การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22
15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

การศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

The Study to Provide the HEPS of Electric Rice Cookers

รุ่ง กิตติพิชัย* ศุภชัย นาทะพันธ์ และวิเชียร เอื้อสมสกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จ.นครปฐม 73170
โทร 02-889-2138 ต่อ 6401 *อีเมล์ egrkt@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

หม้อหุงข้าวไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีการใช้เกือบทุกครัวเรือน โดยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจะใช้ความร้อนจากไฟฟ้าในการหุงข้าวให้สุกอย่างอัตโนมัติและสามารถรักษาอุณหภูมิของข้าวได้ในระดับหนึ่ง ตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จะดำเนินการประกาศกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดเครื่องจักร อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงและวัสดุ เพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามเจตนารมณ์แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และในปี พ.ศ. 2547 ได้จัดทำร่างกฎกระทรวงฯ สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงขึ้นครั้งแรกและได้มีการทบทวนร่างกฎกระทรวงนี้อีกครั้งในปีปัจจุบัน ดังนั้นในบทความนี้ได้นำเสนอแนวทางในการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง (HEPS) สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงด้วยการวิเคราะห์เชิงสถิติ

งานวิจัยนี้ได้จำแนกประสิทธิภาพการทำความร้อนตามขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าว การทดสอบจะกระทำที่สภาวะของอุณหภูมิห้องทดสอบ 25±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบ ร้อยละ 60±15 ด้วยการต้มน้ำจากอุณหภูมิของน้ำ 25±2 °C จนกระทั่งน้ำมีอุณหภูมิ 95 °C โดยน้ำที่ทดสอบจะมีปริมาตรร้อยละ 80 ของปริมาตรหม้อชั้นใน และบันทึกค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการต้มน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวเครื่องนี้ การศึกษาได้ทดสอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้า จำนวน 75 เครื่อง (จำนวน 18 ยี่ห้อ) ผลการศึกษาพบว่าหากกำหนดค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (HEPS) ที่ระดับค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพทางความร้อนรวมกับค่าศูนย์จุดห้าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละระดับของขนาดกำลังไฟฟ้า จะได้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง เท่ากับร้อยละ 83.41 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ และเท่ากับร้อยละ 86.73 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป จากผลของการกำหนดค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าดังกล่าว พบว่าจำนวนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่สูงกว่าค่า HEPS คิดเป็นร้อยละ 43 ของจำนวนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าทั้งหมดที่มีขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ และคิดเป็นร้อยละ 38 ของจำนวนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าทั้งหมดที่มีขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป

Abstract

The electric rice cooker is one of the most necessary household appliances. The rice cooker changes the electric to the heat so that it can automatically cook rice and keep it warm in a specified period. The Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), the Ministry of Energy will issue the ministerial regulation to set up the high efficiency of machines, appliances and materials for the energy saving according to the purpose of the legislation of promoting the energy conservation in 1992. In 2003, the DEDE firstly conducted the draft of the ministerial regulation for the high efficiency of the electric rice cooker and revised the draft in the current year. This paper presents the way to provide the High Energy Performance Standard (HEPS) for the high efficiency of the electric rice cooker using the statistic analysis.

In this paper, the heat efficiency was divided by the rated power of the rice cooker. The efficiency testing procedure was set up to comply with conditions of Thailand for the ambient temperature of 25±2°C and the relative humidity in the test room of 60±15%. The rice cooker test method started with boiling the water at 80% of the volume of the inner pot from the initial temperature of 25±2 °C to the final temperature of 95 °C. The electricity consumption was recorded for the heat efficiency calculation. Seventy five rice cookers from eighteen brands were examined to obtain the heat efficiency. In this work, the HEPS was given by the sum of the mean heat efficiency and 0.5 of Standard deviation. The results showed that the heat efficiency of the HEPS was 83.41% for the rice cookers less than 400 Watts and 86.73% for the others. According to the HEPS, 43% of all rice cookers less than 400 Watts and 38% of all rice cookers equal to or greater than 400 Watts were passed the HEPS.

1. คำนำ

หม้อหุงข้าวไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการหุงข้าวให้สุกอย่างอัตโนมัติและมีการนำมาใช้ในครัวเรือนเป็นเวลายาวนาน โดยเฉพาะประเทศในทวีปเอเชียและพบว่าปริมาณการจำหน่ายหม้อหุงข้าวไฟฟ้ามีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการจำหน่ายหม้อหุงข้าวไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึง 2550 และพบว่าปริมาณการจำหน่ายหม้อหุงข้าวไฟฟ้ามีจำนวนประมาณ 2 ล้านเครื่องต่อปี โดยมีอัตราการจำหน่ายเพิ่มขึ้นทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึง 2550 เท่ากับร้อยละ 8.15, 4.16 และ 21.47 ตามลำดับ ดังนั้นหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจึงเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) คาดว่าจะมีการส่งเสริมให้มีการผลิตและจำหน่ายเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นตามเจตนารมณ์แห่ง พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ดังจะเห็นได้จาก พพ. ได้ดำเนินการออกฉลากประสิทธิภาพสูงสำหรับเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลวและอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อเร็วๆ นี้ สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าได้มีการจัดทำร่างกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง [1] ขึ้นเป็นครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2547 และได้มีการทบทวนร่างกฎกระทรวงนี้อีกครั้งในปีปัจจุบัน โดยสาระสำคัญของร่างกฎกระทรวง คือ การกำหนดมาตรฐานวิธีการทดสอบและการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง (High Energy Performance Standard, HEPS) ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเพื่อเป็นหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ดังนั้นค่า HEPS ในที่นี้ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าซึ่งผู้ผลิตผลิตได้คุณภาพอยู่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มผู้ผลิต และโดยทั่วไปค่า HEPS นี้จะเป็นค่าที่กำหนดมาเพื่อการส่งเสริมมากกว่าการบังคับใช้ เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรฐานวิธีการทดสอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าในปัจจุบันมีทั้งหมด 6 มาตรฐานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

1) มาตรฐานญี่ปุ่น [2]; JIS C 9212-1993: Electric Rice Cookers and Electric Rice Warmers เป็นมาตรฐานที่เน้นการทดสอบสมรรถนะของหม้อหุงข้าว ซึ่งไม่มีการกำหนดหัวข้อการทดสอบด้านประสิทธิภาพการทำความร้อน

2) มาตรฐานจีน [3]; GB 12021.6-1989: The Limited Value and Testing Method of Efficiency and Warming Energy Consumption for Automatic Rice Cookers เป็นมาตรฐานที่กำหนดวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อน แต่ไม่ได้นำเอาค่าความร้อนที่กระทำต่อหม้อชั้นในมาร่วมคำนวณในสมการประสิทธิภาพการทำความร้อน ทำให้ค่าประสิทธิภาพที่ได้ต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง

3) มาตรฐานจีน [4]; CCEC/T11-2001: Technical Specifications for Energy Conservation Product Certification for Household Automatic Rice-Cooker (China Certification Center for Energy Conservation Products): เป็นมาตรฐานที่มีการกำหนดวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อนซึ่งปรับปรุงการคำนวณค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนโดยเพิ่มค่าความร้อนที่กระทำต่อหม้อชั้นใน

4) มาตรฐานเกาหลี [5]; KS C 9310-1997: Korean Industrial Standard: Electric Rice Cookers เป็นมาตรฐานที่มีการกำหนดวิธีการหาประสิทธิภาพการทำความร้อนไว้ อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานฉบับนี้มีความแตกต่างจากมาตรฐานจีน

5) มาตรฐานไทย [6]; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1039-2534 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า (ปัจจุบันนี้ได้ถูกยกเลิก และถูกแทนด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1039-2547): เป็นมาตรฐานที่อ้างอิงของมาตรฐาน JIS C 9212-1988 ซึ่งมีการกำหนดการทดสอบสมรรถนะของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และไม่มีการกำหนดการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อน

6) มาตรฐานไทย [7]; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1039-2547 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เฉพาะด้านความปลอดภัย: เป็นมาตรฐานที่กำหนดเฉพาะด้านความปลอดภัยเท่านั้น โดยไม่มีการกำหนดการทดสอบสมรรถนะของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อน

จากการสำรวจข้อมูลในประเทศไทย พบว่า ปัจจุบันมีความพยายามที่จะลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงด้วยการออกฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า ประเภทหม้อหุงข้าวไฟฟ้า [8] ภายใต้โครงการประชาร่วมใจใช้หม้อหุงข้าวประหยัดไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ด้วยความร่วมมือกับหน่วยงานทดสอบสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (สฟอ.) โดยอ้างอิงมาตรฐาน มอก.1039-2534 และ CCEC/T11-2001 เป็นหลัก โดยขอบเขตของโครงการนี้จะมุ่งเน้นที่หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ขนาด 1.8 ลิตรเท่านั้น โดยแบ่งระดับการกำหนดประสิทธิภาพของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าไว้ 5 ระดับตามระดับของค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการหุงข้าวด้วยการหุงข้าวจริง ดังตารางที่ 2 โดยอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบตาม มอก. 1039-2534 และมีประสิทธิภาพพลังงานความร้อนหรือประสิทธิภาพการทำความร้อนเป็นไปตามเกณฑ์ดังในตารางที่ 3 โดยอ้างอิงมาตรฐาน CCEC/T11-2001 ด้วยการต้มน้ำ

ตารางที่ 1 ปริมาณการจำหน่ายหม้อหุงข้าวไฟฟ้าภายในประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึง ปี พ.ศ. 2550

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการจำหน่ายในแต่ละปี (พันเครื่อง)			
	2547	2548	2549	2550
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1,976	2,137	2,226	2,704
อัตราการเพิ่มขึ้น(%)	-	8.15	4.16	21.47

ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 2 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ

เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพสำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ขนาด 1.8 ลิตร					
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการหุงเฉลี่ย (W-hr)	เบอร์ 5	เบอร์ 4	เบอร์ 3	เบอร์ 2	เบอร์ 1
300	$E \leq 270$	$270 < E \leq 285$	$285 < E < 315$	$315 \leq E < 330$	$E \geq 330$

ตารางที่ 3 เกณฑ์การกำหนดประสิทธิภาพการทำความร้อนในแต่ละช่วงของกำลังไฟฟ้า

ช่วงกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ประสิทธิภาพการทำความร้อน (ร้อยละ)
หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบกระติก	
500 < กำลังไฟฟ้า ≤ 600	87
600 < กำลังไฟฟ้า ≤ 700	88
กำลังไฟฟ้า > 700	89
หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดา	
500 < กำลังไฟฟ้า ≤ 600	83
600 < กำลังไฟฟ้า ≤ 700	84
กำลังไฟฟ้า > 700	85

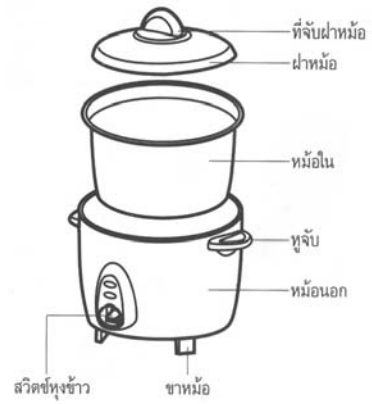
อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าประสิทธิภาพของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าโดยการไฟฟ้าฯ จะกำหนดค่าประสิทธิภาพของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าตามปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการหุงข้าวจริงเป็นหลัก โดยมีค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งการกำหนดด้วยเกณฑ์ดังกล่าวจะคำนึงถึงค่าการใช้พลังงานเป็นหลักมากกว่าประสิทธิภาพการทำความร้อน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการใช้ไฟฟ้าจริงในการหุงข้าว แต่ข้อเสีย คือ ความยุ่งยากในการจัดหาข้าวสารให้ได้มาตรฐานเดียวกันในแต่ละการทดสอบ นอกจากนั้นแล้วหม้อหุงข้าวไฟฟ้าบางยี่ห้อจะโปรแกรมให้มีระยะเวลาการสุกของข้าวไม่เท่ากันในแต่ละยี่ห้อหรือรุ่น เพื่อผลของความนุ่มนวลของข้าวที่ได้ ทำให้ผลของการใช้ไฟฟ้าในการหุงข้าวมีความแตกต่างกัน แต่นั่นไม่ได้หมายความว่า หม้อหุงข้าวไฟฟ้าชนิดนั้นจะมีประสิทธิภาพที่สูงหรือต่ำกว่ากัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางในการกำหนดค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าด้วยการใช้หลักการทางสถิติที่ได้จากการทดสอบจริงของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบที่ใช้แผ่นความร้อน (Heating plate rice-cooker) โดยอ้างอิงมาตรฐาน CCEC/T11-2001

2. คุณลักษณะและประเภทของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

นิยามของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1039-2547 [7] กล่าวไว้ว่า “หม้อหุงข้าวไฟฟ้า” หมายถึง “บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน เพื่อใช้ในการหุงข้าวอย่างอัตโนมัติ และอาจรักษาช่วงอุณหภูมิการอุ่นข้าวไว้ได้ระดับหนึ่ง” อย่างไรก็ตามหม้อหุงข้าวในปัจจุบันนี้นอกจากจะใช้ในการหุงข้าวเพียงอย่างเดียวแล้ว ยังมีการพัฒนาให้หม้อหุงข้าวสามารถจัดทำอาหารได้หลายอย่าง เช่น การนึ่ง การต้ม และการตุ๋น เป็นต้น รูปที่ 1 แสดงถึงหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดา และรูปที่ 2 แสดงถึงหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบมีการนึ่ง โดยที่รูปที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบหลักของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดาและแบบกระติกหรือแบบฝาล็อก ตามลำดับ หม้อหุงข้าวไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นหม้อ 2 ชั้น คือ หม้อชั้นนอกและหม้อชั้นในโดยสามารถถอดออกจากกันได้ดังรูปที่ 3 และ 4 หม้อชั้นในเป็นภาชนะบรรจุข้าวและน้ำทำหน้าที่รับความร้อนจากแผ่นความร้อนหรือขดลวดความร้อนและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในหม้อหุงข้าวเพื่อทำให้ข้าวสุก ส่วนมากหม้อชั้นในจะทำด้วยวัสดุอลูมิเนียม ซึ่งอาจเป็นอลูมิเนียมแบบธรรมดาและแบบเคลือบสาร โดยสารที่เคลือบส่วนใหญ่จะเป็นเทฟล่อน (Teflon) หรือโพลีฟลอน (Poly-flon) เพื่อช่วยให้ข้าวที่หุงแล้วไม่ติดหม้อ ง่ายต่อการล้างทำความสะอาด ในขณะที่หม้อชั้นนอกจะทำด้วยพลาสติกหรือเหล็ก ซึ่งอาจมีการตกแต่งลวดลายให้มีความสวยงาม นอกจากนั้นหม้อชั้นนอกยังเป็นที่ติดตั้งส่วนควบคุมการทำงานของหม้อหุงข้าวและแผ่นความร้อนหรือขดลวดความร้อน เพื่อผลิตความร้อนและส่งผ่านความร้อนให้กับหม้อชั้นใน

รูปที่ 1 หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดา

รูปที่ 2 หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบมีการนึ่ง



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดา

รูปที่ 4 ส่วนประกอบของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าหม้อหุงข้าวแบบกระติก

หม้อหุงข้าวไฟฟ้าในปัจจุบันนี้สามารถแบ่งประเภทของหม้อหุงข้าวได้เป็น 3 ประเภทตามรูปแบบการใช้งาน ดังนี้

1) หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดา หม้อหุงข้าวแบบนี้จะเป็นหม้อหุงข้าวรุ่นเก่าที่มีระบบการหุงข้าวเพียงอย่างเดียว

2) หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบธรรมดาที่มีระบบอุ่นข้าว หม้อหุงข้าวแบบนี้จะมีลักษณะภายนอกเหมือนหม้อหุงข้าวแบบแรก เพียงแต่เพิ่มระบบการอุ่นข้าวให้สามารถรักษาอุณหภูมิของข้าวให้ยาวนานยิ่งขึ้นดังรูปที่ 1 หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบนี้เป็นแบบที่มีจำหน่ายมากที่สุด เนื่องจากมีราคาค่อนข้างถูก นอกจากนั้นแล้วหม้อหุงข้าวบางรุ่นได้ถูกออกแบบให้ทำงานได้หลายอย่าง เช่น การต้ม และการนึ่ง ลักษณะของหม้อหุงข้าวแบบนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2 โดยทั่วไปหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบนี้จะมีขนาดความจุตั้งแต่ 0.5–5 ลิตร

3) หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบกระติกหรือแบบฝาล็อก หม้อหุงข้าวแบบนี้จะมีฝาปิดอย่างมิดชิด ทำให้เสมือนว่ามีฉนวนอากาศระหว่างหม้อชั้นในและหม้อชั้นนอก ทำให้สามารถรักษาความร้อนในหม้อหุงข้าวได้ยาวนานขึ้น หม้อหุงข้าวแบบนี้มักจะยึดฝาหม้อให้ติดกับตัวหม้อหุงข้าว ซึ่งมีทั้งระบบหุงและอุ่นข้าวดังในรูปที่ 4 และแบบที่ควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ดังในรูปที่ 5 หม้อหุงข้าวแบบนี้จะมีราคาแพงกว่าแบบที่ 2 โดยเฉพาะแบบไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นขนาดของหม้อหุงข้าวแบบนี้จึงมีขนาดอยู่ระหว่าง 1–1.8 ลิตร ซึ่งเป็นขนาดที่ผู้บริโภคนิยมใช้

นอกจากการแบ่งประเภทของหม้อหุงข้าวตามรูปแบบการใช้งานแล้ว ยังสามารถแบ่งหม้อหุงข้าวตามลักษณะอุปกรณ์การให้ความร้อนได้เป็น 2 ประเภท คือ หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบที่ใช้แผ่นความร้อน ซึ่งเป็นแบบที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้ และหม้อหุงข้าวแบบขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction heater rice-cooker) หม้อหุงข้าวแบบนี้ได้พัฒนาระบบการให้ความร้อน ระบบควบคุม และการออกแบบหม้อชั้นในให้มีประสิทธิภาพการทำความร้อนและความสามารถในการหุงข้าวดียิ่งขึ้นด้วยการใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction heater) เพื่อให้หม้อหุงข้าวควบคุมอุณหภูมิได้ถูกต้องมากขึ้น และมีการใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ควบคุมระดับการจ่ายความร้อนในหม้อชั้นใน ทำให้การให้ความร้อนเป็นไปตามที่ต้องการ แม้ว่าหม้อหุงข้าวแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี แต่ก็มีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อหุงข้าวแบบแผ่นความร้อน ดังนั้นจึงมีใช้น้อยมากในประเทศไทย รูปที่ 5 แสดงถึงตัวอย่างของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบขดลวดเหนี่ยวนำ

รูปที่ 5 หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบขดลวดเหนี่ยวนำ

3. วิธีการทดสอบเพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพการทำความร้อน

มาตรฐานการทดสอบ วิธีการทดสอบและการหาค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงมาตรฐานจีน CCEC/T11-2001 เป็นหลัก อย่างไรก็ตามเพื่อให้สภาวะการทดสอบมีความเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของประเทศไทย จำเป็นที่จะต้องมีการปรับค่าเพื่อความเหมาะสม โดยกำหนดมาตรฐานการทดสอบดังต่อไปนี้

ก. มาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าต้องเป็นไปตามมาตรฐานสภาวะการทดสอบ ดังนี้

1) ห้องทดสอบ

1.1) อุณหภูมิภายในห้องทดสอบต้องไม่เกิน 25±2 องศาเซลเซียส ตลอดการทดสอบ

1.2) ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบต้องไม่เกินร้อยละ 60±15 ตลอดการทดสอบ

2) เครื่องมือวัด

2.1) เครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศจะต้องมีความถูกต้องในการวัด โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน ±0.1 องศาเซลเซียส

2.2) เครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าจะต้องมีความถูกต้อง โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ±1 ของค่าที่วัดได้

2.3) แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ±1 ของค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยผู้ผลิตหม้อหุงข้าวไฟฟ้าตลอดการทดสอบ

2.4) เครื่องชั่งน้ำหนักจะต้องมีความถูกต้องในการวัด โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ±0.05

2.5) เครื่องมือจับเวลาจะต้องมีความถูกต้องในการวัด โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±0.5 วินาทีต่อชั่วโมง

3) มาตรฐานการติดตั้งหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

3.1) ให้ติดตั้งหม้อหุงข้าวไฟฟ้าบนพื้นรองที่ทำจากแผ่นไม้เรียบหนาอย่างน้อย 10 มิลลิเมตร และทาสีดำ

3.2) ติดตั้งหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและเครื่องมือวัดตามแผนผัง ดังในรูปที่ 6

3.3) ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งประมาณ 10 มิลลิเมตร เหนือจุดกึ่งกลางของก้นหม้อชั้นใน

ข. การทดสอบ

1) การเตรียมการทดสอบ

1.1) ก่อนทำการทดสอบแต่ละครั้ง อุณหภูมิระหว่างหม้อชั้นใน ผิวหน้าขดลวดให้ความร้อนและรอบนอกหม้อหุงข้าว ก่อนทำการทดสอบ จะต้องมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส หรือหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจะต้องไม่มีการใช้งานมาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

1.2) ตรวจสอบชนิดของหม้อชั้นใน เพื่อกำหนดค่าความจุความร้อนจำเพาะของหม้อชั้นใน บันทึกค่าความจุความร้อนจำเพาะของหม้อชั้นใน และทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่ามวลของหม้อชั้นใน

1.3) เตรียมน้ำให้มีอุณหภูมิ เท่ากับ 25±2 องศาเซลเซียส

2) วิธีการทดสอบ

2.1) เติมน้ำตามข้อ ข. (1.3) ลงในหม้อชั้นในถึงระดับร้อยละ 80 ของปริมาตรของหม้อชั้นในจากขอบฝาหม้อชั้นใน ชั่งหามวลของน้ำและบันทึกข้อมูล

2.2) การติดตั้งหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและเครื่องมือวัดสำหรับทดสอบให้เป็นไปตามข้อ ก. (3) และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น

2.3) ปิดฝาหม้อหุงข้าว

2.4) เปิดสวิตช์การทำงานของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า จนกระทั่งน้ำมีอุณหภูมิถึง 95 องศาเซลเซียส ให้ตัดสวิตช์การทำงาน

2.5) บันทึกค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ เริ่มตั้งแต่เปิดสวิตช์การทำงานจนกระทั่งปิดสวิตช์การทำงาน

2.6) วัดอุณหภูมิน้ำสูงสุดและทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ

2.7) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าตามสมการที่ (1)

4. การรายงานผล

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าให้ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\eta = \left[\frac{\left(M_w \times C_{pw} \times (T_f - T_i)\right) + \left(M \times C \times (T_f - T_i)\right)}{3{,}600 \times E} \right] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ η คือ ค่าประสิทธิภาพการทำความร้อน มีค่าเป็นร้อยละ

M_w คือ มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

M คือ มวลของหม้อชั้นใน มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

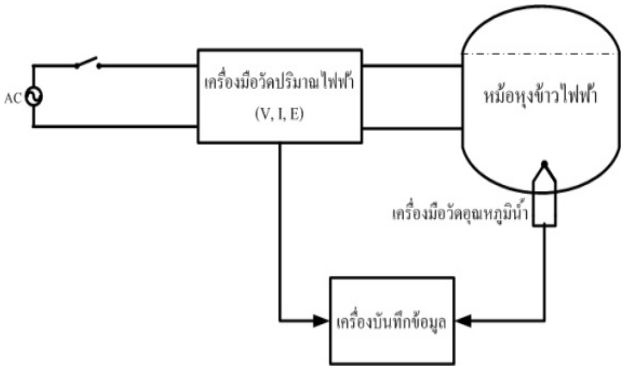
T_i คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

T_f คือ อุณหภูมิน้ำสูงสุด มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

C_{pw} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส

C คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุหม้อชั้นใน มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส

E คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง



รูปที่ 6 แผนผังการติดตั้งหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและเครื่องมือวัด

5. ผลการทดสอบและการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูงของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

การกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานโดยทั่วไปนั้นจะพิจารณาโดยอาศัยผลการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบได้มาจากการทดสอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดทุกยี่ห้อ ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบที่ได้จะถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าในท้องตลาด การกำหนดค่า HEPS ในงานวิจัยนี้ใช้หลักการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าเฉลี่ย (Mean: μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: σ) ของค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า การคำนวณค่า HEPS ต้องอาศัยทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องประเภทการแจกแจงปกติ (N≥30) ดังนั้นค่า HEPS จะถูกกำหนดได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\text{HEPS} = \mu + Z_{\alpha/2}.\sigma \quad (2)$$

โดย μ คือ ค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนเฉลี่ย

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ สามารถกำหนดได้ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแปรตามเปอร์เซ็นต์ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าต้องการให้ได้ฉลากประสิทธิภาพสูง

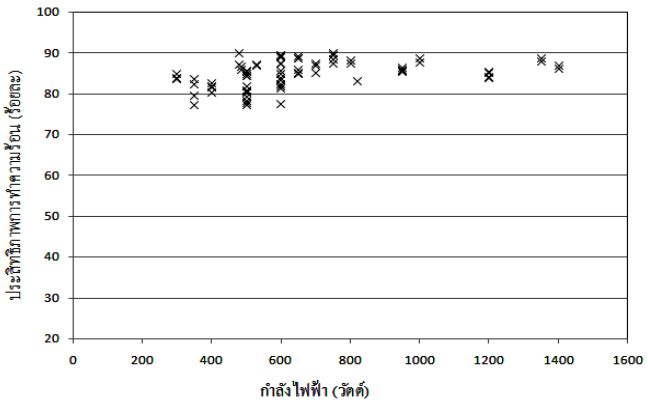
ค่า HEPS เป็นค่าหนึ่งที่แบ่งแยกระหว่างหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงกับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ไม่ได้รับฉลาก ดังนั้นหากภาครัฐฯ ต้องการส่งเสริมให้มีการผลิตหรือจำหน่ายอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง จำเป็นต้องกำหนดให้มีค่าสูงกว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ทดสอบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการแข่งขันและปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชนิดนั้น ดังนั้นเพื่อให้เห็นแนวทางในการกำหนดค่า HEPS ด้วยวิธีการดังกล่าว งานวิจัยนี้จะกำหนดให้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่จะได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงสำหรับการส่งเสริมมีจำนวนร้อยละ 30.85 ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าทั้งหมดตามที่ภาครัฐฯ ต้องการเพื่อกระตุ้นผู้ผลิตให้ขอรับการส่งเสริมการจำหน่ายด้วยการติดฉลากประสิทธิภาพสูง ดังนั้นค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ สามารถกำหนดได้ เท่ากับ 0.5σ กล่าวคือ ค่า HEPS จะกำหนดได้จากค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนเฉลี่ยบวกด้วยศูนย์จุดห้าเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ กับร้อยละของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่จะได้ฉลากประสิทธิภาพสูง

$Z_{\alpha/2}.\sigma$	ร้อยละของหม้อหุงข้าวที่ได้ฉลาก
0.5σ	30.85
1.0σ	15.87
1.5σ	6.68
2.0σ	2.28
2.5σ	0.62
3.0σ	0.13

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้า จำนวน 75 เครื่อง (จำนวน 18 ยี่ห้อ) โดยทำการทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแต่ละเครื่องตามวิธีการทดสอบในหัวข้อที่ 3 ผลการทดสอบการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเพื่อหาประสิทธิภาพการทำความร้อนแสดงดังในรูปที่ 7 จากรูปแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำความร้อนกับกำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5 ตารางที่ 5 แสดงถึงค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบโดยแบ่งตามขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่มีขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์, ตั้งแต่ 400 ถึง 600 วัตต์, มากกว่า 600 ถึง 800 วัตต์ และมากกว่า 800 วัตต์ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจข้อมูลการใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าเบื้องต้น พบว่า ขนาดของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ใช้กันมากที่สุดจะเป็นขนาดที่มีความจุ ตั้งแต่ 1 ลิตรขึ้นไปหรือมีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการกำหนดค่า HEPS จะแบ่งการพิจารณาตามขนาดกำลังไฟฟ้าออกเป็น 2 ระดับ คือ กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 400 วัตต์ และตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไปซึ่งผลการทดสอบจากตารางที่ 5 สามารถเขียนใหม่ได้ดังตารางที่ 6

จากเงื่อนไขในการกำหนดค่า HEPS ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นและประยุกต์ใช้สมการที่ (2) เมื่อค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ เท่ากับ 0.5σ ผลของการกำหนดค่า HEPS ได้แสดงในรูปที่ 8 จากรูปจะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าสำหรับค่า HEPS ขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป มีค่าอย่างน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 86.73 และในทำนองเดียวกันจึงสามารถอนุมานให้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่มีขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ประมาณการแจกแจงเป็นแบบปกติได้ ส่งผลให้ค่า HEPS มีค่าอย่างน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 83.41 จากผลของการกำหนดค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าดังกล่าว พบว่าจำนวนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่สูงกว่าค่า HEPS หรือจำนวนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่เป็นหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง สำหรับขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป เท่ากับ 26 เครื่อง จากจำนวนทั้งหมด 68 เครื่องหรือคิดเป็นร้อยละ 38 และสำหรับขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ เท่ากับ 4 เครื่องจากจำนวนทั้งหมด 7 เครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 43 ของจำนวนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าดังกล่าว



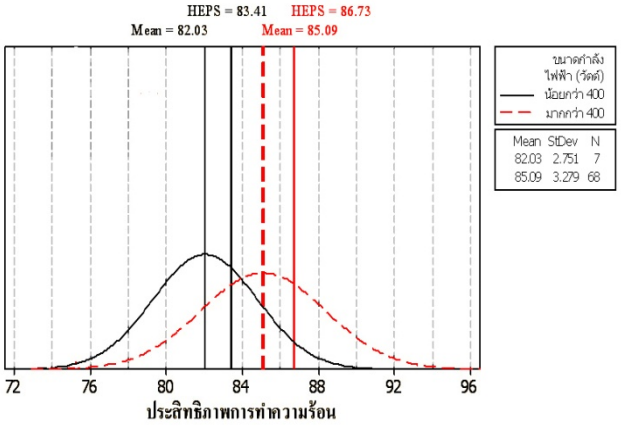
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำความร้อนกับกำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบ่งตามขนาดกำลังไฟฟ้า 4 ระดับ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	ค่าต่ำสุด (ร้อยละ)	ค่าสูงสุด (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าเบี่ยงเบน
น้อยกว่า 400	7	77.04	84.69	82.03	2.751
ตั้งแต่ 400 ถึง 600	38	77.13	89.97	83.84	3.643
มากกว่า 600 ถึง 800	15	84.72	89.79	87.41	1.659
มากกว่า 800	15	83.01	88.61	85.94	1.685

ตารางที่ 6 สรุปผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบ่งตามขนาดกำลังไฟฟ้า 2 ระดับ

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	ค่าต่ำสุด (ร้อยละ)	ค่าสูงสุด (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าเบี่ยงเบน
น้อยกว่า 400	7	77.04	84.69	82.03	2.751
ตั้งแต่ 800 ขึ้นไป	68	77.13	88.97	85.09	3.279



รูปที่ 8 การกำหนดค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนขั้นสูงของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

การกำหนดค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ร้อยละ 30.85 หรือเท่ากับ 0.5σ เป็นตัวอย่างหนึ่งในการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่า HEPS ซึ่งโดยทั่วไปค่า HEPS มักจะมีการทบทวนค่าต่างๆ เหล่านี้เสมออย่างไรก็ตามในการเริ่มต้นโครงการเพื่อกำหนดค่า HEPS มักจะกำหนดค่าที่ผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการสามารถกระทำได้ก่อนที่จะมีการทบทวนค่าเหล่านี้ในครั้งต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ผลิต ผู้ประกอบการและผู้จำหน่ายสามารถปรับตัวและระบายผลิตภัณฑ์จากคลังสินค้าได้ก่อนการพัฒนาศักยภาพของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ได้ตามเกณฑ์ที่จะมีการกำหนดใหม่ในรอบถัดไป

ดังนั้นแนวคิดในการกำหนดค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวโดยอาศัยหลักการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานยังคงสามารถถูกนำมาใช้ในการทบทวนค่าต่างๆ เหล่านี้ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงตัวคูณของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอย่างเช่นการปรับค่า HEPS จากศูนย์จุดห้าเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นศูนย์จุดหกเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนั้นค่า HEPS ที่ปรับเปลี่ยนใหม่นี้ จะให้ค่าประสิทธิภาพการทำความร้อนเท่ากับ ร้อยละ 83.68 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดน้อยกว่า 400

วัตต์ และเท่ากับร้อยละ 87.06 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป หรือหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงจะมีจำนวน 2 เครื่องใน 7 เครื่องสำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 29 และจำนวน 23 เครื่องใน 68 เครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 34 ของจำนวนหม้อหุงข้าวทั้งหมดที่มีขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป

นอกจากนั้นแนวคิดในการกำหนดค่า HEPS ดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance Standard, MEPS) ได้อีก เมื่อค่า MEPS หมายถึง ระดับประสิทธิภาพการทำความร้อนขั้นต่ำของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าซึ่งผู้ผลิตจะต้องทำให้ได้จึงสามารถวางจำหน่ายได้ โดยใช้แนวคิดลักษณะเดียวกันกับสมการที่ (2) ดังนี้

$$MEPS = \mu - Z_{\alpha/2}.\sigma \quad (3)$$

สำหรับค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ สามารถถูกกำหนดได้จากตารางที่ 4 เช่นเดียวกัน เพียงแต่ค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ ที่กำหนดจะเป็นค่าที่หม้อหุงข้าวไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MEPS ตัวอย่างเช่นหากกำหนดให้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ไม่ผ่านค่า MEPS มีจำนวนร้อยละ 2.28 ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าทั้งหมด ค่า $Z_{\alpha/2}.\sigma$ จะมีค่าเท่ากับ 2.0σ เป็นต้น ปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เป็นผู้กำหนดค่า MEPS ในอุปกรณ์นั้นๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการสำรวจ พบว่า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ยังไม่มีการประกาศใช้ค่า MEPS ภายในประเทศ แต่สำหรับต่างประเทศได้มีการนำมาใช้บ้างแล้ว เช่น ประเทศเกาหลี และตารางที่ 7 แสดงค่า MEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบแผ่นความร้อนและแบบขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งถูกกำหนดโดยประเทศเกาหลี [9, 10]

ตารางที่ 7 ค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นต่ำ (MEPS) หม้อหุงข้าวไฟฟ้าของประเทศเกาหลี

ชนิด	ประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (MEPS) (%)	
หม้อหุงข้าวแบบแผ่นความร้อน (Heating plate rice-cooker)	ความดันบรรยากาศ	78.0
	ความดันสูง	78.0
หม้อหุงข้าวแบบขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction heater rice-cooker)	ความดันบรรยากาศ	80.0
	ความดันสูง	78.0

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทดสอบเพื่อประเมินหาประสิทธิภาพการทำความร้อนของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า สำหรับการกำหนดค่า HEPS ด้วยการใช้หลักการทางสถิติของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมกัน ซึ่งหากกำหนดให้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงมีจำนวนร้อยละ 30.85 ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าทั้งหมด ค่า HEPS ของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เท่ากับร้อยละ 83.41 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดน้อยกว่า 400 วัตต์ และเท่ากับร้อยละ 86.73 สำหรับหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป ซึ่งแนวทางในการกำหนดค่า HEPS สามารถนำมาประยุกต์ในการคำนวณหาค่า MEPS ได้ หรือใช้เป็นแนวทางในการทบทวนค่า HEPS หรือ MEPS สำหรับในการกำหนดค่าใหม่ครั้งต่อไป นอกจากนั้นแล้วแนวคิดในการกำหนดค่า MEPS และ HEPS ในงานวิจัยนี้สามารถถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดค่า MEPS หรือ HEPS หรือค่าประสิทธิภาพในระดับอื่นๆ ของอุปกรณ์ที่มีลักษณะเดียวกันได้โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, "รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำร่างกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง," กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2547.
2. Japanese Standards Association, "JIS C 9212: Electric rice-cookers and electric rice-warmers," Japanese Standards Association, 1993.
3. China National Institute of Standardisation, "GB 12021.6-1989: The limited value and testing method of efficiency and warming energy consumption for automatic rice cookers," China National Institute of Standardisation, 1989.
4. China Certification Centre for Energy Conservation Product, "CCEC/T11-2006: China technical specifications for energy conservation product: Certification for household automatic rice cooker," China Certification Centre for Energy Conservation Product, 2006.
5. Korean Agency for Technology and Standards, "Korean industrial standard: Electrical rice cookers," Ministry of Commerce, Industry and Energy, 1997.
6. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มอก. 1039-2534: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หม้อหุงข้าวไฟฟ้า," สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2534.
7. ---, "มอก. 1039-2547: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เฉพาะด้านความปลอดภัย," สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2547.
8. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). *http://www.egat.co.th/labelNo5/RiceCooking_Saving.htm.*
9. Choi J. Y., Yun J. H., Woo J. T. and Lee S. K., "Energy efficiency labeling and standards electric heating rice cooker," Korea Testing Laboratory.
10. Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). *http://www.apec-esis.org/productsummary.php?country=Republic of Korea&countryid=253&product=Rice Cooker&ID=6.*