สมการฐานพลังงานของอุตสาหกรรมผลิตอาหาร; กรณีศึกษาโรงงานผลิตไส้กรอก
Energy Baseline Equation of Food Industry; A Case Study of Sausage Manufacturer

ธิบดินทร์ แสงสว่าง, จักษวัชร์ ตั้งคุณากรนนท์ และเมธาวี เตชถิรพรธรรม
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
โทรศัพท์ +6634 259 025 โทรสาร +6634 219 367
Email: Sangsawang_t@su.ac.th *Corresponding Author

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงาน รวมถึงลักษณะการใช้พลังงานภายในกระบวนของโรงงานผลิตอาหาร ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้เลือกโรงงานผลิตไส้กรอก เพื่อทำเป็นสมการฐานพลังงาน โดยการวิเคราะห์ถึงจำนวนของผลิตภัณฑ์และพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการแสดงความสัมพันธ์ คือ พลังงานรวม (kWh)=0.386A+0.028B-0.111C-0.769D-0.743E+2.996F+1.134G+2,811.571 โดยที่ A คือไส้กรอกคอกเทลส้ม, B คือไส้กรอกฮอทดอกส้ม, C คือไส้กรอกไก่จ๊อ, D คือไส้กรอกแฟร้งนม, E คือไส้กรอกฮอทดอกนม, F คือไส้กรอกคอกเทลนม, และ G ไส้กรอกเวียนนา จากการศึกษา พบว่าสามารถทำนายค่าพลังงานไฟฟ้า โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ (R2) เท่ากับ 0.814 แล้วยังมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC) ที่บ่งบอกถึงลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานอยู่ที่ 0.58 MJ/kg

คำหลัก: สมการฐานพลังงาน; อุตสาหกรรมอาหาร; ไส้กรอก

Abstract

The purpose of this research is to study the characteristic of energy consumption in a food factory. A sausage manufacturer is used as a case study to perform the energy baseline equation. The monthly quantities of products and energy usage data is analyzed. The result of study shows in an equation of relation: Total Energy (kWh) = 0.386A + 0.028B - 0.111C - 0.769D - 0.743E + 2.996F + 1.134G + 2,811.571, which A is smoke cocktail, B is smoke hotdog, C is chicken jock, D is vanilla sausage, E is vanilla hotdog and F is vanilla cocktail. This equation can predict the electricity usage with reliability (R^2) of 0.814. The average of specific energy consumption (SEC) of the factory is 0.58 MJ / kg.

Keywords: Energy Baseline; Food industry; sausage

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นและมีการใช้ในการผลิตของทุกโรงงาน ความสำคัญการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงไม่ใช่เพียงแต่เอื้อประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเพียงเท่านั้น แต่ยังมีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศด้วย การผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน ยังต้องพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ที่ยังคงมีราคาสูงอยู่ ประกอบกับมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เพื่อความมั่นคงทางพลังงานในประเทศ เช่น สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า และสาธารณรัฐประชาชนลาว นอกจากนี้ประเทศไทยยังต้องนำเข้าถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ เพื่อที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในประเทศ และมีแนวโน้มว่าจะต้องมีการนำเข้าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาขาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต การเก็บรักษาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก จากข้อมูลสถิติการจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และแผน PDP 2018 [1] พบว่าในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2561 ประเทศไทยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 34,137 MW เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 0.6% เมื่อพิจารณาจากข้อมูลในปีที่ผ่านมาจะสังเกตได้ว่าปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้ามีแนวโน้มการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในประเทศคือ 40%

ปฐวี และคณะ [2] มนตรีและคณะ [3] จุติพรรษ์ [4] ได้ศึกษาการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรมอาหาร พบว่าการใช้พลังงานโดยรวมสามารถลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองลงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของพงศธรและวิทยา [5] ที่สรุปการจัดการพลังงานนั้นกระบวนการจัดทำสมการฐานพลังงานจะเป็นจุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานในโรงการผลิตอาหารได้

อุตสาหกรรมอาหาร เป็นอุตสหากรรมหนึ่งที่มีการส่งเสริมให้เป็นสินค้าหลักของประเทศตามนโยบายครัวของโลก แต่ในขณะเดียวกัน ยังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดกลางและขนาดเล็ก ดำเนินกิจการแบบเจ้าของคนเดียว ทำให้ไม่มีองค์ความรู้ในด้านการประหยัด

พลังงานอย่างเพียงพอ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลาง โดยใช้โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไส้กรอกแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา

2. วิธีการสร้างสมการฐานพลังงาน

ในงานวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือจากโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นกิจการเจ้าของคนเดียวขนาดเล็ก SME มีเงินทุนหมุนเวียนไม่เกิน 500,000 บาทต่อเดือน มีพนักงานทำงานทั้งสิ้น 50 คน เวลาในการทำงาน จันทร์ ถึง เสาร์ ทำงานช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. มีผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 14 ชนิด ได้แก่ไส้กรอกคอกเทลส้ม, ไส้กรอกฮอทดอกส้ม, ไส้กรอกไก่จ้อ, ไส้กรอกแฟร้งนม, ไส้กรอกฮอทดอกนม, ไส้กรอกคอกเทลนม, ไส้กรอกเวียนนา, ไก่รมควัน ไส้กรอกจ้อสาหร่าย, ไส้กรอกจ๊อเห็ดหอม, ไส้กรอกกุ้งจ๊อ, ไส้กรอกไก่ยอ, ไส้กรอกแฟรงค์เตยและไส้กรอกแฟร้งค์รมควัน

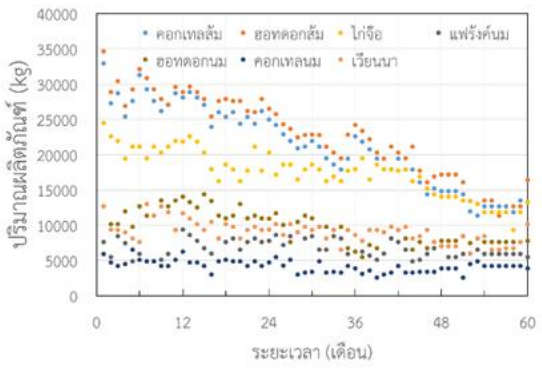
จากข้อมูลการผลิตที่ได้รับมาและบางผลิตภัณฑ์มียอดการผลิตที่น้อย จึงมีความจำเป็นจะต้องตัดข้อมูลการผลิตบางส่วนออก ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลทางสถิติ คือค่า P-Value ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า P-Value ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 14 ชนิด

ตัวแปร	ผลิตภัณฑ์	P-value
A	คอกเทลส้ม	0.000121
B	ฮอทดอกส้ม	0.000051
C	ไก่จ๊อ	0.001900
D	แฟร้งนม	0.000684
E	ฮอทดอกนม	0.000022
F	ไส้กรอกคอกเทลนม	0.000632
G	เวียนนk	0.003900
H	ไก่รมควัน	0.078000*
I	จ๊อสาหร่าย	0.830000*
J	จ๊อเห็ดหอม	0.466000*
K	กุ้งจ๊อ	0.547000*
L	ไก่ยอ	0.724000*
M	แฟร้งเตย	0.403000*
N	แฟร้งรมควัน	0.695000*

จากตารางที่ 1 พบว่าจากผลิตภัณฑ์ 14 ชนิด มีผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตสม่ำเสมอและต่อเนื่อง มีเพียง 7 ชนิดคือ ไส้กรอกคอกเทลส้ม, ไส้กรอกฮอทดอกส้ม, ไส้กรอกไก่จ้อ, ไส้กรอกแฟร้งนม, ไส้กรอกฮอทดอกนม, ไส้กรอกคอกเทลนม และไส้กรอกเวียนนา ซึ่งแทนด้วยตัวอักษรดังที่แสดงในตารางที่ 1 ไว้แล้วดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงใช้ผลิตภัฑณฑ์ 7 ชนด ในการหาข้อมูลผลิตภัณฑ์ดงกล่าว แสดงไว้ในรูปที่ 1

รูปที่ 1 นั้นเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์และเวลา กราฟแสดงให้เห็นว่ามีค่าสูงสุดของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 34,645 kg ซึ่งเป็นของไส้กรอกฮอทดอกส้ม และ ค่าต่ำสุดของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 2,535 kg ซึ่งเป็นของไส้กรอกคอกเทลนม



รูปที่ 1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 ชนิดที่มีการผลิตในช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล

ในการสร้างสมการฐานพลังงาน สำหรับสมการที่มีตัวแปร 7 ตัวแปร ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธี Linear Regression ซึ่งได้รับการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติตามมาตรฐาน Internal Performance Measurement and Verification Protocol [6] ที่กำหนดค่า R2 ไว้ไม่ควรต่ำกว่า 0.75 จากนั้นจึงได้กำหนด ช่วงของการสร้างสมการที่สามารถให้ค่า R2 ได้มากที่สุด งานวิจัยนี้ ได้ทดลองหลายช่วง พบว่าช่วงหน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 4,000 – 26,000 kg/เดือน และจากรูปที่ 1 ในช่วง 5 ปี แนวโน้มการใช้พลังงานนั้น สมการเส้นตรงมีความเหมาะสมมากกว่าสมการชนิดอื่นๆ ดังนั้นสมการฐานพลังงานของบริษัทนี้คือ

$$kWh = 0.386A + 0.028B - 0.111C - 0.769D - 0.742E + 2.996F + 1.134G + 2811.571 \quad (1)$$

โดยที่ A คือไส้กรอกคอกเทลส้ม, B คือไส้กรอกฮอทดอกส้ม, C คือไส้กรอกไก่จ้อ, D คือไส้กรอกแฟร้งนม, E คือไส้กรอกฮอทดอกนม, F คือไส้กรอกคอกเทลนม, G คือไส้กรอกเวียนนา และช่วงการใช้งานคือ 4,000 – 26,000 kg/เดือน หมายถึงว่าเดือนใดที่มีการผลิตไม่อยู่ในช่วงนี้ จะไม่สามารถใช้สมการนี้ได้ นอกจากนี้ สมการที่ 1 ให้ค่า R^2 สูงที่สุดคือ 0.814 ซึ่งให้ปรึกษากับทางโรงงาน ได้ข้อสรุปตรงกันว่า สมารถใช้งานได้ แต่มีข้อสังเกต ตรงที่มีสามผลิตภัณฑ์ที่ให้ค่าลบ คือ ไส้กรอกไก่จ้อ ไส้กรอกแฟร้งนม ไส้กรอกฮอทดอกนม ซึ่งต้องไปตรวจสอบการผลิตของผลิตภัณฑ์ท้งสามชนิดนี้ใหม่ แต่ในเบื้องต้น ทางโรงงานผู้ผลิตได้ยอมรับการคำนวณและสมการที่ได้จากการศึกษา

3. การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะรวมต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน (Specific Energy Consumption: SEC)

ค่า SEC คือค่าดัชนีที่บ่งบอกการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตที่สามารถบอกได้ว่า การผลิตนี้มีการใช้พลังงานมากน้อยเพียงใดต่อการผลิตหนึ่งหน่วย ค่านี้สามารถหาได้โดยการนำเอาค่าพลังงานในช่วงเวลาที่สนใจ ในงานวิจัยนี้ เป็นการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี หรือ 60 เดือน และเนื่องจากเป็นโรงงานขนาดเล็ก กระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน เครื่องจักรที่มีการผลิต ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ไม่มีการการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้มหรือน้ำมันเตาเลย ทำให้ข้อมูลที่เก็บมา เป็นข้อมูลของพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวโดยได้รับความอนุเคราะห์จากทางโรงงาน และสามารถแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เป็นตารางหาค่า SEC ตั้งแต่ปี 2556-2560

ปี	ผลิตภัณฑ์รวม	พลังงานรวม	Specific Energy Consumption	
	kg	kWh	kWh/kg	MJ/kg
2556	1,823,900	264,812.60	0.15	0.52
2557	1,718,795	270,207.50	0.16	0.57
2558	1,522,430	273,602.80	0.18	0.65
2559	1,399,770	202,451.90	0.15	0.52
2560	1,174,160	215,471.80	0.18	0.66
ค่าเฉลี่ย	1,527,811	245,309.29	0.16	0.58

ตารางที่ 2 แสดงการหาค่า SEC ย้อนหลัง พลังงานทั้งหมดส่วนด้วยจำนวนผลิตภัณฑ์ พบว่าค่า SEC เฉลี่ยของโรงงานเท่ากับ 0.16 kWh/kg หรือ 0.58 MJ/kg ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถแยกค่า SEC เป็นรายผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากมีการใช้เครื่องจักรชนิดเดียวกันทำผลิตภัณฑ์หลายอย่าง และไม่มีการเก็บข้อมูลแยกรายผลิตภัณฑ์ จึงทำได้เพียงหาค่า SEC รวมของสายการผลิตได้เพียงอย่างเดียว

เมื่อเทียบกับค่า SEC จากงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ เช่น งานของจุติพรรษ์ [4] พบว่าในอุตสาหกรรมอาหาร เช่นอุตสาหกรรมน้ำตาล มีค่า 2.5 MJ/kg, อุตสาหกรรมน้ำมน 4.53 – 80.88 MJ/kg ผักและผลไม้กระป๋อง 0.52 – 3.918 MJ/kg และแนวโน้มยังไม่ชัดเจนในทุกอุตสาหกรรม และรายงานของกรมโรงงาน [7] ระบุว่าค่า SEC ของอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป-แช่แข็งมีค่า 3.874 MJ/kg แต่เป็นข้อมูลของโรงงานแช่เข็งซึ่งมีการใช้พลังงานสูงอยู่แล้ว จึงไม่สามารถระบุได้ว่าโรงงานแห่งนี้มีค่า SEC 0.58 MJ/kg มีค่ามากหรือน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสมการที่ 1 พบว่าพารามิเตอร์ตัวสุดท้ายของสมการคือ 2,811.571 kWh ต่อเดือน หมายถึงว่า ถึงแม้นว่าภายในเดือนนั้นไม่มีการผลิตใดๆ เกิดขึ้นเลย ภายในโรงงานยังคงมีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 2,811.571 kWh ซึ่งทางโรงงานจะต้องเป็นผู้พิจารณาว่าสามารถที่จะลดได้หรือไม่

4. การทดลองใช้สมการ

การพิสูจน์สมการนั้นจะนำข้อมูลของ กรกฎาคม – กันยายน 2560 มาแทนในสมการเพื่อเป็นการหาค่า Error ของสมการ

ตารางที่ 3 การทดสอบสมการฐานพลังงาน

เดือน	ผลิตภัณฑ์ (kg)							พลังงานจากการวัด (kWh)	พลังงานจากการคำนวณ (kWh)	Error (%)
	A	B	D	I	J	K	N			
ก.ค.60	12,675	13,520	11,830	5,915	7,605	4,225	6,500	16,622.34	16,599.50	0.14
ส.ค.60	12,675	11,375	11,830	5,915	7,605	4,225	6,500	15,867.00	16,539.44	4.24
ก.ย.60	12,675	11,830	59,15	5,915	7,605	4,225	6,760	16,705.14	16,847.02	0.85

เมื่อนำของข้อมูลจากเอกสารของโรงงานมาเรียงใส่ตารางจะได้เป็นดัง ตารางที่ 3 สำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 ชนิดอันได้แก่ A คือไส้กรอกคอกเทลส้ม, B คือไส้กรอกฮอทดอกส้ม, C คือไส้กรอกไก่จ้อ, D คือไส้กรอกแฟร้งนม, E คือไส้กรอกฮอทดอกนม, F คือไส้กรอกคอกเทลนมและ G คือไส้กรอกเวียนนา จะเห็นได้ว่ามีค่าพลังงานทั้ง3เดือนนั้น เท่ากับ 16,622.34 15,867.00 และ 16,705.14 kWh ตามลำดับ ให้นำข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีหน่วยเป็น kg ของทั้ง 3 เดือนมาแทนในสมการที่ 1 ได้พลังงานที่คำนวณของทั้ง 3 เดือนเป็น 16,599.50 16,539.44 และ 16,847.02 kWh ตามลำดับ และทำการคำนวณค่า error ออกมาจะได้เดือนกรกฎา เท่ากับ 0.14 % เดือนสิงหาคม เท่ากับ 4.24 % และเดือนกันยายน เท่ากับ 0.85 %

4. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่าจากการรวบรวมข้อมูลทางสถิติของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 14 ชนิด และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป ตามใบแจ้งหนี้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 จนถึง พ.ศ.2560 สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อทำนายแนวโน้มพลังงานไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเมื่อเกิดการผลิต โดยใช้วิธีดำเนินการคือ ใช้ P-value เพื่อทำการตัดผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลน้อย หรือไม่ส่งผลเลยต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเกิดการผลิตจะเห็นว่ามีผลิตภัณฑ์หลักๆจำนวน 7 ชนิดเท่านั้นที่ส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และได้มีการจำกัดขอบเขต เพื่อหาขอบเขตที่สามารถนำมาสร้างสมการได้โดยเริ่มจากค่าผลิตภัณฑ์ที่สูงสุดเท่ากับ 34,000 kg และ ค่าผลิตภัณฑ์ที่ต่ำสุดเริ่มจาก 2,000 kg 3,000 kg และ 4,000 kg ตามลำดับแล้วค่อยๆลดขอบเขตสูงสุดลงทีละ 1,000 kg ขอบเขตที่สามารถนำมาสร้างสมการได้คือ 4,000 - 26,000 kg เป็นขอบเขตที่กว้างที่สุดที่ยอมรับได้ โดยมีค่า

R^2 เท่ากับ 0.814 สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการแสดงความสัมพันธ์คือ พลังงานรวม (kWh)=0.386A+0.028B-0.111C-0.769D-0.742E+2.996F+1.134G+2811.571 สมการที่ได้ออกมานั้นสามารถทำนายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเกิดผลิตของปี พ.ศ.2560 ได้โดยที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 5 % และ ค่า sec เฉลี่ยของ 5ปี ตั้งแต่ปี 2556-2560 เท่ากับ 0.58 MJ/kg

สมการที่ได้มายังมีเครื่องหมาย“ลบ”ซึ่งหมายถึงเกิดการสูญเสียพลังงานในขั้นตอนการผลิตนั้นๆ คือ ไส้กรอกไก่จ้อ ไส้กรอกแฟร้งนม ไส้กรอกฮอทดอกนม ได้ปรึกษากับทางโรงงาน พบว่าทางโรงงานรับไปหาข้อมูลเพื่อเติม เนื่องจากสันนิฐานว่ายังมีการทำงานที่ไม่ปกติ

5. ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการจัดการขั้นตอนในการผลิตให้มีมาตรฐานและลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นลง เพื่อทำให้เกิดการสูญเสียให้น้อยที่สุด

2.ควรจะมีการเก็บเอกสารเป็นระเบียบและควรมีการจดบันทึกให้เข้าใจง่ายต่อการตรวจสอบ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลในการสนับสนุนทุนการวิจัย และโรงงานผลิตในการเอื้อเฟื้อข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] แผนพัฒนาการผลิตกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2562 (www.eppo.go.th)

[2] ปฐวี ปุยะติ, อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์, ภัทร ประธานทรง และ บัญชา เกิดมณี (2551) การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี, ปีที่ 2 (2), กรกฎคม 2551, หน้า 46 – 52.

[3] มนตรี พิพัฒน์ไพบูลย์, นันทชัย รุ่งเรืองศรี สุริยกาล ชุมแสง (2560) การจัดการอนุรักษ์พลังงานเชิงบูรณาการ กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ตัวอย่าง. บทความนำเสนอใน IE Network Conference 2012, เพชรบุรี ประเทศไทย.

[4] จุติพรรษ์ อนิวรรตกุล, ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในอุตสาหกรรมอาหาร, วิทยานิพนต์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ, คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

[5] พงศธร ปียวรรณ และ วิทยา ยงเจริญ. การจัดการพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง. บทความนำเสนอใน The 14th TSAE National Conference and the 6th TSAE International conference: TSAE 2013.

[6] International Performance Measurement and Verification Protocol, Concepts and Options for Determining Energy and Water Saving Volume 1. (เข้าถึงสิงหาคม 2561, www.impvp.org)

[7] กรมโรงงาน, รายงานสถานภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมประจำปี พ.ศ. 2545 (http://www.enconlab.com/fbr/factory_status/report2545/4_energy_efficiency.html เข้าถึงเมื่อ กรกฎาคม 2561)