง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่างเช่นการกระจายตัวของแหล่งชีวมวลขนาดความชื้นสิ่งเจือปนปริมาณขี้เถ้า ดังนั้นถ้าจะนำชีวมวลใดมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสมกับชีวมวลนั้นๆเพื่อประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามคุณสมบัติอย่างหนึ่งของชีวมวลที่เหมือนกันคือมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ดังนั้นต้นกำเนิดพลังงานจากชีวมวลจึงควรอยู่ใกล้กับแหล่งผลิตชีวมวลเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้มากที่สุด

- ***การกระจายตัวของแหล่งชีวมวล*** รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งชีวมวลมี 2 ลักษณะคืออยู่รวมเป็นกลุ่มและอยู่กระจัดกระจายชีวมวลที่อยู่รวมเป็นกลุ่มคือเศษชีวมวลจากกระบวนการแปรรูปณที่ใดที่หนึ่งเช่นโรงสีข้าวโรงงานผลิตน้ำตาลทรายโรงงานแป้งมันสำปะหลังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราเป็นต้นที่อยู่กระจัดกระจายตามพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวมเช่นการสีข้าวโพดโดยอาศัยอุปกรณ์สีข้าวโพดที่เคลื่อนที่ได้และเศษไม้-ปลายไม้จากสวนป่ายางพาราเป็นต้นส่วนการนำชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจายมาเป็นเชื้อเพลิงจะมีข้อเสียเปรียบคือเสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มขึ้น
- ***ขนาด***ขนาดของชีวมวลเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ต้องพิจารณาถ้าชีวมวลมีขนาดใหญ่เช่นเศษไม้หรือปลายไม้จากสวนป่ายางพาราและปีกไม้ที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพาราเป็นต้นจะมีขนาดใหญ่เกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงเพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำดังนั้นควรจะนำมาย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆจะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้นแต่ก็มีค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มขึ้นเช่นกัน
- ***ความชื้นของชีวมวล*** เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงถ้าชีวมวลมีความชื้นสูงมากเช่นกากมันสำปะหลังหรือส่าเหล้าซึ่งมีความชื้นประมาณ 80-90% ไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้แต่อาจจะนำมาผ่านกระบวนบีบอัด (Dewatering) เพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเผาหรือนำมาผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าได้เช่นกันในกรณีของเศษไม้มีความชื้นประมาณ 50-60% ถ้านำมาเก็บไว้ล่วงหน้าระยะหนึ่งความชื้นจะลดลงโดยธรรมชาติแต่มีข้อเสียคือเสียพื้นที่ในการจัดเก็บและถ้าเก็บไว้นานไปไม้มีโอกาสผุได้
- ***สิ่งเจือปนในชีวมวล*** มีหลายอย่างเช่นเศษดินหินกรวดทรายและคราบน้ำมันปาล์มเป็นต้นสิ่งเจือปนที่ต้องระมัดระวังให้มากคือสารอัลคาไลน์ในทะลายปาล์มเพราะเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิระดับหนึ่งจะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อน้ำในห้องเผาไหม้ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดลงดังนั้นในการออกแบบห้องเผาไหม้ต้องพิจารณาจุดนี้เป็นพิเศษ
- ***ปริมาณขี้เถ้าของชีวมวล*** มีผลต่อการเผาไหม้เช่นกันโดยเฉพาะแกลบจะมีปริมาณขี้เถ้า 16% โดยน้ำหนักดังนั้นการออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 **การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงใยกะลาโดยการอัดเพื่อให้มีรูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งานและสะดวกต่อการจัดเก็บ**เป็นการดำเนินการเพื่อการลดการใช้หม้อไอน้ำขนาด 5.60 ตันต่อชั่วโมงที่ใช้เชื้อเพลิงจากใยมะพร้าวโดยทำการติดตั้งเครื่องอัดใยมะพร้าวเพื่อให้สามารถเก็บในที่ร่มได้และสามารถป้อนสู่หม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินได้ เนื่องจากสามารถลำเลียงโดยสายพานโดยไม่มีเศษใยมะพร้าวเข้ามาติดขัดได้ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการได้ดังนี้

3.1.1 ประชุมคณะกรรมการ
3.1.2 สรรหาแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาใยมะพร้าว
3.1.3 นำเสนอโครงการ
3.1.4 ทดลองเก็บข้อมูลก่อนการเปลี่ยนวิธีการทำงาน
3.1.5 สร้างเครื่องต้นแบบในการอัดใยมะพร้าว
3.1.6 ทดสอบใช้งานเครื่องอัดใยต้นแบบ
3.1.7 สรรหา Supplier ในการสร้างเครื่องอัดใยมะพร้าว
3.1.8 คัดเลือก Supplier ในการสร้างเครื่องอัดใยมะพร้าว
3.1.9 ดำเนินการสร้างเครื่องอัดใยมะพร้าวโดย
3.1.10 ทำการติดตั้ง ทดสอบใช้งานเครื่องอัดใยมะพร้าว
3.1.11 ดำเนินการสร้างระบบสายพานลำเลียง
3.1.12 แก้ไขปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม
3.1.13 ติดตามโครงการ
3.1.14 ทวนสอบผลการดำเนินการ

3.2 **การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าวโดยการลดความชื้น**
ขั้นตอนของการดำเนินมาตรการลดความชื้นของกะลามะพร้าว คือ

3.2.1 ประชุมกับคณะทำงานเพื่อหาแนวทางในการลดความชื้นของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว
3.2.2 บันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวในหม้อไอน้ำ (No.1-No.2) ก่อนดำเนินการลดความชื้น
3.2.3 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการลดความชื้นของเชื้อเพลิง
3.2.4 วิเคราะห์ผลกระทบทุกด้านที่อาจเกิดขึ้น
3.2.5 ประเมินราคาและประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.2.6 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจ
3.2.7 จัดสร้างที่จัดเก็บเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว
3.2.8 ดำเนินการจัดการเกลี่ยตากกะลาในวันที่มีแดดให้แห้งที่สุด
3.2.9 นำมาอบเพื่อไล่ความชื้นและดำเนินการจัดเก็บในห้องที่ได้จัดสร้างไว้
3.2.10 ติดตามโครงการ
3.2.11 ทวนสอบผลการดำเนินการ

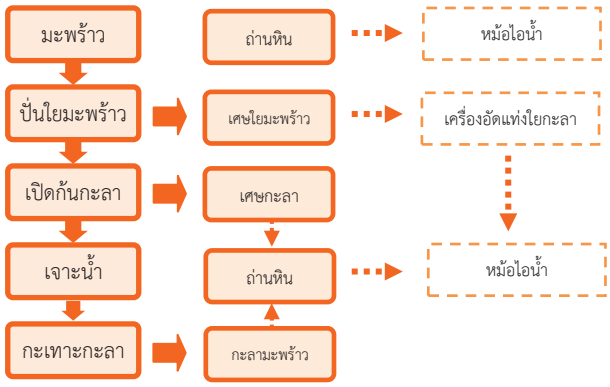
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงใยกะลาโดยการอัด				
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักรต่างๆของหม้อไอน้ำขนาด 5.60 ตันความเย็น	P_1	kW	75.60	จากการตรวจวัด
1.2 ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	h	hr/day	24	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	300	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 Operating factor	OP	%	90	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 ราคาค่าไฟฟ้า	C_f	Baht/kWh	2.99	
1.6 กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดใยมะพร้าว	P_2	kW	5.60	
2. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง $E_1 = P_1 \times h \times d \times OP$	E_1	kWh/yr	489,888.00	
2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง $E_2 = P_2 \times h \times d \times OP$	E_2	kWh/yr	36,288.00	
2.3 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_c = (E_1 - E_2) \times C_f$	S_c	Baht/yr	1,356,264	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 มูลค่าการลงทุน	C	Baht	250,000.00	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	0.18	
การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าวโดยการลดความชื้นโดยใช้หลักการของ Pre-dry				
4. ข้อมูลเบื้องต้นและการคำนวณ				
4.1 น้ำหนักเชื้อเพลิงกะลาก่อนปรับปรุง	m_r	kg/yr	6,642,417.40	จากการตรวจวัด
4.2 ความชื้นเฉลี่ยของ Biomass ก่อนปรับปรุง	$\%m_1$	%	40	ข้อมูลจากโรงงาน
4.3 ความชื้นเฉลี่ยของ Biomass หลังปรับปรุง	$\%m_2$	%	10	ข้อมูลจากโรงงาน
4.4 ราคาเชื้อเพลิง Biomass	$C_{f,1}$	Baht/kg	1.8	
5. การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน				
5.1ปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงที่ลดลงก่อนเข้า Boiler $m_w = m_r x \%m_1 - m_r x(1-\%m_1)x(\%m_2/1-(\%m_2)$	m_w	kg/yr	2,214,139.13	
5.2 ค่า Heating value ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นลดจาก 40% เหลือ10% (ตารางที่ 15.1)	%NHV	%	38	อ้างจากงานวิจัยของต่างประเทศ
5.3 น้ำหนักเชื้อเพลิงกะลาหลังปรับปรุง $m_{r,2} = m_r \times 100/(100+\%NHV)$	$m_{r,2}$	kg/yr	4,813,345.94	อ้างอิงประสิทธิภาพ Boilerคงที่
5.4 ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ลดลง $S_{c,1} = (m_r - m_{r,2}) x C_{f,1}$	$S_{c,1}$	Baht/yr	3,292,328.63	
6. การวิเคราะห์การลงทุน				
6.1 มูลค่าการลงทุน	C_1	Baht	3,150,000	
6.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C_1 / S_c	PB	yr	0.96	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งเครื่องอัดใยมะพร้าว เพื่อให้สามารถเก็บในที่ร่มได้และสามารถป้อนสู่หม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินได้ เนื่องจากสามารถลำเลียงโดยสายพานโดยไม่มีเศษใยมะพร้าวเข้ามาติดขัดได้แผนผังการใช้เชื้อเพลิงหลังดำเนินการปรับปรุงแสดงได้ดังรูปที่ 15.2



รูปที่ 15.2 การใช้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำทั้ง 3 เครื่องหลังการติดตั้งเครื่องอัดใยมะพร้าว

รูปที่ 15.3 ภาพเครื่องอัดใยกะลาและใยมะพร้าวที่อัดเป็นก้อน

ดำเนินการลดความชื้นของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว โดยการนำมาผึ่งไว้ภายนอกในวันที่มีแดดจัดและนำลมร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาอบเพื่อลดความชื้นส่วนหนึ่งก่อน (Pre-dry) จะเผาไหม้ที่ Boiler แทนที่จะนำกะลามะพร้าวที่มีความชื้นสูงเข้าเผาไหม้ทันทีและจัดเก็บในพื้นที่กองเก็บที่จัดสร้างขึ้นทั้งนี้จะพบว่าความชื้นที่ลดลงจะทำให้ค่า Heating value ของ Biomass สูงขึ้นอ้างอิงจากงานวิจัยในตารางที่ 15.4

ตารางที่ 15.1 ผลกระทบของ % ความชื้นต่อ Heating value ของ Biomass จากงานวิจัยต่างประเทศ

Effect of Moisture Content on the Net Heating Value of Biomass at Constant Pressure									
Biomass	Moisture content percent wet mass basis								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Poplar	19.4	17.3	15.1	12.9	10.7	8.5	6.3	4.1	1.9
Stover	16.1	14.3	12.4	10.6	8.7	6.8	5.0	3.1	1.3

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยการติดตั้งเครื่องอัดใยมะพร้าว ทำให้สามารถหยุดการเดินหม้อไอน้ำขนาด 5.6 ตันต่อชั่วโมงและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรประกอบลงได้ ทั้งนี้จากการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าเป็นไปตามหัวข้อที่ 4 ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงหลังจากดำเนินการปรับปรุงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นไปตามการประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานในหัวข้อที่ 4 คือเท่ากับ 453,600 kWh/yr

รูปที่ 15.4 พื้นที่กองเก็บกะลามะพร้าวที่ดำเนินการจัดสร้าง

สำหรับมาตรการลดความชื้นของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าวพบข้อมูลก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงที่น่าสนใจดังนี้

การใช้เชื้อเพลิง (kg/yr)		ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง (kg/yr)
ก่อนปรับปรุง	**หลังปรับปรุง**	
6,642,417.39	4,981,813.04	1,660,604.35

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้1,660,604.35x 1.8 = 2,989,087.83 บาท/ปี มูลค่าการลงทุนและติดตั้งบริเวณที่กองเก็บเชื้อเพลิง 3,150,000 บาท มีระยะคืนทุน1.05 ปี

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- วิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะและความร้อนจำเพาะของโรงงาน โดยอาจจะวิเคราะห์ลงรายละเอียดได้ในระดับเครื่องจักร เพื่อใช้เป็นตัวเลข Energy Baseline ของเครื่องจักรหรือ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรประเภทเดียวกันได้ เพื่อนำไปสู่การซ่อมบำรุง การจัดโหลดการใช้งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและ ประมวลผลและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 16

การหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 2 (แม่จัน)
บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 117 หมู่ 6 ถนนป่าซาง
อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

ผลิตภัณฑ์: ผักและผลไม้แปรรูปทางการเกษตร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตหลายกระบวนการ เช่น หม้อต้มน้ำผลไม้ และกระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำผลไม้ เป็นต้น โดยการใช้ไอน้ำความดันตั้งแต่ 4-6 บาร์ แต่กลับพบว่าท่อจ่ายไอน้ำทั้งท่อหลัก และท่อย่อยยังไม่ได้ดำเนินการหุ้มฉนวนป้องความร้อนทำให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนส่งผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ

รูปที่ 16.1 ท่อส่งจ่ายไอน้ำที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ท่อไอน้ำที่มีความดันไอน้ำประมาณ 6 บาร์ จะมีอุณหภูมิผิวประมาณ 160 องศาเซลเซียส ถ้าไม่ได้หุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน นอกจากจะเป็นอันตรายจากผู้ที่สัมผัสแล้ว ยังมีการสูญเสียความร้อนที่พื้นผิวของท่อและวาล์วไอน้ำ ซึ่งเป็นการสูญเสียจากการพาความร้อนของอากาศโดยรอบ และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งเราสามารถลดการสูญเสียความร้อนดังกล่าวได้โดยการติดตั้งฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนชนิดใยแก้วความหนาไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว ทั้งในส่วนของท่อและวาล์วไอน้ำ

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 สำรวจและตรวจวัดขนาด ความยาว และอุณหภูมิผิวของท่อทางไอน้ำที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนป้องกันความร้อนทั้งหมด

3.2 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการหุ้มท่อไอน้ำด้วยฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว

3.3 คัดเลือกชนิดของฉนวนที่เหมาะสม

3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว

3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.6 ดำเนินการปรับปรุง

3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ความยาวท่อไอน้ำขนาด 1 นิ้ว	L1	m	60	จากการตรวจวัด
1.2 ความยาวท่อไอน้ำขนาด 3 นิ้ว	L2	m	40	จากการตรวจวัด
1.3 ความยาวท่อไอน้ำขนาด 4 นิ้ว	L3	m	35	จากการตรวจวัด
2. การคำนวณการสูญเสียความร้อน				
ตัวอย่างการคำนวณความร้อนที่สูญเสียของท่อขนาด 1 นิ้วความยาว 60 เมตร				
2.1 อุณหภูมิผิวท่อ	T_s	^oC	160	
2.2 อุณหภูมิบรรยากาศ	T_a	^oC	32	
2.3 รัศมีภายนอกท่อ	r_o	m	0.0127	
2.4 ความยาวท่อ	L	m	60	
2.5 อุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังและบรรยากาศ $T_{avg}= ½ \times (T_s+ T_a)$	T_{avg}	^oC	96	
2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศที่T_{avg}	k	W/m.K	0.031519	
2.7 เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	D	m	0.0254	
2.8 $Ra_D = g\beta(T_s-T_a)D^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	73,402.01	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.9 Nu_D	Nu_D	-	7.1579	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.10 $h_o = k/D \times Nu_D$	h_o	$W^2/m.K$	8.8823	
2.11 $h_r = \varepsilon\sigma(T^2_s-T^2_a)(T_s+T_a)$	h_r	$W^2/m.K$	9.4016	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.12 $h_t = h_o + h_r$	h_t	$W^2/m.K$	18.2839	
2.13 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน $Q_1 = 2¶Lx (T_s-T_a)/[1/ h_t]$	Q_1	W	11,205	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2.1 – 2.13 สำหรับท่อไอน้ำ 3 นิ้ว ความยาว40 เมตร				
2.14 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน	Q_2	W	20,444.00	
ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2.1 – 2.13 สำหรับท่อไอน้ำ 4 นิ้ว ความยาว35 เมตร				
2.14 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน	Q_3	W	23,456.30	
ความร้อนที่สูญเสียด้านข้างหลังปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหนา (x) = 1 นิ้ว สำหรับท่อไอน้ำ 1 นิ้ว ความยาว60 เมตร				
2.15 อุณหภูมิผิวท่อ	$T_{s,1}$	^{O}C	50.96	Trial & Error
2.16 อุณหภูมิบรรยากาศ	T_a	^{O}C	32	
2.17.1 รัศมีภายนอกท่อ	r_i	m	0.0127	
2.17.2 รัศมีภายนอกท่อเมื่อหุ้มฉนวนท่อแล้ว	r_o	m	0.0636	
2.18 ความยาวท่อ	L	m	60	
2.19 อุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังและบรรยากาศ $T_{avg}= ½ \times (T_{s,1}+ T_a)$	T_{avg}	^{O}C	41.48	
2..20 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศที่T_{avg}	k	W/m.K	0.027379	
2..21 เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	D	m	0.127	
2.22 $Ra_D = g\beta(T_{s,1}-T_a)D^3/(\alpha\nu)$	Ra_L	-	73,402.01	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.23 Nu_D	Nu_D	-	19.5541	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.24 $h_o = k/D \times Nu_D$	h_o	$W^2/m.K$	4.2155	
2.25 $h_r = \varepsilon\sigma(T^2_{s,1}-T^2_a)(T_{s,1}+T_a)$	h_r	$W^2/m.K$	1.4141	เปิดค่าตัวแปรที่ T_{avg}
2.26 $h_t = h_o + h_r$	h_t	$W^2/m.K$	5.6296	
2.27 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน $Q_4 = 2¶Lx (T_{s,1}-T_a)/ \{[r_o\ln(r_o/r_i)/k1]+[1/ h_t]\}$	Q_4	W	2,554.20	
*ความร้อนที่สูญเสียด้านข้างหลังปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหนา (x) = 1 นิ้ว สำหรับท่อไอน้ำ 3 นิ้ว ความยาว40 เมตร*ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2.15 – 2.27				
2.28 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน $Q_5 = 2¶Lx (T_{s,1}-T_a)/ \{[r_o\ln(r_o/r_i)/k1]+[1/ h_t]\}$	Q_5	W	3,085.60	
*ความร้อนที่สูญเสียด้านข้างหลังปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหนา (x) = 1 นิ้ว สำหรับท่อไอน้ำ 4 นิ้ว ความยาว30 เมตร*ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2.15 – 2.27				
2.29 การสูญเสียความร้อนด้านข้างก่อนหุ้มฉนวน $Q_6 = 2¶Lx (T_{s,1}-T_a)/ \{[r_o\ln(r_o/r_i)/k1]+[1/ h_t]\}$	Q_6	W	3,259.20	
3. ผลการประหยัดพลังงาน				
3.1 การสูญเสียก่อนการปรับปรุง = $Q_1+Q_2+Q_3$	Q_b	W	55,105.30	
3.2 การสูญเสียหลังการปรับปรุง = $Q_4+Q_5+Q_6$	Q_a	W	8,899.00	
3.3 ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	h	hr/yr	7,488	
3.4 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	LHV	MJ/l	41.28	
3.5 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	η_b	%	85	
3.6 ราคาเชื้อเพลิง	C_f	Baht/l	25	
3.7 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง $m_s = [(Q_b- Q_a)x3.6xh/1,000]/(LHV \times \eta_b)$	m_s	l/yr	35,493.12	
3.8 ราคาเชื้อเพลิงที่ลดลง $S_c=m_s \times C_f$	S_c	Baht/yr	887,328.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 มูลค่าการลงทุน	C_1	Baht	500,000.00	
4.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C_1 / S_c	PB	yr	0.56	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำทั้งหมด ในกระบวนการผลิตด้วยฉนวนใยแก้วความหนา 2 นิ้ว และหุ้มด้านนอกป้องกันการปนเปื้อนด้วยสังกะสีชุบ

รูปที่ 16.2 ท่อไอน้ำที่ดำเนินการหุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

การตรวจสอบผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง โดยการตรวจสอบปริมาตรเชื้อเพลิงที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน ดังนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ปริมาตรน้ำมันเตาที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (l/day)	1,260	1,140

จำนวนวันในการผลิต 1 ปี โดยเฉลี่ย	= 312	day/yr
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้เฉลี่ย	= 312 x (1,260–1,140)	l/yr
	= 37,440	l/yr
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จริง	= 37,440x 25	Baht/yr
	= 936,000	Baht/yr
โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น	= 500,000	Baht
ระยะเวลาคืนทุน	= 500,000/936,000	yr
	= 0.53	yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาหารมีข้อจำกัดหลายด้านในเรื่องความปลอดภัยและการปนเปื้อนตามมาตรฐาน HACCP ดังนั้นการพิจารณาเรื่องใช้วัสดุอุปกรณ์ในพื้นที่ของการผลิตอาหารต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้รับผิดชอบในการผลิตก่อนทุกครั้ง
- สำหรับการหุ้มฉนวนป้องความร้อนสูญเสียเป็นมาตรการมาตรฐานโดยทั่วไป ที่ไม่มีความจำเป็นต้องมีการคำนวณหาค่าการสูญเสียความร้อนที่ยุ่งยาก ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาคือการเลือกชนิดของวัสดุของฉนวนให้เหมาะสมกับระดับของอุณหภูมิของพื้นผิวที่จะนำไปห่อหุ้ม และดำเนินการให้เร็วที่สุด เพราะเป็นมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานคืนทุนค่อนข้างเร็ว
- อบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในเรื่องการ Operate และบำรุงรักษาเครื่องจักรและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน
- จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมด้านการปฏิบัติ เช่น จัดทำแบบฟอร์มเพื่อบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการติดตามและประมวลผลและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำ Checklist เพื่อวินิจฉัยหาแนวทางการอนรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษาที่ 17

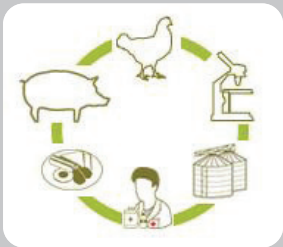
การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ภายในฟาร์มสุกร

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท เบทาโกรไฮบริดอินเตอร์ เนชั่นแนล จำกัด ฟาร์ม 5

สถานที่ตั้ง : 141 หมู่ 4 ตำบลมะนาวหวาน
อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดสงขลา 90110

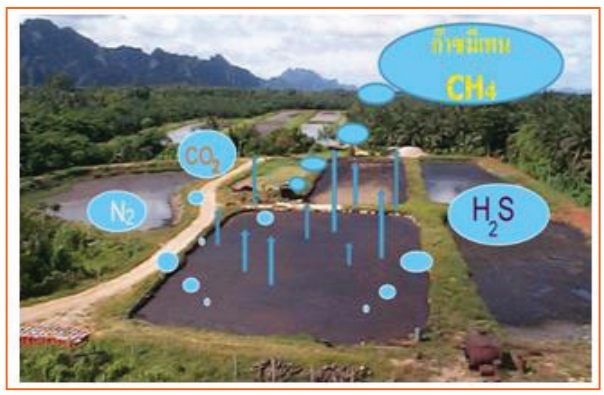
ผลิตภัณฑ์ : ธุรกิจสุกร



1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

โดยทั่วไปฟาร์มสุกรจะมีการใช้น้ำเป็นปริมาณมากซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมากเช่นกัน หากเปรียบเทียบของเสียที่เกิดจากสุกร 1 ตัว เท่ากับปริมาณของเสียที่เกิดจากคน 2-3 คน ซึ่งหากไม่มีวิธีการจัดการที่ดีจะส่งผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จึงต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่ลำรางสาธารณะของชุมชน และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณมูลสัตว์ ของเสีย น้ำเสียที่เกิดขึ้นแล้วต้องปล่อยทิ้งเสียจะเป็นมลภาวะที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดค่อนข้างสูง ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบเดิม คือ แบบเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.46 kWh/ตัว-วัน มีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเฉลี่ย 1.15 บาท/ตัว-วัน ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา น้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบว่ามีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ หากเลือกวิธีการบำบัดที่ถูกต้อง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มาประยุกต์ใช้จะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง โดยแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้นั้นจะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าต่อโดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นจะนำมาใช้ในฟาร์มโดยเฉพาะในสุกรเล้าคลอดที่จะต้องเปิดไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง ปั๊มน้ำสะอาดสำหรับให้สุกรดื่ม การชำระล้างทำความสะอาดตัวสุกรและคอกและไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป ฯลฯ ยังสามารถลดปัญหาเรื่องของกลิ่นและน้ำเสียที่มีกระทบต่อชุมชนได้อีกด้วย

ดังนั้นบริษัทจึงได้ดำเนินการบำบัดน้ำเสียแบบใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพนอกจากจะไม่ต้องจ่ายค่าพลังงานในการบำบัดน้ำเสียแล้ว เจ้าของฟาร์มสามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร 95 ลิตร/ตัว-วัน ซึ่งเทียบเท่าก๊าซหุงต้ม 44 กรัม/ตัว-วัน (มูลค่า 0.50 บาท) และสามารถผลิตไฟฟ้า 0.11 kW-hr/ตัว-วัน (มูลค่า 0.28 บาท)และมีผลพลอยได้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ 350 กรัม/ตัว-วัน (มูลค่า 0.35 บาท) รวมมูลค่าผลิตได้ 0.63 - 0.85 บาท/ตัว-วัน

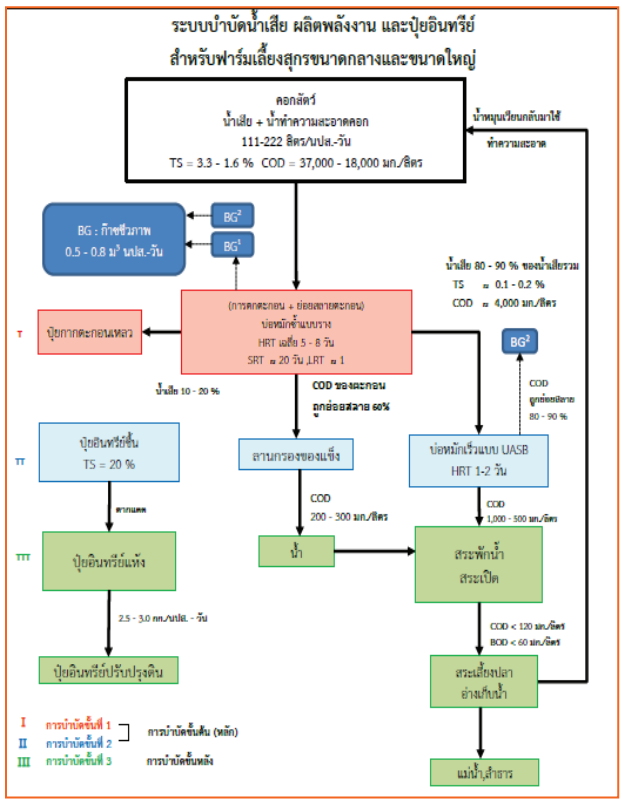


รูปที่ 17.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเดิม

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบแก๊สชีวภาพเป็นเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียรูปแบบหนึ่งที่มีการประยุกต์นำมาใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่อประโยชน์ทางด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีที่ทำให้กลุ่มของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์หลายชนิดทำหน้าที่หมักย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำมูลสัตว์ซึ่งอยู่ในรูปของของเหลวในสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) การทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อย่างต่อเนื่องกันทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อยสลายและลดปริมาณลงสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายนี้ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นก๊าซผสมระหว่างมีเทน (CH_4) กับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอัตราส่วนประมาณ 65 : 35 ก๊าซผสมนี้สามารถติดไฟได้ดีจึงใช้เป็นพลังงานให้ความร้อน แสงสว่าง และเดินเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้ระบบการหมักแบบไร้ออกซิเจน จะลดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ COD (Chemical Oxygen Demand) และ BOD (Biological Oxygen Demand) ที่มีอยู่ในสารหมักได้ 70 - 90% เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจึงให้ประโยชน์ถึง 3 ประการ คือ

1. ให้พลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพ (1 ลบ.ม. = พลังงานความร้อน 21.5 MJ หรือ LPG 0.46 kg หรือ ไฟฟ้า 1.2 kWh และถ่าน 1.6 kg)
2. บำบัดน้ำเสียและลดมลภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ เช่น กลิ่น และแมลงวัน
3. กากที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินได้ดี



รูปที่ 17.2 ระบบก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์
(ที่มา: www.eppo.go.th/vrs/VRS38-10-Biomass.html)

ทั้งนี้รูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ (Biogas Plant) ในฟาร์มสุกร มีได้หลายประเภทดังต่อไปนี้

1. **ระบบหมักราง (Plug Flow)** เป็นระบบแก๊สชีวภาพขนาดใหญ่ ระบบหมักรางเป็นระบบที่สามารถชักกากตะกอนออกได้ ข้อเสียของระบคือการลงทุนสูง และใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียที่ออกจากระบบมาก

2. **ระบบโดมคงที่ (Fixed Dome)** เป็นระบบแก๊สชีวภาพขนาดเล็กระบบโดมคงที่เป็นระบบที่สามารถชักกากตะกอนออกได้ และมีแรงดันแก๊สในระบบมากส่งแก๊สไปได้ในระยะไกลๆข้อเสียของระบบ คือ พื้นที่เก็บแก๊สน้อย และระยะเวลาหมักสั้น แค่ประมาณ 7 วัน

3. **ระบบพลาสติกคลุมบ่อ (Cover Lagoon)** เริ่มมีการพัฒนานำมาใช้งานเมื่อประมาณ 3-5 ปีที่ผ่านมา มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นบ่อขุด ด้านบนคลุมด้วยผืนพลาสติก เป็นระบบแก๊สชีวภาพที่มีการลงทุนต่ำ เนื่องจากจะมีต้นทุนการก่อสร้างบ่อเฉพาะค่าพลาสติกเท่านั้น ส่วนบ่อรวมน้ำทิ้งนั้นปกติจะต้องมีในทุกฟาร์มอยู่แล้ว การบำบัดน้ำเสียของระบบนี้จะหมักได้สมบูรณ์กว่าระบบอื่น เนื่องจากระยะเวลาหมักนาน และมีพื้นที่เก็บแก๊สมาก ข้อเสียของระบบ คือ มีการสะสมของกากตะกอนที่ก้นบ่อ

4. **ระบบลูกผสมโดมคงที่ร่วมกับพลาสติกคลุมบ่อ** เป็นการนำเอาของดีจากระบบโดมคงที่ และพลาสติกคลุมบ่อมารวมกัน ดังนั้นระบบแก๊สชีวภาพลูกผสมนี้จึงสามารถชักกากตะกอนออกได้ และเพิ่มระยะเวลาหมักได้นานขึ้นประมาณ 40-50 วัน

5. **ระบบพลาสติกคลุมบ่อแบบชักกาก** เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบพลาสติกคลุมบ่อ ซึ่งเป็นระบบแก๊สชีวภาพที่มีการลงทุนต่ำ บำบัดน้ำเสียได้สมบูรณ์ มีการเพิ่มระบบชักกากตะกอนเข้าไปจึงทำให้สามารถชักกากตะกอนออกได้ ระบบนี้จะเป็นระบบที่ถือว่าเป็นบ่อแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมที่สุดในการลงทุนในขณะนี้ ซึ่งจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งฟาร์มที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 สำรวจปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด
3.2 คำนวณปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ จากระบบ
3.3 ประเมินศักยภาพด้านพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้
3.4 ประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.5 นำเสนอผู้บริหารเพื่อตัดสินใจดำเนินการต่อไป
3.6 ดำเนินการปรับปรุง
3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

ตารางที่ 17.1 การประเมินหน่วยปศุสัตว์จากฟาร์มสุกร

Type of animal	average weight (kg)	LU
พ่อพันธุ์	280	50
แม่พันธุ์	240	2,160
สุกรสาวทดแทน	60	
ลูกสุกรเล้าคลอด		
สุกรอนุบาล	15	
สุกรรุ่นพันธุ์	60	2,670
(other type, any)	-	
Total (นปส)		4,880

หมายเหตุ นปส เป็นหน่วยปศุสัตว์

ตารางที่ 17.2 การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความสกปรกในน้ำเสีย	η	%	70	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 Loss จากการจัดการระบบก๊าซชีวภาพ	Loss	%	10	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในฟาร์มก่อนปรับปรุง	E1	kWh/เดือน	93,878.85	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 พลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าปริมาตรก๊าซชีวภาพ	E/m	kWh/m^3	1.2	
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	3.5	
1.6 จำนวนวันทำงานต่อปี	d	day/yr	300	
2. การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน				
2.1 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ (ไม่คิด Loss เรื่องการจัดการ) $m_{b,1}$= นปส x η	$m_{b,1}$	m^3/yr	3,416.28	
2.2 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ (คิด Loss เรื่องการจัดการ) $m_{b,1}$= นปส x ηx (1-Loss)	$m_{b,2}$	m^3/yr	3,074.65	
2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ E_s= $m_{b,2}$ x E/m x d	E_s	kWh/yr	1,106,874	
2.4 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ C_s= E_sxC_e	C_s	kWh/yr	3,874,059	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ	C	Baht	5,000,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	1.29	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียโดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพเข้ากับระบบน้ำเสียพร้อมทั้งจัดหา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine Generator) พร้อมทั้งชุดควบคุมและระบบเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า (Control and Synchronization system) เข้า Main Power ของฟาร์มเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปใช้งาน

รูปที่ 17.3 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประยุกต์ใช้ระบบก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 17.4 การติดตั้งอุปกรณ์ชุด VSD

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ	1,126,546.20	kWh/yr
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ	627,186.24	kWh/yr
สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	499,359.96	kWh/yr
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	3.50	Baht/kWh
ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	1,747,760.00	Baht/yr

การดำเนินโครงการระบบบำบัดน้ำเสียโดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตไฟฟ้าไว้ใช้ภายในฟาร์มสุกร โดยเฉพาะในฟาร์มลูกสุกรเล้าคลอดที่ต้องเปิดไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับลูกสุกร และไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจะใช้ปั๊มน้ำตลอดสำหรับ การให้น้ำ การทำความสะอาดตัวสุกรและคอกหมู เป็นต้น ทั้งนี้พบว่า สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐได้เฉลี่ย 499,359.96 kWh/yr เมื่อคิดเป็นผลประหยัด จะสามารถประหยัดได้เฉลี่ย 1,747,760 บาทต่อปี งบประมาณลงทุนค่าอุปกรณ์และติดตั้งมูลค่า 5,000,000 บาท ระยะคืนทุนจะอยู่ที่ 2.86 ปี และเมื่อคิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในฟาร์มพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ 44.33%

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

ในการติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ ควรระมัดระวังเรื่องการจัดการน้ำเสีย เพราะถ้าขาดการจัดการที่เหมาะสมจะส่งผลต่อปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ ซึ่งอาจทำให้ปริมาณพลังงานที่ได้ลดลงตามไปด้วย

กรณีศึกษาที่ 18

การเปลี่ยนหม้อไอน้ำจากเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

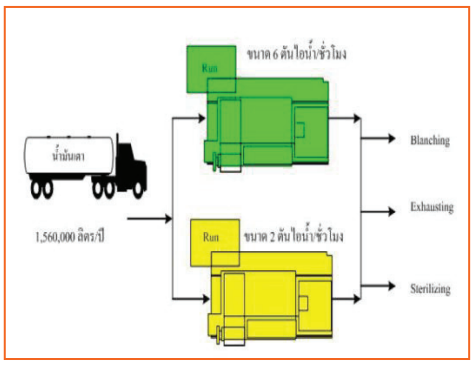
ข้อมูลพื้นฐานบริษัท
ชื่อบริษัท : บริษัท อำพลฟู้ดส์ โปรเซสซิ่ง จำกัด
สถานที่ตั้ง: 57 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5
ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม 73220
ผลิตภัณฑ์: กะทิ, วุ้นมะพร้าว

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานเริ่มจากการรับวัตถุดิบจากเกษตรกรนำมาปอกเปลือกมะพร้าวออกเพื่อแยกใยและกะลาเพื่อนำไปใช้ในการเผาไหม้ที่หม้อไอน้ำส่วนเนื้อมะพร้าวจะใช้ในกระบวนการผลิตน้ำกะทิที่กระบวนการส่วนใหญ่ใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำแต่เดิมทางโรงงานมีการใช้หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันเตาส่วนใยมะพร้าวเดิมทางโรงงานส่งขายไปเพื่อทำเป็นปุ๋ยส่วนกะลามะพร้าวส่งขายให้กับชาวบ้านเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปซึ่งไม่ได้มีมูลค่ามากนัก

แต่จากการปรับตัวของราคาน้ำมันที่สูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำของโรงงานสูงขึ้นตามโรงงานจำเป็นต้องหาวิธีลดต้นทุนการผลิตไอน้ำโดยได้เลือกใช้หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงแข็งที่นำวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตมาเป็นเชื้อเพลิงเข้าหม้อไอน้ำโดยใช้ใยมะพร้าวและกะลามะพร้าวป้อนเป็นเชื้อเพลิงโรงงานได้ติดตั้งหม้อไอน้ำใหม่ใช้เชื้อเพลิงแข็งและชีวมวลขนาด 8 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง ในการผลิตไอน้ำใช้งานในกระบวนการผลิตทดแทนการใช้หม้อไอน้ำเดิมและใช้หม้อไอน้ำของเดิมสำรองในการผลิต

หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันเตาที่เคยใช้อยู่มีขนาด 6 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง จำนวน 1 ตัว และขนาด 2 ตันไอน้ำ/ชั่วโมงจำนวน 1 ตัว ใช้งาน 2 ตัว ในช่วงที่มีกำลังผลิตมากและจะเลือกใช้งานหม้อไอน้ำตามกำลังผลิตในแต่ละช่วงฤดูกาลที่ความดัน 7-8 บาร์ ทำงานวันละ 24 ชั่วโมง ไอน้ำที่ผลิตได้นำไปใช้ในกระบวนการ Blanching Exhausting Sterilizing เป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 18.1 หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันเตาขนาด 6 ตัน/ชั่วโมง และ 2 ตัน/ชั่วโมง

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) นั้น จัดอยู่ในรูปแบบของสารอินทรีย์ (organic matters) ในทางปฏิบัตินั้น พืชผลทางการเกษตรที่เหลือใช้หรือเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรจัดอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ (rice husk) ทะลายปาล์มเปล่า (empty fruit bunch) ปาล์มไฟเบอร์ (palm fiber) ไม้สับ (wood chipped) ก้าน / ใบ/ เปลือก / แกน และเมล็ดของพืชผลต่าง ๆ รวมถึง Sludge จากระบบน้ำเสีย เป็นต้นข้อดีของสารชีวมวลที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นอาจสรุปได้ดังนี้

- ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และช่วยลดปัญหาสภาวะเรือนกระจกได้
- สามารถหาได้ในท้องถิ่น หรือภายในประเทศ โดยไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งต้นทุนมักจะมาจากอัตราแลกเปลี่ยนเสมอ
- ราคาไม่แพง

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวล (Biomass energy technology) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานในรูปของพลังงานความร้อนพลังงานไฟฟ้าหรือน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่การเผาไหม้ตรง (Direct combustion) การผลิตก๊าซชีวมวล (Gasification) และเทคโนโลยีที่อยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนาได้แก่การผลิตน้ำมันจากชีวมวล (Bio-Oil) การผลิตพลังงานจากชีวมวลด้วยระบบ Integrated gasification combine cycle (BIGCC) และการสกัดไฮโดรเจนจากชีวมวล

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 บันทึกข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงของ Boiler ราคาเชื้อเพลิง ปริมาณผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ Specific energy Consumption ซึ่งจะใช้เป็นค่าทวนสอบผลประหยัดพลังงานจริงหลังปรับปรุง
3.2 ตรวจวัดประสิทธิภาพของ Boiler
3.3 คำนวณและออกแบบ Boilerพร้อมอุปกรณ์ประกอบที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
3.4 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าวเช่น กระบวนการผลิต คุณภาพสินค้า ความปลอดภัย สภาพแวดล้อม เป็นต้น
3.5 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.6 ดำเนินการปรับปรุง
3.7 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงานจาก Specific energy consumption

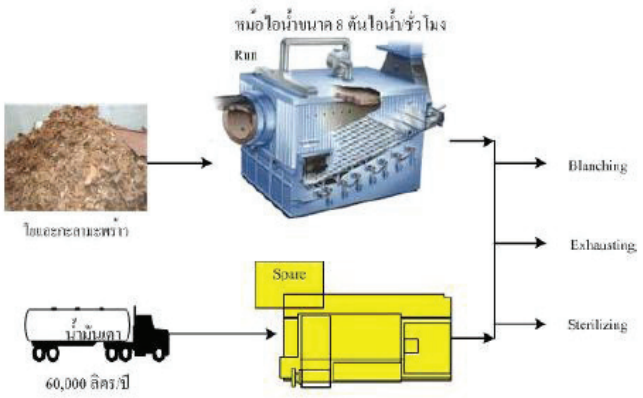
4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล	Q_d	kg/day	18,621.38	
1.2 จำนวนวันทำงานของ Boiler	d	day/yr	312	
1.3 ประสิทธิภาพของ Boiler น้ำมันเตา	EFF_o	%	85.00	ค่าจากการตรวจวัด
1.4 ประสิทธิภาพของ Boiler เชื้อเพลิงชีวมวล	EFF_b	%	89.00	ข้อมูลจากผู้ผลิต
1.5 ค่าความร้อนของน้ำมันเตา	h_o	kcal/l	9,600.00	
1.6 ค่าความร้อนของชีวมวล	h_b	kcal/kg	1,580.00	
1.7 ราคาน้ำมันเตา	P_o	Baht/l	17.00	
1.8 ราคาชีวมวล	P_n	Baht/kg	1.90	
2. ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 การเทียบเท่าน้ำมันเตา 1 ลิตรกับชีวมวล Ratio = $(EFF_o x h_o)/(EFF_b x h_b)$	Ratio	-	5.80	
2.2 ปริมาณการใช้ชีวมวล $Q_n = Q_d \times d$	Q_n	kg/yr	5,809,871.05	
2.3 เทียบเท่าการใช้น้ำมันเตา $Q_o = Q_n$ / Ratio	Q_o	l/yr	1,196,475.00	
2.4 ค่าใช้จ่ายชีวมวล $C_n = Q_n \times P_n$	C_n	Baht/yr	11,038,755.00	
2.5 ค่าใช้จ่ายน้ำมันเตา $C_o = Q_o \times P_o$	C_o	Baht/yr	20,340,075.00	
2.6 ผลการประหยัด $S_c = C_o - C_n$	S_c	Baht/yr	9,301,320.00	
2.7 คิดเทียบเท่าน้ำมันเตา	m_f	l/yr	547,135.41	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ค่าเงินลงทุน Boiler ชุดควบคุมรวมทั้งค่าดำเนินการติดตั้ง	C	Baht	17,200,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	1.85	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

หลังจากการใช้งานหม้อไอน้ำตัวใหม่ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวล (ใยและกะลามะพร้าว) ทำให้ทางโรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำลงได้ส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตของโรงงานลดลงตาม



รูปที่ 18.2 แผนผังการใช้งานหม้อไอน้ำหลังดำเนินการปรับปรุง

รูปที่ 18.3 ชุดป้อนเชื้อเพลิง

รูปที่ 18.4 หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวล

รูปที่ 18.5 ชุดดักฝุ่นละอองแบบมัลติไซโคลน ทางด้านปล่อยไอเสีย

รูปที่ 18.6 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าและ Header จ่ายไอน้ำ

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการติดตั้ง Boiler ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากใยมะพร้าวและกะลามะพร้าวแล้ว พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงลงมากกว่า 13 ล้านบาท รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ผลผลิตรวม (kg/yr)	2,107,440	2,131,200
ปริมาณการใช้น้ำมันเตา (l/yr)	1,196,475	103,956
ปริมาณการใช้ใยและกะลามะพร้าว (kg/yr)	-	2,305,800
ปริมาณการใช้น้ำมันเตา (l/yr)	-	103,956
ราคาเชื้อเพลิงรวม (Baht/yr)	19,388,448	6,111,045
ค่าเชื้อเพลิงต่อผลผลิต (Baht/kg)	9.20	2.87

ผลการประหยัดค่าเชื้อเพลิง = (9.20-2.87) x 2,131,200 Baht/yr

= 13,495,995.00 Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการตรวจสอบคุณภาพของอากาศเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของ Bolierเพื่อปรับอัตราการส่วน A/F ratio ให้เหมาะสมกับชนิดเชื้อเพลิง
- ตรวจสอบค่า Specific energy consumption ของ Bolierเป็นประจำและจัดทำEnergyBaseline ขึ้นสำหรับตรวจติดตามการใช้พลังงานในปัจจุบัน
- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อทบทวนให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอยู่เสมอ ในการเดินหม้อไอน้ำอย่างถูกวิธีและเพิ่มเติมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในหม้อไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำในกระบวนการผลิต
- ควบคุมด้านการปฏิบัติโดยจัดทำ Form สำหรับบันทึกพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิด้านขาออกที่ปล่องไอเสีย อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า Boiler ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ ระดับแรงดันไอน้ำ ฯลฯ และระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน
- จัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ
- จัดทำ Checklist สำหรับการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อวินิจฉัยหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน เช่น แนวทางลดความชื้นและขนาดเชื้อเพลิงชีวมวล การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ในกระบวนการ ฯลฯ

กรณีศึกษาที่ 19

ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Co-generation)

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ สระบุรี

สถานที่ตั้ง : 150 หมู่ที่ 7 ถนนมิตรภาพ ตำบลตาลเดี่ยว
อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี 18110

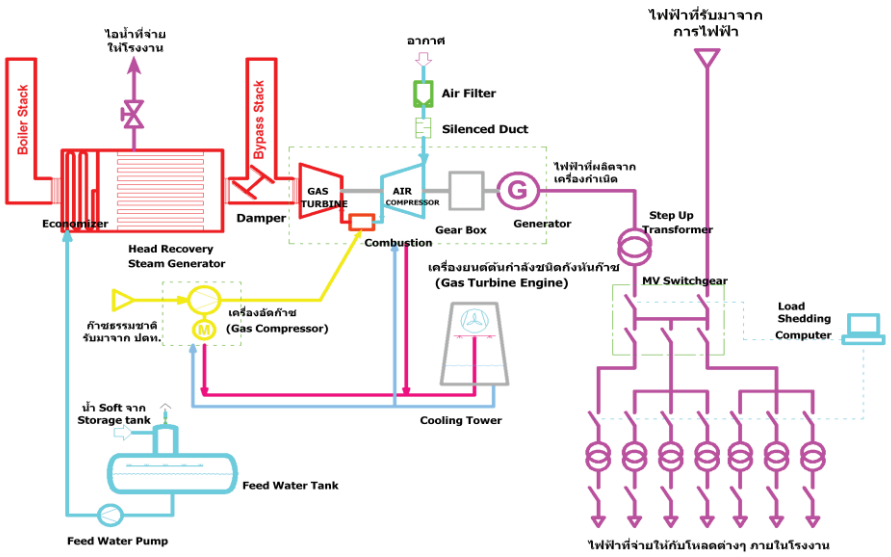
ผลิตภัณฑ์ : อาหาร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ทางโรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมาก กล่าวคือ ประมาณ 20 ล้านบาทต่อเดือน โดยแบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า น้ำมันเตา ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิตสินค้า โดยพิจารณาควบคู่ไปกับการลดมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14001

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

แนวทางที่โรงงานพิจารณาเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน คือ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม(Co-generation) โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ต้นกำลังชนิดกังหันก๊าซมาขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับกระบวนการผลิตและนำความร้อนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้ามาต้มน้ำในเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำจ่ายให้กระบวนการผลิต



รูปที่ 19.1
ส่วนประกอบของ
อุปกรณ์ภายในโรงไฟฟ้า
พลังความร้อนร่วม

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 ตรวจวัด และบันทึก ปริมาณพลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในปัจจุบัน
3.2 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Co-generation)
3.3 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว
3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.5 ดำเนินการปรับปรุง
3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้นก่อนดำเนินการปรับปรุง				
1.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	E1	kWh/yr	65,400,000.00	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 ปริมาณน้ำมันเตาก่อนปรับปรุง	$m_{f,1}$	Liter/yr	1,789,200.00	หม้อไอน้ำขนาด 3.2 และ 5 ตัน
1.3 ปริมาณถ่านหินก่อนปรับปรุง	$m_{f,2}$	kg/yr	5,052,000.00	หม้อไอน้ำขนาด 10 ตัน
1.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติก่อนปรับปรุง	$m_{f,3}$	MMBtu/yr	60,000.00	หม้อไอน้ำขนาด 5 ตัน
1.5 ค่า LHV ของน้ำมันเตา	$LHV_{f,1}$	MJ/ Liter	40.71	
1.6 ค่า LHV ของถ่านหิน	$LHV_{f,2}$	MJ/ kg	25.00	
1.7 ค่า LHV ของก๊าซธรรมชาติ	$LHV_{f,3}$	MJ/ MMBtu	1,055.00	
1.8 พิกัดผลิตไฟฟ้าของระบบ Cogenerator	P_1	MW	4.5	ชดเชยการรับซื้อไฟฟ้าลงจากเดิม 50%
1.9 พิกัดผลิตไอน้ำของระบบ Cogenerator	m_s	ton/hr	10	
1.10 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_e	Baht/kWh	2.97	
1.11 ราคาเชื้อเพลิงน้ำมันเตาก่อนปรับปรุง	$C_{f,1}$	Baht/ Liter	11.40	
1.12 ราคาเชื้อเพลิงถ่านหินก่อนปรับปรุง	$C_{f,2}$	Baht/ kg	2.38	
1.13 ราคาเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติก่อนปรับปรุง	$C_{f,3}$	Baht/ MMBtu	160.00	
2. การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังติดตั้งระบบ CogeneratorE$_s$= 50% x E1	E_s	kWh/yr	32,700,000.00	
2.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_E = E_s \times C_e$	S_E	Baht/yr	97,119,000.00	
2.3 การติดตั้งระบบ Cogeneration ทำให้สามารถยกเลิกการใช้งานหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันเตาและถ่านหินลงได้ คงเหลือเฉพาะหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ				
2.4 พลังงานความร้อนเทียบเท่าก่อนปรับปรุง $Q_1 = m_{f,1} \times LHV_{f,1} + m_{f,2} \times LHV_{f,2} + m_{f,3} \times LHV_{f,3}$	Q_1	MJ/yr	262,438,332	
2.5ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงก่อนการปรับปรุง $C_{F,b} = m_{f,1} \times C_{f,1} + m_{f,2} \times C_{f,2} + m_{f,3} \times C_{f,3}$	$C_{F,b}$	Baht/yr	42,020,640	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในระบบ Cogenerator - หลังปรับปรุง	$m_{f,4}$	MMBtu/yr	360,000	
2.7 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้หม้อไอน้ำ ขนาด 5 ตัน -หลังปรับปรุง	$m_{f,5}$	MMBtu/yr	60,000	หม้อไอน้ำขนาด 5 ตัน
2.8 พลังงานความร้อนเทียบเท่าหลังปรับปรุง $Q_2 = (m_{f,4} + m_{f,5}) \times LHV_{f,3}$	Q_2	MJ/yr	443,100,000	
2.9 ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงหลังปรับปรุง $C_{F,a} = (m_{f,4} + m_{f,5}) \times C_{f,3}$	$C_{F,a}$	Baht/yr	67,200,000	
2.10 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ Cogenerator	C_o	Baht/yr	6,000,000	
2.11 ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ทั้งหมด $S_c = S_E + C_{F,b} - (C_{F,a} + C_o)$	S_c	Baht/yr	65,939,640	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนระบบ Cogenerator	C	Baht	188,000,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน PB = C / S_c	PB	yr	2.85	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Co-generation) โดยมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 4.5 MW และผลิตไอน้ำ 10 ตัน/ชั่วโมง

รูปที่ 19.2 Co-Generation Power Plant

รูปที่ 19.3เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 4.5 MW

รูปที่ 19.4เครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุง เพื่อตรวจสอบผลประหยัดที่ได้รับ ดังนี้

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
พลังงานไฟฟ้า : kWh/month	5,450,000.00	2,730,000.00
ถ่านหิน : kg/month	421,000.00	-
น้ำมันเตา : Liter/month	149,100.00	-
ก๊าซธรรมชาติ : MMBTU/month	5,000.00	35,000.00

ผลการประหยัด

พลังงานไฟฟ้า	=	(5,450,000.00 - 2,730,000.00) x 12	
	=	32,640,000.00	kWh/yr
คิดเป็นเงิน	=	32,640,000.00 x 3.08	
	=	100,531,200.00	Baht/yr
พลังงานความร้อน			
ถ่านหิน	=	421,000.00 x 12	
	=	5,052,000.00	kg/yr
คิดเป็นเงิน	=	5,052,000.00 x 2.38	
	=	12,023,760.00	Baht/yr
น้ำมันเตา	=	149,100.00 x 12	
	=	1,789,200.00	kg/yr
คิดเป็นเงิน	=	1,789,200.00 x 11.40	
	=	20,396,880.00	Baht/yr
ก๊าซธรรมชาติ	=	(5,000.00 - 35,000.00) x 12	
	=	- 360,000.00	kg/yr
คิดเป็นเงินที่เพิ่มขึ้น	=	360,000.00 x 220	
	=	79,200,000.00	Baht/yr
ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	=	6,000,000.00	Baht/yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ ในการ Operate อย่างถูกวิธีและกระตุ้นเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
- ควบคุมด้านการปฏิบัติเพื่อตรวจติดตาม (Monitoring) เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น กำหนดเกณฑ์ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญและระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดจน
- กำหนดแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ

กรณีศึกษาที่ 20

ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

ข้อมูลพื้นฐานสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ สระบุรี

สถานที่ตั้ง : 150 หมู่ที่ 7 ถนนมิตรภาพ ตำบลตาลเดี่ยว
อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี 18110

ผลิตภัณฑ์ : อาหาร

1. แรงจูงใจหรือปัญหาที่นำไปสู่การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากทางโรงงานมีการใช้น้ำมันพืชในการทอดอาหารในปริมาณมาก (น้ำหนักอาหารทอดประมาณเดือนละ 800 ตัน) โดยเมื่อใช้น้ำมันพืชทอดอาหารไประยะหนึ่งจะมีการตรวจสอบสภาพความเป็นกรด (Acid Value; AV) หากเกินค่าที่กำหนดก็จะไม่นำมาใช้อีก ดังนั้นจึงมีปริมาณน้ำมันพืชเหลือใช้ในปริมาณมาก ซึ่งจากเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถนำน้ำมันพืชดังกล่าวมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลเดิม ซึ่งจากการศึกษาจะมีข้อดีของการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ดังนี้

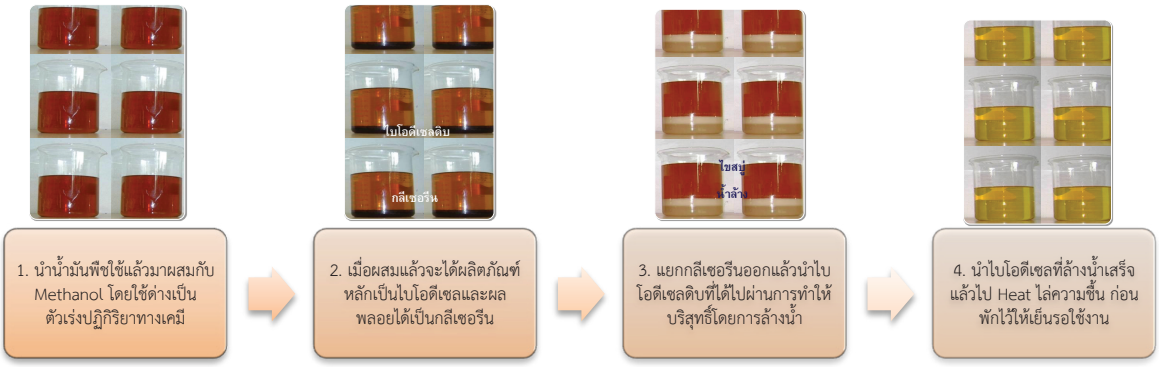
- สามารถลดต้นทุนในการขนส่งสินค้า
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 75%
- ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน
- ลดการนำน้ำมันพืชใช้แล้วกลับไปใช้ใหม่ ฯลฯ

รูปที่ 20.1 กระบวนการทอดอาหารของโรงงาน

รูปที่ 20.2 ถังเก็บน้ำมันพืชใช้แล้ว

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีสู่โอกาสในการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

จากมูลเหตุจูงใจดังที่ได้กล่าวมา ทางโรงงานจึงทำการศึกษาหลักการในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการหลักในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ได้ดังนี้



3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 ตรวจวัด และบันทึก ปริมาณน้ำมันพืชเหลือทิ้ง และปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในปัจจุบัน
3.2 ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบผลิตน้ำมันไบโอดีเซล
3.3 ประเมินผลกระทบทุกด้านจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว
3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์
3.5 ดำเนินการปรับปรุง
3.6 การทวนสอบผลการอนุรักษ์พลังงาน

4. การประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานก่อนการดำเนินการปรับปรุง

ประเมินผลประหยัดเมื่อดำเนินการติดตั้งระบบผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้การผลิตในแบบ Batch Process กำลังการผลิต 500 ลิตร/Batch จำนวน 2 Line การผลิตทั้งนี้โดย 1 รอบการผลิตใช้เวลา 10 ชั่วโมง

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้นก่อนดำเนินการปรับปรุง				
1.1 กำลังการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	R	l/Batch	500	ข้อมูลจากโรงงาน
1.2 จำนวน Line ผลิต	N	Line	2	ข้อมูลจากโรงงาน
1.3 ประเมินจำนวนรอบการผลิต	n	รอบ/day/Line	2.4	ข้อมูลจากโรงงาน
1.4 จำนวนวันทำงาน	d	day/yr	365	ข้อมูลจากโรงงาน
1.5 Operating factor	OF	%	80	
1.6 ราคาจำหน่วยน้ำมันไบโอดีเซล	C_s	Baht/l	30	
1.7 ราคารับซื้อน้ำมันพืชเก่าที่ใช้แล้ว	C_1	Baht/l	18.5	
2. การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน				
2.1 ความสามารถในการผลิต Bio-Diesel $P_1 = R \times N \times n$	P_1	l/day	2,400	
2.2 อัตราการผลิตไบโอดีเซลต่อปี $P = P_1 \times d \times OF$	P	l/yr	700,800	
2.3 ผลการประหยัดค่าเชื้อเพลิง $S_c = P \times (C_s - C_1)$	S_c	Baht/yr	8,059,200	
2.4 ประเมิน Operating Cost ของการผลิต	OC	Baht/l	5.0	
2.5 ค่าใช้จ่ายทางด้านการ Operate $C_0 = P \times OC$	C_0	Baht/yr	3,504,000	
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 เงินลงทุนระบบ	C	Baht	2,000,000	
3.2 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / (S_c - C_0)$	PB	yr	0.44	

5. ผลของการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การดำเนินการปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตน้ำมันไบโอดีเซล B100 กำลังการผลิต 500 l/Batch จำนวน 2 Line การผลิตดังแสดงในรูป

รูปที่ 20.3 โรงผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

5.2 ผลการประหยัดหลังจากดำเนินการปรับปรุง

หลังติดตั้งระบบแล้วเสร็จทางโรงงานได้ดำเนินการผลิต และเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตจริง ดังรายการต่อไปนี้พบว่า

กำลังการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	=	85,000	l/month
	=	1,020,000	l/yr
เงินที่ประหยัดได้ด้านเชื้อเพลิง	=	1,020,000 x (30-18.5)	
	=	11,730,000	Baht/yr
มูลค่าการลงทุนเริ่มต้นระบบ	=	2,000,000	Baht
ค่าใช้จ่าย Operating Cost ประกอบด้วย			
ค่าสารเคมี (4 บาท/ลิตร)	=	4,080,000	Baht/yr
ค่าจ้างแรงงาน (0.5 บาท/ลิตร)	=	510,000	Baht/yr
ค่าน้ำค่าไฟฟ้า (0.5 บาท/ลิตร)	=	510,000	Baht/yr
อื่นๆ (0.5 บาท/ลิตร)	=	510,000	Baht/yr
รวมค่าใช้จ่าย Operating Cost	=	6,120,000	Baht/yr
ระยะเวลาคืนทุน	=	$\frac{(2,000,000)}{(11,730,000-6,120,000)}$	
	=	0.36	yr

6. ข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวังในการดำเนินการ

- กำหนดแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งแผนกผลิตและแผนกซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอในการ Operate อย่างถูกวิธี
- ควบคุมด้านการปฏิบัติเพื่อตรวจติดตาม (Mornitoring) เช่น จัดทำฟอร์มบันทึกพารามิเตอร์ที่จำเป็น กำหนดเกณฑ์ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น ค่า PH ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณกลีเซอรีนตกค้าง ฯลฯ พร้อมทั้งระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดจน
- กำหนดแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ

บริษัท ดี พี เอ็ม อาร์ทแอนด์ปริ้น จำกัด
โทรศัพท์ ๐-๒๑๕๓-๔๖๖๓

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ
ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

www.dede.go.th

จัดทำโดย

บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด
599/104 ถนนรัชดาภิเษก แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2192-1847-8 โทรสาร 0-2192-1849

www.eqs.co.th www.facebook.com/EQSConsult