บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจัดการพลังงานและรอยเท้าคาร์บอนในโรงงานกุ้งแช่เยือกแข็ง ได้ใช้ทฤษฎีและหลักการต่างๆ โดยกล่าวสรุปได้ดังนี้

2.1 การจัดการพลังงาน

การจัดการพลังงาน (Energy Management) [3] คือ การจัดการทรัพยากรด้านพลังงานที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดขึ้นตามแต่ละองค์กร จัดเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยมุ่งหวังในการปรับปรุงการใช้พลังงานที่ประหยัดต้นทุนมากที่สุด ถือว่าเป็นแนวทางการบริหารธุรกิจแบบใหม่ที่มุ่งหวังในเรื่องการลดต้นทุนการผลิต หัวใจหลักของการจัดการด้านพลังงาน คือ ผู้เกี่ยวข้องตกลงร่วมมือในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มประสิทธิภาพในการประกอบการ โดยการจัดการพลังงาน ถือเป็นการเพิ่มโอกาสให้สามารถแข่งขันกับการประกอบธุรกิจในยุคเศรษฐกิจ

2.1.1 หลักการบริหารจัดการด้านพลังงาน [3]

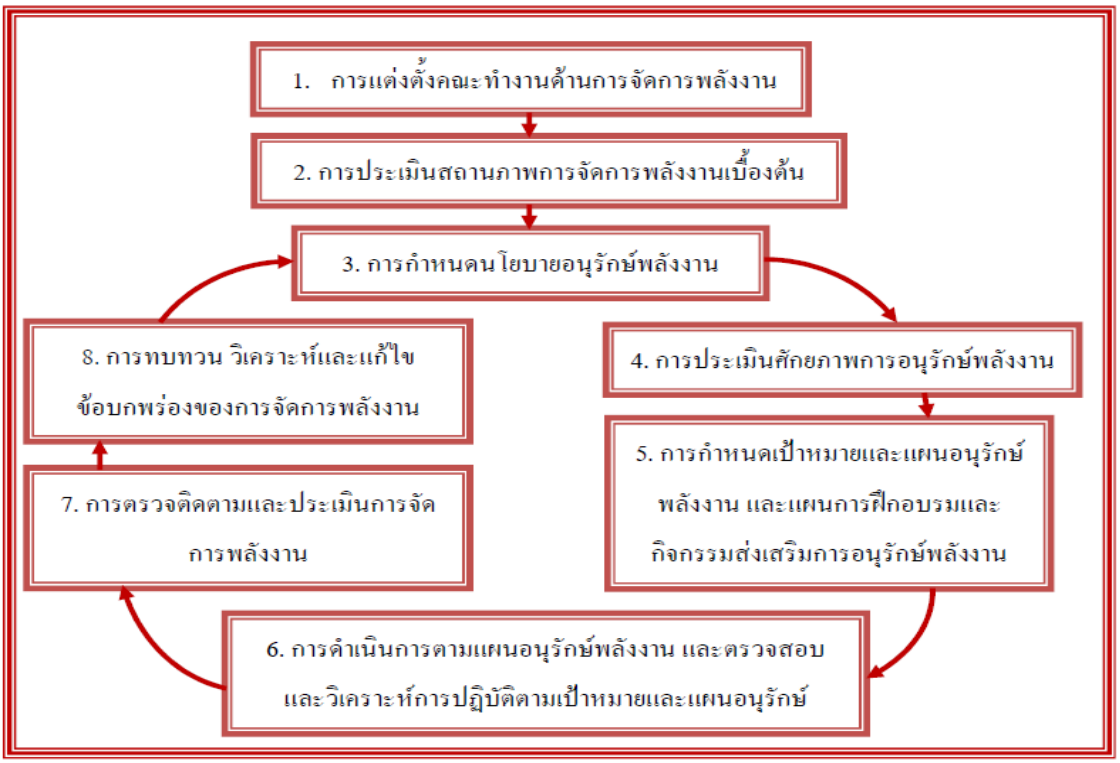
การบริหารและการจัดการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลอย่างจริงจังและมีผลอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องวางระบบในการดำเนินงานที่เหมาะสม ทำงานเป็นทีมและปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องด้วยความตั้งใจ เข้าใจ สนใจ และร่วมใจกันทุกฝ่าย ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงลงไป ผู้บริหารจะเป็นผู้ที่จะวางนโยบายและเป้าหมาย การมอบหมายงานให้ผู้รับผิดชอบ พร้อมทั้งกำหนดแผนงาน เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ โดยกลยุทธ์ในการบริหารพลังงานในหน่วยงานต่างๆ มีแนวทางดังนี้คือ ต้องมีนโยบายที่แน่นอน ต้องมีคนหรือผู้รับผิดชอบ จะต้องกำหนดหน้าที่รับผิดชอบ การติดตามผลการดำเนินงาน ต้องมีการเตรียมการ เก็บข้อมูล ประเมินผล การทำงานเก็บข้อมูลรายละเอียดของผลที่ได้รับจริง เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ องค์ประกอบในการบริหารและจัดการที่จะทำให้เกิดผลจริงนั้น จำเป็นต้องมีผู้รับผิดชอบโครงการที่มีความรู้และความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานอย่างแท้จริง พร้อมทั้งถ่ายทอดความรู้และทัศนคติต่างๆ สู่บุคคลอื่นที่อยู่ในองค์กร เพราะการอนุรักษ์พลังงานไม่สามารถที่จะปฏิบัติผู้เดียวหรือให้คนใดคนหนึ่งเป็นผู้ปฏิบัติได้ แต่เป็นหน้าที่ร่วมกันของทุกคนในองค์กร ถ้าหากขาดความเข้าใจที่ถูกต้องและอย่างจริงจังแล้ว จึงเป็นไปได้อย่างลำบากที่จะบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้

2.1.2 การจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม [3, 4]

เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานได้ โดยการบริหารจัดการ เพื่อที่สามารถลดต้นทุนของธุรกิจหรือลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ไม่ว่าจะเป็น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าเชื้อเพลิง และอื่นๆ ในกระบวนการผลิตและการทำงานของโรงงาน สามารถดำเนินการได้ทั้ง 2 มาตรการ ดังนี้ มาตรการที่ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Non-Investment Measuresment) มาตรการที่ไม่ต้องลงทุน ถือว่าเป็นขั้นแรกของการบริหารจัดการพลังงาน เพราะเป็นขั้นตอนพื้นฐานในการดำเนินกิจกรรมการประหยัดพลังงาน เช่น การประชาสัมพันธ์และสร้างจิตสำนึกของการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในองค์กรด้วยระบบการจัดการเบื้องต้นแบบง่าย ๆ ที่มุ่งจะพัฒนาองค์กรให้เกิดประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ว่าเวลาใดที่จะต้องมีการบำรุงรักษา เพื่อเพิ่มศักยภาพของเครื่องจักรและระยะเวลาการใช้งานที่นานขึ้น ในส่วนการดำเนินตามมาตรการที่มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Investment Measuresment)โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าอุปกณ์เดิม เพื่อพัฒนาการทำงานของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ ลดการใช้งานเกินความต้องการที่ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากการพิจารณาลงทุนปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานมากยิ่งขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม ถือเป็นแนวทางในของการลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอีกแนวทางหนึ่ง ปัจจุบันอุปกรณ์เหล่านี้ได้รับการพัฒนา ปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิด มีมากมายหลายอย่างที่สามารถเป็นทางเลือกให้ใช้ตามความเหมาะสมกับกระบวนการผลิตของโรงงาน ตัวอย่างเช่น เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive Control: VSD), มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficient Motor: HEM), อุปกรณ์ควบคุมดีมานด์ (Demand Controller), อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) เป็นต้น

2.1.3 ขั้นตอนการบริหารจัดการพลังงาน [4]

การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยให้มีการจัดการพลังงานอย่างเป็นมาตรฐานตามของกฎกระทรวง โดยหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมได้



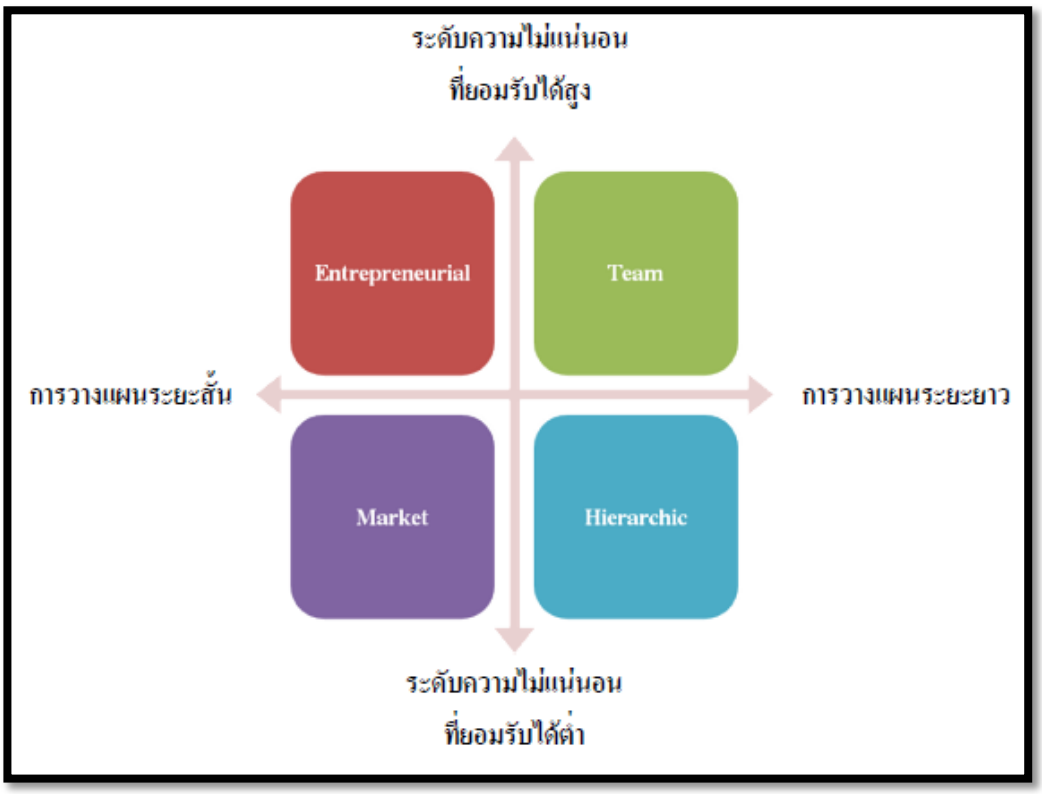
ถูกกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยที่ผ่านมาการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานมักจะจะมุ่งเน้นการปรับปรุงอุปกรณ์ ไม่ได้มีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ ทำให้ผลการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยงานนั้นเป็นผลที่ไม่มีความยั่งยืน เพราะเป็นการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมเพียงด้านเดียว เพื่อให้การดำเนินการดำเนินไปอย่างมีระบบและต่อเนื่อง การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานทางด้านพฤติกรรมอีกทั้งการสร้างจิตสำนึกให้กับผู้มีส่วนจิตสำนึกผู้มีส่วนร่วม จึงมีส่วนความสำคัญที่ควรได้รับพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานให้สอดคล้องกับการจัดการการใช้พลังงานทั้งทางเทคนิคและวิธีการทางวิศวกรรม ถือเป็นการบูรณาการระบบการจัดการอย่างมีระบบ มีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมของแต่ละองค์กร

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน [4]

เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการพลังงานต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน มีแผนดำเนินงานที่ดีมีความเหมาะสม สามารถแบ่งการดำเนินการออกได้เป็น 8 ขั้นตอน [3] ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 ดังนี้

2.1.3.1 การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

การมีคณะทำงานที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับโรงงาน ถือเป็นความสำเร็จของการพัฒนาและนำวิธีการจัดการพลังงานมาใช้ภายในองค์กรที่สำคัญที่สุด ดังนั้นผู้เป็นเจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานขึ้น เพื่อทำหน้าดำเนินการ ควบคุมดูแล ประสานงานกับฝ่ายต่างๆ ภายในองค์กร และรายงานผลการจัดการพลังงานที่เกิดขึ้นในองค์กร ตลอดจนการติดตามเพื่อทบทวนผลของการดำเนินการจัดการพลังงาน เพื่อให้ผลการดำเนินงานเป็นไปตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานที่องค์กรได้กำหนดขึ้น การแต่งตั้งคณะทำงานที่เหมาะสมมีความสำคัญอย่างมากกับการดำเนินการในระยะยาว โดยต้องกำหนดให้เหมาะสมกับโครงสร้างทางวัฒนธรรมและบุคลากรขององค์กรนั้นๆ องค์กรสามารถทำการประเมินวัฒนธรรมองค์กร เพื่อประเมินวัฒนธรรมขององค์กรถึงระดับความไม่



แน่นอนที่ยอมรับความเสี่ยงและระยะเวลาการวางแผนการลงทุนด้านพลังงานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 การประเมินวัฒนธรรมองค์กร [3]

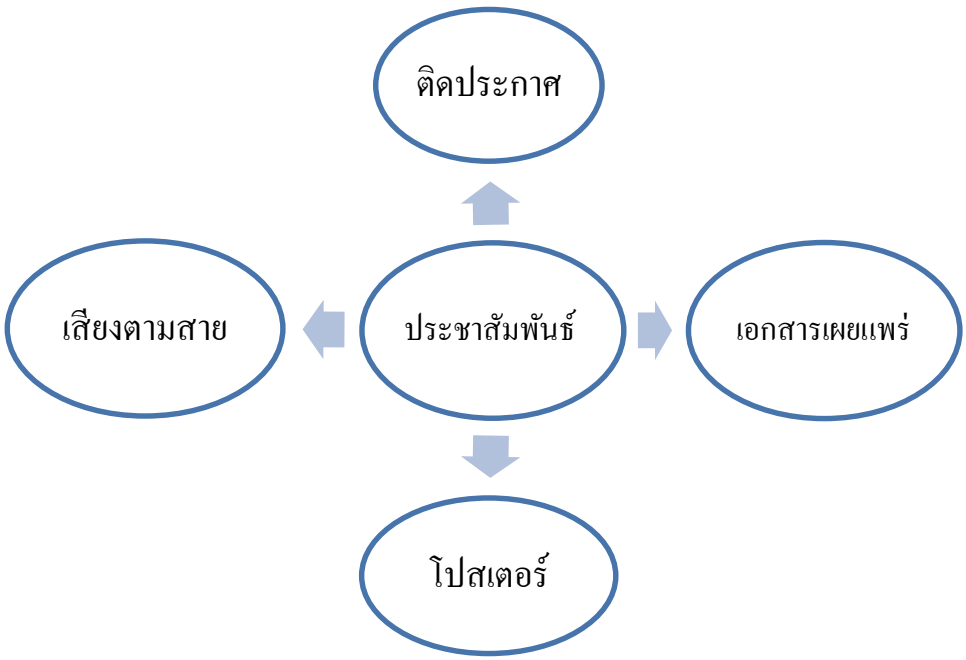
2.1.3.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น [4]

การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานภายในองค์กรเบื้องต้น เป็นขั้นตอนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทราบถึงระบบการจัดการด้านพลังงานขององค์กรในปัจจุบันว่ามีจุดแข็งหรือจุดอ่อนในด้านใดบ้าง ในการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานควรเริ่มประเมินจากหน่วยงานย่อยทั้งหมดภายในโรงงาน แล้วจึงนำผลการประเมินมาประเมินเป็นภาพรวมของโรงงานอีกครั้ง ในการประเมิน

สถานภาพเบื้องต้นขององค์กร จะใช้ตารางประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix : EMM) ในการประเมิน โดยจะพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญ 6 ส่วน คือ นโยบาย การจัดองค์กร การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ ระบบข้อมูลข่าวสาร การประชาสัมพันธ์ และการลงทุน โดยแต่ละองค์ประกอบจะมีคะแนนระหว่าง 0-4 คะแนน โดยคณะทำงานจะต้องทำการประเมินองค์กรในแต่ละส่วนอย่างเป็นกลางตรงกับความเป็นจริง เพื่อให้ผลการประเมินสะท้อนให้ทราบถึงสถานภาพการจัดการพลังงานที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จากข้อมูลที่ได้มาจากการประเมินสถานภาพเบื้องต้นจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งทิศทางและแผนดำเนินการจัดการพลังงานภายในองค์กรต่อไป

2.1.3.3 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

ตามข้อกำหนดของการกำหนดโยบายอนุรักษ์พลังงานที่มีการจัดทำขึ้นนั้นต้องมีเนื้อหาหรือข้อความที่ชัดเจน โดยต้องเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรมีการจัดทำเป็นเล่มเอกสารที่สมบูรณ์ พร้อมกับลงลายมือชื่อโดยเจ้าของโรงงานหรือผู้บริหารกำกับไว้ เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ในการจัดการพลังงานและสร้างจิตสำนึกของการอนุรักษ์พลังงานเมื่อกำหนดนโยบายเรียบร้อยแล้ว เจ้าของโรงงานต้องดำเนินการเผยแพร่นโยบายอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และบุคลากรทุกระดับในองค์กรได้รับทราบในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติตามนโยบายอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 2.3 แนวทางวิธีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ [4]

เมื่อโรงงานมีนโยบายอนุรักษ์ด้านพลังงานทีถูกกำหนดขึ้นอย่างชัดเจนแล้ว จึงมาถึงขั้นตอนที่ต้องทำการเผยแพร่และประกาศแจ้งให้พนักงานทุกคนได้รับทราบและปฏิบัติตามนโยบาย วิธีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ ซึ่งอาจทำได้โดยการติดประกาศ การจัดทำเป็นเอกสารแจกให้กับพนักงานทุกคน การใช้เสียงตามสาย หรือการส่งนโยบายอนุรักษ์พลังงานให้กับทุกฝ่ายโดยตรง แสดงไว้ดังรูปที่ 2.3 ควรเปิดโอกาสให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการให้ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ ควรให้มีการทบทวนเป็นระยะๆอย่างสม่ำเสมอ เพื่อได้นโยบายที่มีความทันสมัยและเหมาะสมกับองค์กร นอกจากการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์คณะทำงานอาจจัดทำเอกสารรายชื่อของพนักงานทุกคนในองค์กรลงลายมือชื่อรับทราบและเก็บไว้เป็นหลักฐาน

2.1.3.4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานจัดเป็นขั้นตอนการค้นหาศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานควรเริ่มจากการเก็บข้อมูล การตรวจวัดเพื่อนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อนำมาประเมินการใช้พลังงานให้ว่ามีการใช้พลังงานได้เหมาะสมและคุ้มค่าหรือไม่ โดยที่เน้นความสำคัญกับกระบวนการและอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานที่สูง หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและแผนงานต่อไป โดยประโยชน์ที่ได้จากการประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรก็คือ การบอกถึงต้นทุนทางพลังงานที่ใช้สำหรับการผลิตสินค้าและการบริการ เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานในอดีตกับปัจจุบัน หรือใช้เปรียบเทียบการใช้พลังงานกับโรงงานประเภทเดียวกัน ในการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำมากำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงาน มีแนวทางดำเนินการดังนี้

1) **รวบรวมข้อมูล** ซึ่งจะประกอบด้วยการบวนการผลิต การบริการ จากการใช้พลังงานของทุกฝ่าย โดยส่วนใหญ่เป็นจะจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังในรอบปีที่ผ่านมาเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวจัดทำเป็นข้อมูลรวมขององค์กร

2) การตรวจสอบและประเมินการใช้พลังงานขององค์กรโดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

(2.1) ระดับองค์กร

เป็นการประเมินการใช้พลังงานทั้งหมดภายในองค์กร โดยไม่มีการแยกฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งออก โดยต้องทราบข้อมูลของระบบไฟฟ้าขององค์กร อาจพิจารณาจากบิลค่าไฟฟ้าของโรงงาน ปริมาณการใช้ทรัพยากรทั้งเชื้อเพลิงและพลังงานหมุนเวียน โดยเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในรอบปี เพื่อนำคำนวณหาสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแยกตามระบบการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม เช่น ระบบแสงสว่าง ปรับอากาศ การทำความเย็น เป็นต้น

(2.2) ระดับผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

การประเมินระดับผลิตภัณฑ์หรือการบริการทำได้โดยการหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) หรืออัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานต่อปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนทางพลังงานของการผลิตสินค้าหรือการบริการ

(2.3) ระดับเครื่องจักรและอุปกรณ์หลัก

ทำได้โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน จากชั่วโมงการทำงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรและการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่องจักรที่ใช้ในโรงงานและมีความสำคัญในกระบวนการผลิตหรือการบริการ

2.1.3.5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ถูกกำหนดขึ้นจากเจ้าของโรงงานจะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายรวมทั้งจัดทำแผนการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้มีแผนการดำเนินงานให้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีระบบและยั่งยืน ลูกจ้างและบุคลากรของโรงงานควรได้รับการฝึกอบรมและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความรู้การอนุรักษ์พลังงาน กระตุ้นเพื่อให้พนักงาน ได้ดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จตาม การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ให้องค์กรนำระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ในโรงงาน ควรมีการดำเนินเป็นขั้นตอน ควรเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุดไปจนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูง และเงินลงทุนมาก เช่น

1) การบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น (House Keeping) การประหยัดพลังงานโดยวิธีนี้ เป็นการปรับแต่งเครื่อง และการทำงานต่างๆ เช่น การกำหนดให้มีกรรมวิธีดูแลรักษาที่ถูกต้อง วิธีเหล่านี้โดยมากแล้วจะไม่ทำให้ ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น หรือเป็นมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีระยะคืนทุนสั้นๆ คือน้อยกว่า 4 เดือน เช่น

(1) การลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น (Good Housekeeping) โดยการตั้งอุณหภูมิควบคุมของห้องปรับอากาศให้เหมาะสม การปิดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน หรือการลดเวลาการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

(2) การบำรุงรักษาที่ดี ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องจักรมีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพจากแนวทางเบื้องต้นดังที่กล่าวมา พบว่าการบริหารจัดการพลังงานเป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพและผลการตอบแทนสูง แต่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุน โดยเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม วิธีการคิด และวิธีการทำงานให้เหมาะสม รวมถึงการปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดขึ้นภายในองค์กร

(3) การจัดการความต้องการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับภาระการทำงาน

ในกรณีระบบพลังงานนั้นๆประกอบด้วย เครื่องจักรหลาย ๆ เครื่องจักร จะต้องเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องจักรให้ใกล้เคียงกับพิกัดติดตั้งเพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้เครื่องจักรที่ไม่มีภาระ

2) การปรับปรุงกระบวนการเดิมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือทำให้การสูญเสียต่างๆ ลดน้อยลง ซึ่งจะต้องอาศัยการตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยทั่วไปมาตรการนี้จะต้องการเงินลงทุนปานกลาง โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1 - 2 ปี เช่น การนำความร้อนสูญเสีย (Heat Recovery) กลับมาใช้งาน เช่น

(1) การนำก๊าซร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ในการผลิตเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

(2) การลดความสูญเสีย (Losses) ความสูญเสียที่เกิดจากการจัดการไม่ดี การออกแบบไม่ดี หรือกรรมวิธีผลิตที่ไม่ดี มีขั้นตอนมากเกินไป ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

3) การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือระบบ (Major Change Equipment) เมื่อการตรวจวิเคราะห์ขั้นต้นชี้ให้เห็นว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มาก โดยการเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์ ทั้งนี้จะต้องมีการประเมินผลตอบแทนทางการเงินที่ได้จากการดำเนินการมาตรการดังกล่าว ถ้าพบว่ามีความสอดคล้องเข้ากับเกณฑ์การลงทุนของฝ่ายบริหาร ก็จะเสนอขอความเห็นชอบ มาตรการนี้จะต้องมีการลงทุนสูงโดยมีระยะเวลาคืนทุน 2-5 ปี

2.1.3.6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อเป้าหมายของแผนอนุรักษ์พลังงาน การฝึกอบรมทางกิจกรรมต่างๆเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้ผ่านการอนุมัติจากเจ้าของโรงงาน ควรมีเจ้าหน้าที่จัดตั้งเป็นทีมในการควบคุมดูแลให้การดำเนินการต่างๆ ของแผนงาน รวมถึงตรวจสอบวิเคราะห์ ติดตามความก้าวหน้าของการปฏิบัติงานว่ามีการดำเนินการเป็นไปตามกำหนดเวลาที่ระบุไว้หรือไม่ หากมีความล่าช้า จะต้องตรวจสอบหาสาเหตุ พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขในการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมายเป็นไปตามเป้าหมายตามแผนงาน

2.1.3.7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

การตรวจติดตามและประเมินผลการจัดการพลังงานขององค์กร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาอุปสรรคในการดำเนินการที่ผ่านมา โดยมีคณะผู้ตรวจประเมินที่มีความรู้และความเข้าใจในวิธีการจัดการพลังงาน มีความเป็นกลางติดตามตรวจสอบวิธีการจัดการพลังงานที่จัดทำขึ้นว่ามีการปฏิบัติงานตามแผนการจัดการพลังงานที่จัดทำขึ้นหรือไม่ รวมทั้งรวบรวมเอกสารหลักฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำเป็นรายงานขององค์กร โดยการตรวจสอบติดตามนั้นสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสม โดย

ระยะเวลาการตรวจสอบและขอบเขตของการตรวจประเมินควรดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 1 ครั้งต่อปี

2.1.3.8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

เมื่อได้ผลจากการประเมินแล้ว ควรนำผลการประเมินการจัดการพลังงานมาวิเคราะห์ความเหมาะสม เพื่อหาจุดอ่อนและจุดแข็งของกิจกรรมที่ได้ดำเนินการไป ว่าเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรหรือไม่ ในกรณีที่พบอุปสรรคหรือปัญหาในการดำเนินการ คณะทำงานต้องทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานว่ามาจากปัจจัยใดเพื่อนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินการต่างๆ ของวิธีการจัดการพลังงาน หาแนวทางแก้ไขปรับปรุงใหม่ให้เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.1.4 มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน (ISO 50001) [5, 6]

มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้องค์กรสามารถดำเนินการอย่างเป็นระบบในการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ซึ่งรวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลักษณะการและปริมาณการใช้พลังงาน โดยได้ระบุข้อกำหนดสำหรับองค์กรในการจัดทำเพื่อนำไปปฏิบัติอย่างยั่งยืน และปรับปรุงระบบการจัดการพลังงาน ข้อกำหนดของมาตรฐานได้บูรณาการให้เข้ากับลักษณะการใช้และปริมาณการใช้พลังงาน รวมถึงการตรวจวัด การจัดทำเอกสาร การรายงาน เป็นต้น โดยจะคลอบคลุมถึงกระบวนการและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะด้านพลังงาน อีกทั้งถึงปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะด้านพลังงานซึ่งสามารถเฝ้าติดตาม ควบคุมดูแลได้โดยองค์กร แต่มาตรฐานระบบการจัดการพลังงานฉบับนี้ไม่ได้กำหนดเกณฑ์ของสมรรถนะที่เฉพาะเจาะจงในด้านพลังงานเท่านั้น แต่ได้ถูกออกแบบให้ใช้มาตรฐานนี้ได้อย่างเป็นอิสระแต่ก็สามารถนำไปใช้ได้ในแนวทางเดียวกับหรือบูรณาการกับระบบการจัดการอื่นๆได้ เช่น ISO 9000 ISO 14000 เป็นต้น

2.1.4.1 ข้อกำหนดมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001 [6]

ข้อกำหนดในมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ซึ่งได้แบ่งข้อกำหนดออกเป็น 4 ส่วนหลักตามวงล้อ PDCA (Plan-Do-Check-Act) ซึ่งประกอบด้วย 1. ข้อกำหนดทั่วไป 2. ความรับผิดชอบของผู้บริหาร 3. นโยบายพลังงาน 4. การวางแผนด้านพลังงาน 5. การนำไปปฏิบัติ และการดำเนินการ 6. การตรวจสอบ 7. การทบทวนการบริหาร ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.1 โดยสรุประบบมาตรฐานการจัดการพลังงานกำหนดให้มีการระบุขอบเขต (Boundary) และ ขอบข่าย (Scope) ของการจัดทำระบบการจัดการพลังงานให้เหมาะสมกับองค์กร โดยผู้บริหารสูงสุดจะประกาศแต่งตั้งผู้แทนฝ่ายบริหาร และจะสรรหาคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานเพื่อร่วมดำเนินการจัดทำระบบ

การจัดการพลังงาน จากนั้นองค์กรต้องจัดให้มีการวางแผนพลังงาน การปฏิบัติการตรวจสอบ และการทบทวน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การวางแผน (PLAN)

สามารถทำได้โดยการวัดเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานโดยผลดังกล่าวจะแสดงถึงการใช้พลังงานภายในองค์กร โดยมีข้อกำหนดจากข้อมูลฐานพลังงานอ้างอิง (Energy Baseline) และดัชนีชี้วัดสมรรถนะพลังงานของกระบวนการหรือเครื่องจักรในการใช้พลังงานเหล่านั้นเป็นข้อบ่งชี้ถึงแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงานขององค์กรและตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะพลังงาน เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติและการตรวจสอบแผนด้านพลังงานต่อไป

2) การปฏิบัติ (DO)

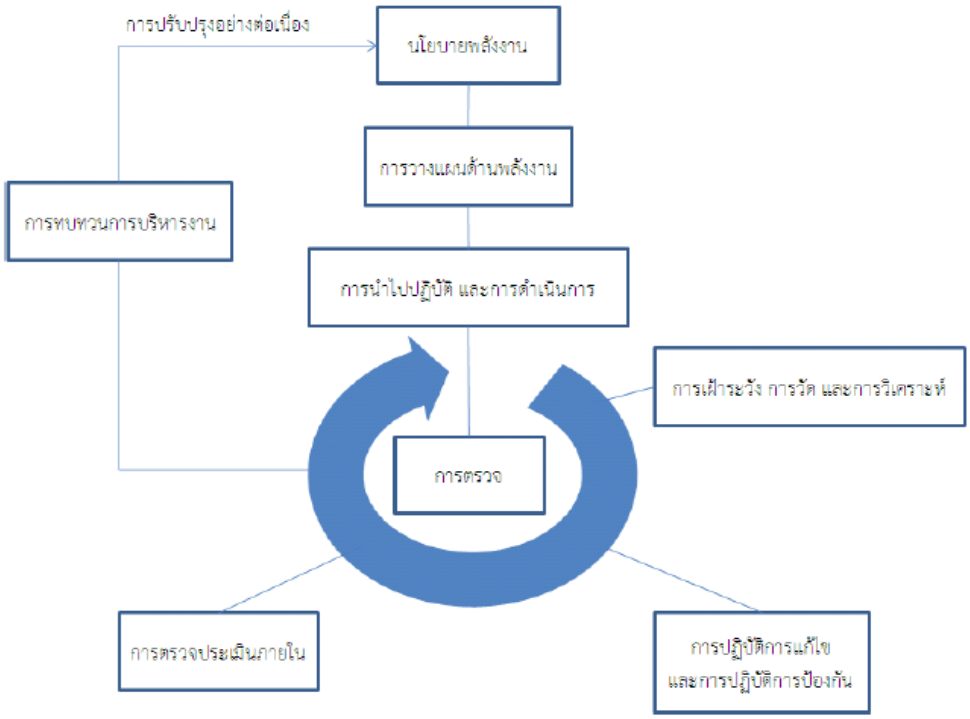
เมื่อมีการวางแผนงานเป็นที่เรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปคือนำไปปฏิบัติ แต่การนำไปปฏิบัติในที่นี้ไม่ใช่เพียงนำมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดขึ้นไปปฏิบัติเพียงด้านเดียว แต่ยังครอบคุลมถึงผู้ปฏิบัติงานที่ต้องกำหนดความสามารถและการฝึกอบรมที่จำเป็นในการปฏิบัติงานให้เหมาะสม ด้านการสื่อสารรวมทั้งด้านระบบเอกสารต้องมีรายละเอียดของข้อกำหนดซึ่งเป็นหัวใจหลักของระบบมาตรฐานการจัดการ เพื่อควบคุมด้านปฏิบัติและการบำรุงรักษาโดยเฉพาะกระบวนการหรือเครื่องจักรและที่ความสำคัญ

3) การตรวจสอบ (CHECK)

เป็นกระบวนการในการตรวจติดตามผลจากการดำเนินงานเพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบการจัดการพลังงานยังคงดำเนินการอยู่และมีประสิทธิภาพพลังงานที่ดี โดยการกำหนดแผนในการตรวจสอบและการติดตามสมรรถนะพลังงาน รวมถึงการตรวจประเมินภายในของระบบการจัดการพลังงานที่ต้องทำทุกปี อย่างสม่ำเสมอ หากพบข้อบกพร่องหรือแนวโน้มที่จะเกิดข้อบกพร่องต้องดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข

4) การทบทวน (ACT)

องค์กรต้องดำเนินการทบทวนโดยฝ่ายบริหารทุกปีเพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบการจัดการพลังงานยังคงอยู่ และมีการปรับปรุงและพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งครอบคลุมในทุกๆ ด้านของระบบ



รูปที่ 2.4 ข้อกำหนดมาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO50001:2011 [6]

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อกำหนดการจัดการพลังงานตามกฎหมายมาตรฐานการจัดการพลังงาน [6]

	การจัดการพลังงานตามกฎหมาย	**ISO 50001:2011**
PDCA	**ข้อกำหนด**	**ข้อกำหนด**
ขอบข่ายและกาบริหารงาน	1. การแต่งตั้งคณะทางานด้านการจัดการพลังงาน 2. การประเมินสถานะภาพเบื้องต้นด้านการจัดการพลังงาน	1. ข้อกำหนดทั่วไป 2. ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร

PLAN	3. การกำหนดนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงาน 4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน 5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	3. นโยบายพลังงาน 4. การวางแผนด้านพลังงาน
DO	6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	5. การนำไปปฏิบัติและการดำเนินการ
CHECK	7. การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	6. การตรวจสอบ
ACT	8. การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	7. การทบทวนการบริหาร

2.1.5 ประโยชน์การจัดการด้านพลังงาน [3]

การอนุรักษ์พลังงานหากมีการดำเนินการอย่างถูกต้อง เป็นขั้นเป็นตอนตามแผนที่วางไว้ย่อมก่อให้เกิดผลดี ก่อให้เกิดผลประโยชน์ก็คือการใช้งานอย่างอย่างคุ้มค่า โดยสามารถแบ่งผลประโยชน์ของการจัดการด้านพลังงานออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภทด้วยกันคือ ผลประโยชน์โดยตรง (Direct benefit) และ ผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect benefit)

2.1.5.1 ผลประโยชน์โดยตรงมีอยู่ 3 ระดับ คือ

1) ผลประโยชน์ในระดับองค์กร (Organizing benefit) เป็นผลประโยชน์ที่องค์กรนั้นๆ ได้รับจากการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ ผลของการประหยัดพลังงานที่ใช้ ถือได้ว่าเป็นการลดต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่ง (Output cost reduction) การลดต้นทุนการผลิตนั้นถือเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินธุรกิจ ในการผลิตสินค้า หรือการบริหารธุรกิจนั้นๆ ถือเป็นการทำกำไรที่ได้มาโดย ไม่ได้ลงทุน ลดต้นทุนการผลิตย่อมทำให้ได้เปรียบในการแข่งขันในส่วนแบ่งทางการตลาด

2) ผลประโยชน์ในระดับประเทศชาติ การที่ใช้พลังงานอย่างประหยัด หรือใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด จะเป็นการลดค่าใช้จ่าย ที่จ่ายออกไปต่างประเทศได้ เพราะในภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้อง

อาศัยพลังงานจากส่วนกลาง แต่เชื้อเพลิงและเครื่องจักรอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการผลิตนั้นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เมื่อใช้พลังงานอย่างประหยัดสามารถช่วยชาติลดการขาดดุลการค้าระหว่างประเทศ เป็นการรักษาเศรษฐกิจประเทศชาติให้ดีขึ้น

3) ผลประโยชน์โดยรวมของโลก เนื่องจากประชากรในโลกมีเพิ่มขึ้นทุกวัน แต่แหล่งพลังงานนั้นยังมีอยู่อย่างจำกัด มีการนำมาใช้กันอยู่ตลอดเวลา ถ้ารู้จักใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ จะสามารถยืดเวลาการหมดหรือการขาดแคลนเชื้อเพลิงลงได้

2.1.5.2 ผลประโยชน์ทางอ้อม

ผลประโยชน์ทางอ้อมจากการประหยัดพลังงาน สามารถจำแนกเป็น 4 ประเภท คือ การรักษาสภาพแวดล้อม (Environment control) การพัฒนาบุคลากร (Personal development) การรักษาประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Machinery efficiency maintaining) และการทำชื่อเสียงและสังคม (Honk and society)

1) การรักษาสภาพแวดล้อม จากการใช้พลังงานก็จะเกิดมีของเสีย โดยปริมาณของเสียจะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พลังงานว่ามีประสิทธิภาพแค่ไหน ถ้ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ต่ำจะเกิดของเสียจึงเกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมทำให้สิ่งแวดล้อมทรุดโทรม

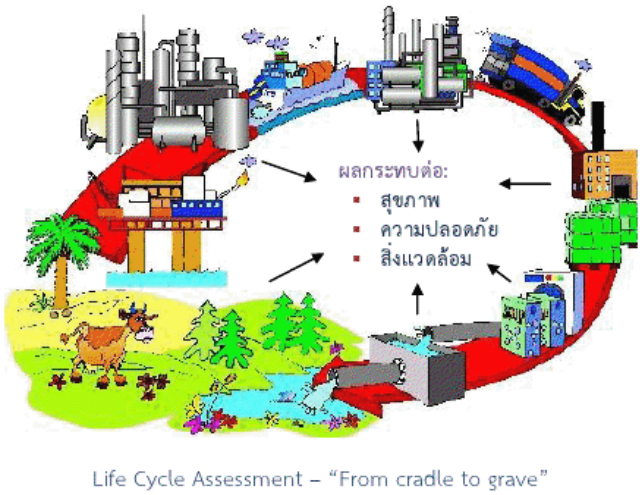
(2) การพัฒนาบุคลากร (Personal development) การจัดการพลังงานก่อให้เกิดการร่วมมือกัน จากการประชุมรับฟังความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในทีมใฝ่หาความรู้และเทคนิคการประหยัดพลังงานค้นหามาตรการ

(3) การรักษาประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Machinery efficiency maintaining) เครื่องจักรถือเป็นอุปกรณ์การใช้พลังงาน เพื่อให้เกิดการประสิทธิภาพจากการใช้ เครื่องจักรจึงจำเป็นที่มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพที่ดี

(4) การทำชื่อเสียงและสังคม (Honk and society) เมื่อสามารถดำเนินมาตรการการประหยัดได้เป็นผลสำเร็จถือได้ว่าผู้ดำเนินการมีส่วนรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างคุณค่าเพิ่มส่งเสริมตราสินค้าและชื่อเสียงบริษัทที่มีจริยธรรม

2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) [7]

Carbon Footprint (CF: รอยเท้าคาร์บอน) หรือที่บางท่านเรียกว่า carbon profile (ข้อมูลรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์และการบริการ (ตามข้อกำหนด ISO 14040) แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไหร่ ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.5 Life Cycle Assessment: LCA [7]

2.2.1 วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [8]

ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ การจัดทำแผนผังวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การกำหนดขอบเขตการประเมิน การรวบรวมข้อมูล การคำนวณคาร์บอน ฟุตปริ้นท์ และการตรวจสอบความถูกต้อง

2.2.1.1 การสร้างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การวิเคราะห์รายการวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้น โดยครอบคลุมถึง

วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้สำหรับการจัดเก็บสินค้าและการขนส่งด้วย โดยอาจเริ่มต้นง่ายๆ จากการใช้สูตรการผลิต (Bill-of-Materials: BOM)

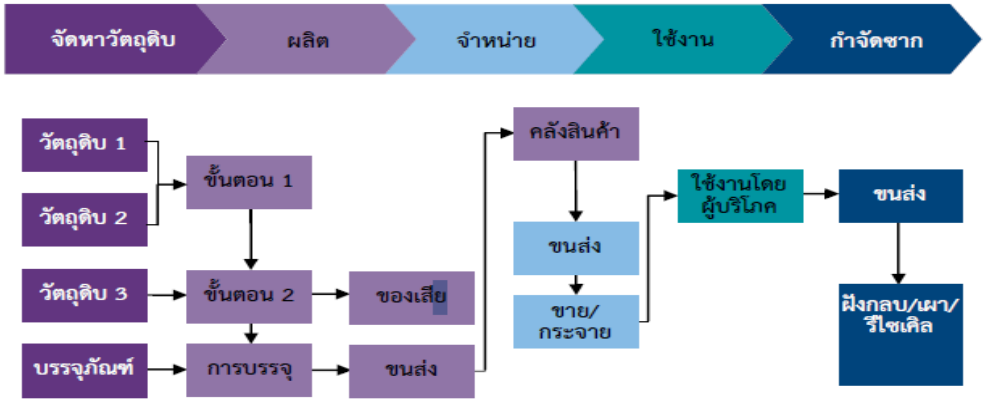
2) แจกแจงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการใช้ รวมถึงภาชนะและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

3) แจกแจงรายการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการบริโภค เช่น การจัดหาวัตถุดิบ ขนส่งและการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และสิ้นสุดที่กระบวนการการกำจัดซาก

2.2.1.2 การกำหนดขอบเขตการประเมิน ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในรูปที่ 2.6 สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1) Business-to-Consumer (B2C): เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ เรียกว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Grave

2) Business-to-Business (B2B): เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตทุกขั้นตอนโรงงาน จนกระทั่งเตรียมที่จะกระจายสินค้าไปยังแหล่งต่างๆ ผลิตภัณฑ์หน้าโรงงาน เรียกว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Gate



รูปที่ 2.6 แผนผังการผลิตอย่างง่ายของผลิตภัณฑ์ [8]

2.2.1.3 การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนำมาใช้ประเมิน ให้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในการควบคุมของโรงงาน เช่น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุดิบและสาธารณูปโภคในกระบวนการผลิต การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นต้น ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตได้ เช่นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก

กระบวนการผลิตเบื้องต้น สามารถเลือกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลต่างที่เหมาะสมมาพิจารณาได้ โดยต้องพิจารณาใช้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับกระบวนการที่สนใจมากที่สุด โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว (Peer reviewed publications)

3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป เช่น ฐานข้อมูลจากซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรมของแต่ละประเทศ

4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ

2.2.1.4 การกำหนดรายการข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการได้มาซึ่งข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และหากขาดการวางแผนที่ดี0แป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียเวลามากที่สุด โดยข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่

รูปที่ 2.7 ข้อมูลจากกิจกรรมต่างๆตามขอบเขตการประเมิน [8]

1) ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า

ข้อมูลกิจกรรม หมายถึง ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าตลอดวงจรชีวิตของสินค้านั้น เช่น น้ำหนักของสารขาเข้าและสารขาออก ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิต การขนส่งเป็นต้น มีรายละเอียดดังนี้

2) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor)

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเปลี่ยนข้อมูลจากกิจรรมต่างๆ ให้เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นปริมาณก๊าซเรือกระจกต่อหน่วยข้อมูล เช่น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไฟฟ้าหนึ่งหน่วย ($kgCO_2e/kWh$) เป็นต้น

3) คุณภาพของข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลสำหรับวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นั้น ผู้เก็บข้อมูลจะต้องทำความเข้าใจ และทราบเป็นอย่างดีเกี่ยวกับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ผู้เก็บข้อมูลทำการศึกษา รวมถึงทราบความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงในแต่ละกระบวนการทั้งหมดที่ทำการศึกษาด้วย และข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินควรคำนึงถึงประเด็นดังนี้

(1) เวลา ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณให้ใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งปี หากไม่สามารถเก็บข้อมูล 1 ปีย้อนหลังได้ ต้องมีการระบุเหตุผลให้ชัดเจน อาจใช้การเฉลี่ยข้อมูลจากช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตดำเนินอย่างคงที่แทนหรือให้ใช้ข้อมูลเฉลี่ยจาก 4–5 ครั้ง

(2) ความครบถ้วน ดูความสมบูรณ์ของข้อมูลสารตั้งต้นและข้อมูลสารที่ได้จากปลายทางของกระบวนการผลิต สามารถตรวจสอบได้จากสมการสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน แล้วดำเนินการประเมินค่าที่ได้ออกมาเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าซึ่งจะสามารถได้มาจากการวัดจริงหรือจากการประมาณค่าจากการคำนวณก็ได้

(3) ที่มาของข้อมูล แหล่งที่มาของข้อมูลจำเป็นต้องมีความน่าเชื่อถือ และสามารถอธิบายที่มาได้ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่เก็บด้วยตนเองหรือข้อมูลที่ได้รับจากรายงาน

(4) ความไม่แน่นอนของข้อมูล ควรมีการพิจารณาถึงตัวแปรที่สามารถทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เช่น การตั้งสมมติฐาน การปันส่วนด้วยวิธีต่างๆ หรือแม้กระทั่งการตัดออก (cut-off rule) ของข้อมูล

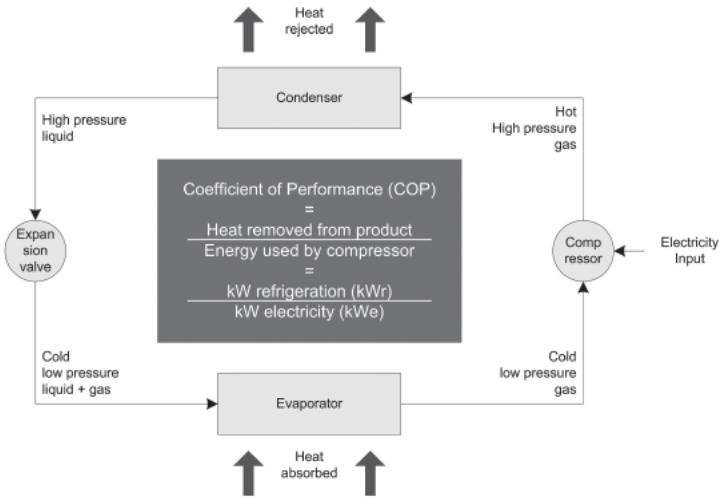
(5) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนนี้จะอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดและวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ ผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า ดังสมการดังต่อไปนี้

$$CO_{2e} = GHG \times \text{Emission Factor } (kg\ CO_{2e}) \qquad (2.1)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม (kg CO_2e/หน่วย) มีค่าเท่ากับผลรวมของผลคูณระหว่างปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg GHG/หน่วย) และค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกนั้น (kg CO_2e/kg GHG)

2.3 ระบบทำความเย็น [1]

อุตสาหกรรมอาหารมีความจำเป็นในการใช้ระบบทำความเย็นเป็นอย่างมากเพื่อการเก็บรักษาคุณภาพอาหาร ถนอมอาหารให้สามารถเก็บไว้ได้นาน รวมทั้งขนส่งไปยังลูกค้าและผู้บริโภค แช่แข็ง ผลิตน้ำแข็ง และอุตสาหกรรมอีกหลายประเภทได้นำเอาระบบทำความเย็นไปประยุกต์ใช้ในการกระบวนการ เช่น อุตสาหกรรมเคมี เพื่อแบ่งแยกก๊าซ ควบแน่นก๊าซ รวมทั้งระบบปรับอากาศ สามารถกล่าวได้ว่าทั้งระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศมีพัฒนาการควบคู่กันมา โดยมีพื้นฐานในหลักการทำงาน (รูปที่ 2.8) และอุปกรณ์หลักของระบบเหมือนกัน แตกต่างเพียงแค่การนำไปใช้ประโยชน์เท่านั้น



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ [1]

2.3.1 การทำความเย็น [1]

ไม่ว่าจะเป็นเครื่องแช่เยือกแข็ง ห้องเย็นเก็บสินค้า ที่มีขนาดใหญ่ ตู้เย็น หรือแม้กระทั่งเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไป ต่างก็มีพื้นฐานการทำงานและมีหน้าที่เหมือนกันคือ ทำความเย็นให้กับวัตถุเพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ส่วนประกอบหลักของระบบทำความเย็นที่สำคัญของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบด้วย

2.3.1.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สองประการคือ (1) เพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็น โดยการดูดไอและอัดสารทำความเย็นให้ความดัน และอุณหภูมิสูงขึ้น (2) ทำให้เกิดการไหลเวียนของสารทำความเย็นในระบบ คอมเพรสเซอร์ประเภทต่างๆ ที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง ได้แก่ คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor) และแบบสกรู (Screw compressor) ดังแสดงในรูปที่ 2.9

ก ข

รูปที่ 2.9 เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบต่างๆ ก) แบบลูกสูบ ข) แบบโรตารี่สกรู [1]

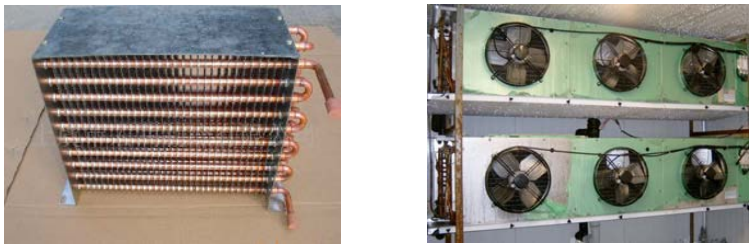
2.3.1.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่มีความดันและอุณหภูมิสูงจากคอมเพรสเซอร์ แล้วระบายความร้อนจากสารทำความเย็นออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะจากไอกลายเป็นของเหลว คอนเดนเซอร์โดยทั่วไปแบ่งตามการระบายความร้อนได้เป็น แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled condenser) ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled condenser) และระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ (Evaporative condenser) ดังแสดงในรูปที่ 2.10

ก ข

รูปที่ 2.10 เครื่องควบแน่นแบบต่างๆ ก) ระบายความร้อนด้วยอากาศ ข) ระบายความร้อนด้วยน้ำ [1]

2.3.1.3 ลิ้นลดความดัน (Expansion device) ทำหน้าที่จ่ายและควบคุมปริมาณสารทำความเย็นในระบบ

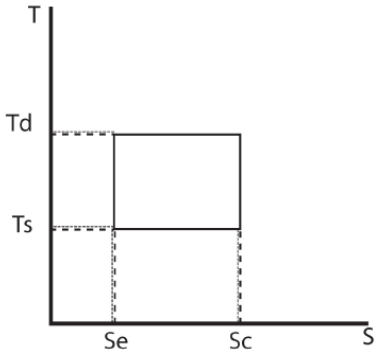
2.3.1.4 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่รับความร้อนจากอากาศที่อยู่โดยรอบสารทำความเย็นซึ่งมีผลทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ



รูปที่ 2.11 เครื่องระเหยสารทำความเย็น [1]

2.3.2 สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น [1]

การคำนวณสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นวิธีหนึ่ง คือการหาค่า Coefficient of Performance (COP) ซึ่งหมายถึงปริมาณความเย็นที่ทำได้เทียบกับพลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ เครื่องทำความเย็นที่ประหยัดพลังงานจะมีค่า COP สูง ค่า COP จะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะการออกแบบ สภาวะการทำงาน และสภาวะการใช้งานของเครื่อง ตามวัฏจักรคาร์โนห์ (Carnot cycle) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ดังนั้น ผู้ออกแบบเครื่อง ผู้ผลิตเครื่อง ผู้ทำการบำรุงรักษาและผู้ใช้เครื่องจึงเกี่ยวข้องกับค่า COP หรืออีกนัยหนึ่งคือ เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็นทั้งสิ้น



รูปที่ 2.12 วัฏจักรคาร์โนห์ (Carnot cycle) [1]

โดยที่ Td = อุณหภูมิทางส่ง (Discharge temperature, °C)

Ts = อุณหภูมิทางดูด (Suction temperature, °C)

Sc = เอนโทรปีขบวนการอัดตัว (Compressed entropy)

Se = เอนโทรปีขบวนการขยายตัว (Expanded entropy)

R.E. = กำลังทำความเย็น

W = กำลังที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์

$$COP = R.E./W \quad (2.2)$$
$$= Ts\,(Sc - Se) / (Td - Ts)(Sc - Se)$$
$$= Ts / (Td - Ts)$$

2.3.2.1 เทคโนโลยีของระบบให้ความเย็นกับวัตถุดิบ [9]

เทคโนโลยีของระบบให้ความเย็นกับวัตถุดิบมีหลายรูปแบบ เช่น

1) ระบบลดอุณหภูมิแบบขด (Sharp Freezer) ภายในห้องเย็นจะมีขดท่อความเย็นหลายๆ ชั้น การใช้งานจะนำวัตถุดิบมาวางบนขดท่อเย็นนี้

2) ระบบทำความเย็นแบบสัมผัส (Contact Freezer) วัตถุดิบที่จะทำการแช่แข็งจะวางบนชั้น ซึ่งชั้นทุกชั้นทำหน้าที่เป็นคอล์ยเย็น เมื่อวางวัตถุดิบจนเต็มแล้วระบบไฮโดรลิกจะทำการกดแผ่นโลหะด้านบนลงมาสัมผัสกับวัตถุดิบ เพื่อให้ความเย็นทั้งสองด้าน

3) ระบบทำความเย็นแบบลมเป่า (Air Blast Freezer) กรรมวิธีการลดอุณหภูมิโดยที่วัตถุดิบจะถูกบรรจุภายในห้อง ซึ่งลมเย็นพัดผ่านวัตถุดิบนั้น โดยวัตถุดิบจะถูกบรรจุจนเต็มห้องและลดอุณหภูมิในคราเดียวกัน

4) ระบบทำความเย็นแบบไคโอจินิก (Cryogenic Freezer) การแช่แข็งแบบนี้อาศัยสารที่มีจุดเดือดต่ำและไม่ปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ สารที่นิยมใช้คือไนโตรเจนเหลวและคาร์บอนไดออกไซด์ ลักษณะระบบนี้เหมือนกับ Air Blast ชนิดสายพาน ในการแช่แข็งจะมีการพ่นสารทำความเย็นเหลวลงมาสัมผัสกับผลิตภัณฑ์แทนการใช้ลมเย็นเป่า แต่รูปแบบเทคโนโลยีของระบบให้ความเย็นก็มีความเหมาะสมในการใช้งาน และประสิทธิภาพที่แตกต่างกันดังนั้นในการเลือกระบบให้ความเย็นควรเลือกใช้ในเหมาะสมกับ ชนิดของผลิตภัณฑ์ และความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมนั้น ที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งคือ Air blast freezer และ Contact plate freezer การแช่แข็งแบบ Air blast freezer มีข้อดีคือ มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถใช้แช่แข็งผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด และหลายขนาด ใช้เงินในการลงทุนต่ำในขณะที่การแช่แข็งแบบ Contact plate freezer มีข้อดีคือมีประสิทธิภาพสูงกว่าการแช่แข็งแบบ Air blast freezer เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน ใช้เงินลงทุนต่ำ แต่มีข้อจำกัดในด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ เมื่อแช่แข็งผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดต่างกัน จะต้องปรับขนาดของช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะด้านบนลงมาสัมผัสกับวัตถุดิบในการแช่แข็งใหม่ ซึ่งจะเลือกใช้เทคโนโลยีแบบไหนก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของวัตถุดิบ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องแช่แข็งชนิดต่างๆ [9]

ชนิดของเครื่องแช่แข็ง	ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์	ลักษณะการผลิต
1.Contact Freezer	Block	- วัตถุดิบที่มีเปียก (Wet product) - สินค้าที่ได้ทำ Pre-Packaged - สินค้าที่มีราคาไม่สูงนัก - วัตถุดิบที่มีขนาดไม่หนามากนัก - อัตราการผลิตปานกลาง - วัตถุดิบจำพวก ปลา ปลาหมึก กุ้ง ซูรูมิ กุ้ง
2.Air Blast Freezer 2.1 Tunnel	IQF	- วัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก บาง - สินค้าที่ได้ทำ Pre-Packaged - อัตราการผลิตต่ำ - วัตถุดิบจำพวก ปลา ปลาหมึก กุ้ง สินค้ามูลค่าเพิ่ม
2.2 Belt	IQF	- วัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก บาง - อัตราการผลิตต่ำ - วัตถุดิบจำพวก ปลา ปลาหมึก กุ้ง สินค้ามูลค่าเพิ่ม
2.3 Fluidization	IQF	- วัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อย - อัตราการผลิตสูงกว่าและราคาเครื่องสูงกว่า Tunnel และ Belt
3.Cryogenic	IQF	- สินค้าที่มีมูลค่าสูง - สินค้าที่มีอัตราการสูญเสียน้ำ (Dehydration) สูง - สินค้าที่ได้ทำ Pre-Packaged - อัตราการผลิตสูง - วัตถุดิบจำพวก กุ้ง สินค้าที่มีมูลค่าสูง

2.3.2.2 คุณภาพอาหาร [10]

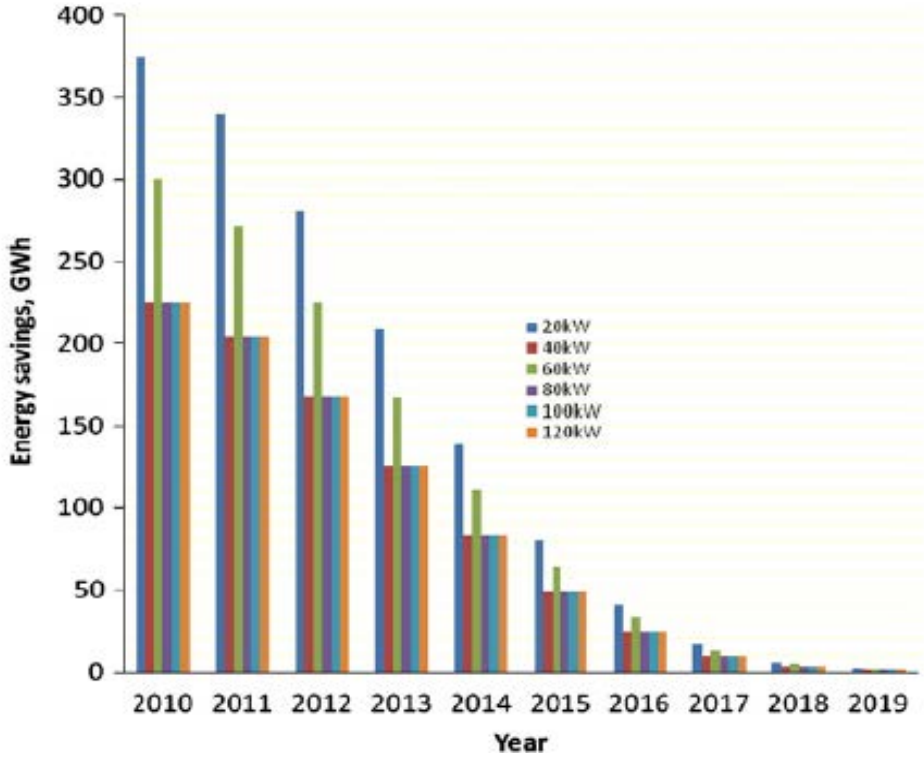
คุณภาพของอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึงในกระบวนการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากวัตถุดิบที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ภายในกระบวนการ เกิดการสูญเสียน้ำหนัก นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิของวัตถุดิบสูงขึ้น จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการย่อยสลายของวัตถุดิบนั้น ดังนั้นเพื่อรักษาคุณภาพให้คงอยู่จึงควรมีการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ในก้องเก็บสิ้นค้าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อเก็บสินค้านั้นก็แตกต่างกันไปตามแต่ละมาตรฐานหรือกฎกระทรวงของแต่ละของแต่ละประเทศ ที่ได้กำหนดขึ้นมา เช่น มาตรฐาน CODEX ขององค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดอุณหภูมิขั้นต่ำเพื่อรักษาให้อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ (core temperature)ไม่ให้ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเสียหายของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ แคนนาดา ญี่ปุ่น จีน เกาหลี รวมทั้งประเทศไทย ก็ได้มีมาตรฐานของ กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อรักษาอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ให้ได้ที่ -18 องศาเซลเซียส ได้แนะนำอุณหภูมิของห้องเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส (สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งแช่เยือกแข็ง) [11] เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย โดยตัวอย่างอุณหภูมิตู้แช่เยือกแข็งของประเทศต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิการแช่แข็งตามมาตรฐานของประเทศต่างๆ [10]

มาตรฐานการแช่เยือกแข็ง	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**
CODEX, WHO [10]	-18
มกอช. [12]	-18
Australian-New Zealand Standard (AS/NZS) [13]	-15
Canadian Test Procedure (CAN) [13]	-17.8
Japanese Industrial Standard (JIS) [13]	-18
Korean Test Procedure (KS) [13]	-18
Chinese National Standard (CNS) [13]	-18

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการด้านพลังงาน (Energy Management) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ส่งเสริมใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรพลังงานอย่างเหมาะ ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงาน รวมไปถึงสามารถลดต้นทุนรวมของสังคมได้และจากการศึกษาปริทัศน์งานวิจัยที่มีการด้านการใช้ไฟฟ้า พบว่า มีศักยภาพที่สามารถลดความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าได้ จากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง (peak) มาสู่ช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ (off-peak) ซึ่งสามารถลดความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าได้ รวมถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานได้ [14] และการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า ก่อให้เกิดหารประหยัดพลัง และถือเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังจะสามารถประหยังงานได้ 1940 และ 892 จิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) จากมอเตอร์ขนาด 20 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 60 กิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ ในระยะเวลาการใช้งาน 10 ปี [15] ดังแสดงในรูปที่ 2.13



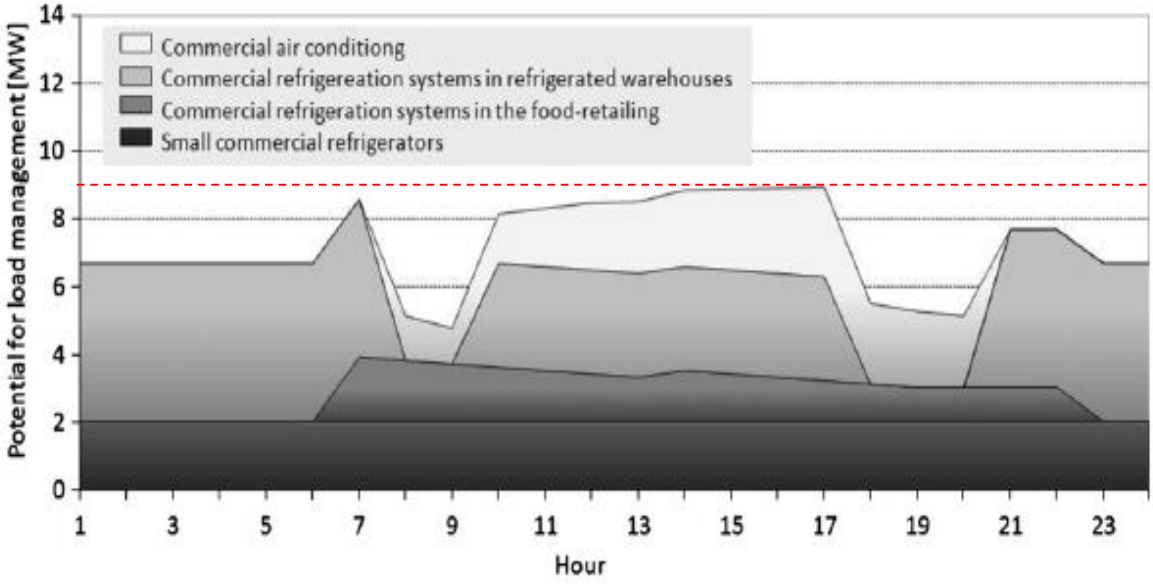
รูปที่ 2.13 พลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในระยะเวลา 10 ปี [15]

การเพิ่มประสิทธิภาพให้อุปกรณ์โดยหุ้มฉนวนกันความร้อน เพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนก็เป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถลดความต้องด้านพลังงานไฟฟ้า [16] การจัดการภาระทางไฟฟ้าเป็น

ทางเลือกทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวางแผนพัฒนาการใช้ไฟฟ้า ควรส่งเสริมให้มีการจัดการโหลดในอุตสาหกรรมของประเทศไทยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานให้สูงขึ้น

อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ในส่วนของเครื่องทำความเย็นสำหรับ ห้องเย็นและห้องแช่เยือกแข็งเพื่อเก็บวัตถุดิบและสินค้า ประมาณ 10-14 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันวัตถุดิบ [1] ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมดอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งอยู่ที่ประมาณ 610-2491 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันวัตถุดิบ ซึ่งขึ้นอยู่กับกลุ่มสถานประกอบการ [1]

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งด้วยการจัดการด้านการใช้พลังงาน (Energy Management) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งได้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพลดการใช้พลังงานได้โดยการปรับความเร็วรอบพัดลมของตู้แช่เยือกแข็งแบบเป่าลม (Air blast freezer) ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้สูงถึง 44 เปอร์เซ็นต์ [17] การเลื่อนการใช้ไฟฟ้า (Load Shifting) จากช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง (Peak) มาสู่ช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off-peak) เป็นวิธีหนึ่งการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า ที่มีต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ ดำเนินการได้ง่าย และมีปะสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ศักยภาพที่สามารถลดความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 11-15 เมกะวัตต์ (MW)[18]



รูปที่ 2.14 ศักยภาพที่ทำได้จริงที่สามารถลดความความต้องการทางไฟฟ้า [18]

ระบบกักเก็บความเย็นมีศักยภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของในช่วงที่มีความต้องการทางไฟฟ้าสูง (Peak) และเพิ่มความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการทางไฟฟ้าต่ำ (Off peak) ซึ่งเป็นทางเลือกในการจัดการความต้องการของการใช้ไฟฟ้า ก่อให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและลดมลพิษได้ในระยะยาว [19] และยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถลดปริมาณการใช้พลังงาน เช่น หมั่นตรวจสภาพประตูและเลือกประตูห้องเย็นให้เหมาะกับการใช้งาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2546) เพราะการเลือกขนาดประตูที่เหมาะสม เลือกใช้ประตูที่สามารถควบคุมความเร็วในการเปิดปิดได้จะเกิดการสูญเสียความเย็นที่น้อยกว่าประตูที่ไม่สามารถปรับความเร็วได้ สามารถลดหารใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 22-25 เมื่อเทียบกับประตูที่ไม่สามารถควบคุมความเร็วได้ [20] (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Panel A) และการใช้พลังงาน (Panel B) ที่อุณหภูมิห้องจาก 30 องศาเซลเซียส [20]

Items		Compartment		Average compartment temperature (°C)		Temperature fluctuation, $T_{max} - T_{min}$ (°C)	
Panel A							
Fixed frequency HRF A		Refrigerator		2.9		3.6	
		Freezer		−18.1		7.0	
Variable frequency HRF B		Refrigerator		3.25		2.7	
		Freezer		−18.25		3.3	
	Door opening test	Energy consumption (kW h/day)	Defrost within 24 h	$(A_D - A_S)/A_S$	$(B_D - B_S)/B_S$	$(B_D - A_D)/A_D$	$(B_S - A_S)/A_S$
Panel B							
Fixed frequency HRF A	YES	2.659	2 times	4.12%	–	–	–
	NO	2.554	2 times				
Variable frequency HRF B	YES	1.996	1 time	–	0.39%	−24.94%	−22.15%
	NO	1.988	1 time				

Remark: The A_D represents the HRF A with door opening test, and A_S stands that without door opening test. The B_D represents the HRF B with door opening test, and B_S stands that without door opening test.

จากการศึกษาถึงผลจากการสำรวจทางพลังงานของโรงงานผลไม้และผักสดในแคลิฟอร์เนียทั้งหมด 7 แห่งพบว่า ประสิทธิภาพการใช้พลังงานส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับระบบทำความเย็น หากปรับเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง ทำการควบคุมและปรับปรุงระบบทำความเย็นให้เหมาะสม ทำให้ประหยัดพลังงานได้ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงระบบแสงสว่าง การควบคุมมอเตอร์ การเลื่อนโหลดการใช้ไฟฟ้า ก็เป็นอีกทางหนึ่งที่ช่วยประหยัดพลังงานได้ [21] ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม การการประหยัดพลังงานถือเป็นแนวทาง เพื่อสร้างโอกาสให้กับธุรกิจต่างๆ ตัวอย่างการประหยัดพลังงานเช่น เพิ่มอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งจาก -25 องศาเซลเซียส เป็น -20 องศาเซลเซียส ช่วยประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 10-15 เป็นต้น [22]

เมื่อประหยัดพลังงานสิ่งที่เราต้องคำนึงถึงคือต้องไม่กระทบคุณภาพของอาหาร จากการศึกษาผลกระทบของการเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็งต่อระยะเวลาการเก็บกุ้งและคุณภาพของกุ้งพบว่าการแช่แข็งกุ้งด้วยอุณหภูมิต่ำจะสามารถเก็บได้เป็นเวลานานและยังคงคุณภาพตามมาตรฐานอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่แข็งกุ้งที่อุณหภูมิสูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่า ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับอาหารแช่เยือกแข็งคือคุณภาพของอาหารจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อจำนวนวันแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้นและหากเปรียบเทียบอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งที่แตกต่างกันพบว่า การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำ คุณภาพของอาหารจะดีกว่า หรือเก็บได้นานมากขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิการแช่เยือกแข็งยังส่งผลต่อค่า สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น(COP) ของระบบทำความเย็นด้วย โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ทำให้ COP เพิ่มขึ้น และประหยัดพลังงานมากขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่า คุณภาพของอาหาร อุณหภูมิการแช่เยือกแข็ง และการประหยัดพลังงาน มีผลเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นจึงควรพิจารณาระบบให้มีความเหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์ [23]

ปัจจุบันมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยมาจากการใช้พลังงานและทรัพยากรทางธรรมชาติซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโลกร้อน อุตสาหกรรมอาหารถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก จากจำนวนการผลิตและการบริโภคที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีความสำคัญมากที่ผู้บริโภคจะต้องใส่ใจกับสิ่งแวดล้อมในอนาคต ในการเลือกผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนในการช่วยลดก๊าซเรือนกระจก โดยดูจากระดับการปล่อยที่ลดได้จากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) [24] มีความสำคัญมากที่จะต้องมีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำมาประเมินและดำเนินการทางมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกระบวนการจัดหา กระบวนการผลิต การขนส่งที่แตกต่าง [25] เป็นต้น เพื่อให้รู้ว่ากระบวนการใดที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก จะได้ทำการปรับปรุงให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด [26] การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีประโยชน์อย่างมาก และนิยมนำมาประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในแต่ละกระบวนการ [27] และที่ผ่านมาได้มีการจัดทำรอยเท้าคาร์บอนของขนมหวานชนิดต่างๆ ตามขาดและน้ำหนักสะท้อนให้เห็นถึงความกังวลที่เพิ่มขึ้นเพื่อต่อสู้กับภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรอยเท้าคาร์บอนเป็นตัวชี้วัดรวมของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากโดยตรงและโดยอ้อมจากกิจกรรมหรือการสะสมของผลิตภัณฑ์นั้น [28]

เช่นเดียวกันในอุตสาหกรรมอาหารของสเปนได้มีการจัดทำจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2.5 โดยวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยคือต้องการทราบถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปลาตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงการจำหน่าย โดยทำการวิเคราะห์ถึงระบบและกระบวนการต่างๆ เช่น ระบบทำความเย็น การขนส่ง และการรั่วไหลเป็นต้น ผลการประเมินก็ทำให้ทราบถึงก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการใช้พลังงานและทรัพยากร ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งมี

ปริมาณคาร์บอนเทียบเท่าที่ปล่อยออกมามีค่าประมาณ 716.30 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งข้อมูลที่ได้มาก็จะนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น [29]

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผลิตภัณฑ์ [29]

	Chocolate bar	Chips	Candy	Juice
Summary CM scores (in grams)				
L	60	70	65	75
M	70	80	75	85
H	80	90	85	95
Breakdown of CM (%)				
Growth of ingredients	49	38	41	43
Production	22	32	22	22
Packaging	18	15	22	25
Transportation	9	10	9	8
Waste	2	5	6	2
Detailed information				
Average CM scores (in grams)	70	80.	75	85
Appeal of reductions in CO_2 emissions	We improved production lines and tried to reduce CO_2 required for production.	We use domestic ingredients and tried to reduce CO_2 required for transport.	We improved wrappers and tried to reduce CO_2 required for packaging.	We use domestic ingredients and tried to reduce CO_2 required for transport.

สำหรับประเทศไทยเองก็ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินรอยเท้าคาร์บอนในอุตสาหกรรมอาหารอยู่บ้าง เช่น ปลากระป๋องทูน่าในน้ำมันทานตะวันและขนมขบเขี้ยวที่ทำจากไก่ โดยมีจุดประสงค์ของงานคือ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ตั้งแต่กระบวนการจัดหาวัตถุดิบจนถึงกระบวนการจัดส่งเพื่อไปยังจุดจำหน่ายต่อไป เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปและปัญหาการล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงมีความตะหนักถึงการมีส่วนร่วมในการช่วยลดก๊าซเหล่านั้นโดยการซื้อสินค้าที่มีช่วยลดคาร์บอนจากกระบวนการผลิต การจัดทำรอยเท้าคาร์บอนเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณการปล่อยและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงไป ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมการค้าได้ โดยเฉพาะสินค้าส่งออกเพราะในบางประเทศในโซนยุโปและอเมริกาก็ได้ตระหนักถึงเรื่องดังกล่าวแล้วและผลจากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดของกระบวนการผลิตสินค้าที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อที่จะได้หาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการปล่อยของก๊าซที่เกิดขึ้น ผลของการวิจัยพบว่า ในกระบวนการผลิตปลากระป๋องทูน่าในน้ำมันทานตะวันขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ กระบวนการจัดหาวัตถุดิบมีสัดส่วนโดยประมาณร้อยละ 49 และขนมขบเขี้ยวที่ทำจากไก่ คือกระบวนการผลิตมีสัดส่วนโดยประมาณร้อยละ 59 จากกระบวนการผลิตทั้งหมด [30] จึงเป็นที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งของไทยที่มีการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเป็นฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปถึงการมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซธรรมชาติทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค