การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กตริก

Performance comparison of heating coil and thermoelectric egg incubators

เอกชัย สิงหเดช[1,*], ธวัช สุริวงษ์[1,*], สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์[2], ประพิธาริ์ ธนารักษ์[1]

Ekachai Singhadet[1,*], Tawat Suriwong[1,*], Somchai Jiajitsawat[2], Papitha Tanarak[1]

[1]*วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร*

[2]*ศูนย์วิจัยและส่งเสริมพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทำความร้อนแบบใหม่คือแผ่น “เทอร์โมอิเล็กตริก” มาแทนขดลวดความร้อนที่ใช้กับตู้ฟักไข่ที่มีการจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด จากการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเทอมของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ผลการทดสอบพบว่า การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถทำอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ คือ 36-38°C และมีการแกว่งของอุณหภูมิอยู่ในช่วงแคบๆ เมื่อเทียบกับตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานการฟักไข่และมีการแกว่งของอุณหภูมิในช่วงที่กว้างมากกว่า ตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ในช่วง 75-80% ได้ดีกว่าแบบขดลวดความร้อน การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกใช้พลังงานไฟฟ้า 28.22 หน่วย ซึ่งน้อยกว่าตู้ฟักไข่ขดลวดความร้อนประมาณ 2.14 เท่า ลดค่าใช้จ่ายได้ 103.2 บาทต่อการฟักไข่หนึ่งรอบ หรือมีค่าใช้จ่ายลดลงคิดเป็น 53.4% นอกจากนี้ตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกให้อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่สูงกว่าตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนประมาณ 1.4 เท่า

คำสำคัญ : ตู้ฟักไข่ / เทอร์โมอิเล็กตริก / ความชื้นสัมพัทธ์ / อุณหภูมิ / อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

Abstract

In the present study, the objective is to initiate a new heating device, “thermoelectric module (TE)” to replace the electrical heating coil (HC) in the commercial egg incubator. From the experiments of temperature and relative humidity control, electricity consumption, and comparison of their thermal performance in term of Energy Efficiency Ratio (EER), it was found that temperature control of the TE egg incubator is not only able to maintain the temperature in a suitable range of natural hatching (36-38°C) but also reduce the temperature fluctuation as compared with that of the HC egg incubator, which has higher inside temperature and fluctuation. Relative humidity Percentage of TE egg incubator was more appropriate than that of the HC egg incubator in range 75-80%. The electrical energy consumption of TE egg incubator was 28.22 units, which lower than HC egg incubator about 2.14 times. Similarly, electricity costs of the TE egg incubator were lower than HC egg incubator around 53.4% or 103.2 baht per incubation round. In addition, it was found that EER of the TE egg incubator was higher than that of the HC egg incubator as 1.4 times.

Keywords: Egg incubator/Thermoelectric(TE)/Relative humidity / Temperature / Energy Efficiency Ratio (EER)

*Corresponding author. E-mail : tawats@nu.ac.th, Tafel0404845@hotmail.com

1. บทนำ

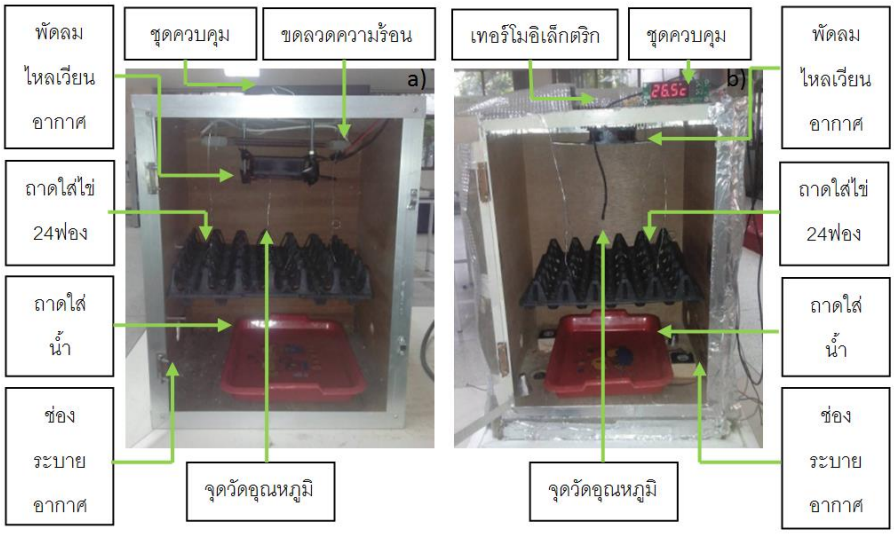
การเลี้ยงไก่เป็นอาชีพที่คนไทยนิยมมากพอสมควรแต่ในการลงทุนเลี้ยงไก่ต้องใช้งบประมาณสูงสำหรับค่าอุปกรณ์ต่างๆ และการดูแลรักษา (สุภาพร บางใบ และคณะ, 2551) การเลี้ยงไก่แบบปล่อยให้มีการฟักไข่ตามธรรมชาตินั้นมีผลกระทบต่อผลผลิตเนื่องจากสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ และความชื้น ทำให้ในปัจจุบันมีการคิดค้นการฟักไข่แบบไม่ต้องอาศัยแม่ไก่ที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงในการฟักซึ่งสามารถฟักไข่ได้ผลผลิตมากขึ้น การเจริญเติบโตของตัวอ่อนในฟองไข่จนกระทั่งลูกไก่ฟักออกเป็นตัวนั้น จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ อย่างเหมาะสมและเพียงพอที่ทำให้การฟักไข่ได้ผลดี การฟักไข่ด้วยเครื่องฟักไข่ได้มีการศึกษาและเรียนรู้วิธีการฟักไข่ตามธรรมชาติของแม่ไก่จนสามารถฟักไข่ได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ความชื้น การกลับไข่ และการระบายอากาศที่เหมาะสมถ้าควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้แล้วการฟักไข่นั้นมีผลผลิตที่สูง การฟักไข่โดยใช้อุปกรณ์บางชนิดยังมีใช้จนถึงปัจจุบันซึ่งในปัจจุบันมีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถช่วยควบคุมตัวแปรต่างๆในการฟักไข่ให้มีความแม่นยำ เที่ยงตรงมากขึ้น เช่นการควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 36-38°C และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65-80% ประสิทธิภาพของเครื่องฟักไข่เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่บอกถึงต้นทุนในการผลิตของไก่ในแต่ล่ะรุ่น เพื่อให้การฟักไข่มีอัตราการฟักเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การพัฒนาเครื่องฟักไข่ในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาการให้ความร้อนจากขดลวดความร้อนที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูง (สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน, 2541) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการฟักไข่สูงขึ้น เพื่อเป็นการหาวิธีลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จึงได้นำอุปกรณ์แผ่นเทอร์โมอิเล็กตริก (Thermoelectric, TE) ที่สามารถให้ความร้อนได้สม่ำเสมอและประยุกต์ใช้กับเครื่องฟักไข่ได้ โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลเป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำอาศัยหลักการทำงานโดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล สารกึ่งตัวนำทำการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นความร้อนและความเย็นเกิดขึ้น โดยด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็น ด้านร้อนและด้านเย็นสามารถสลับกันได้ขึ้นอยู่ทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำและสามารถทำหน้าที่เป็นปั๊มความร้อน (Heat pump) โดยสามารถปรับความร้อนที่คุณภาพต่ำให้สูงขึ้นได้ (พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ, 2546; สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์, 2554) ข้อดีของเทอร์โมอิเล็กตริกคือไม่มีเสียงดังรบกวนขณะทำงานเพราะไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่และมีขนาดเล็ก (สินเดิม ดีโต และคณะ, 2550)

จากเหตุผลและปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้มีแนวคิดที่นำอุปกรณ์ที่สามารถทำความร้อนในช่วงอุณหภูมิของการฟักไข่และทำงานได้เทียบเท่าขดลวดความร้อนนั้นคือแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล จากหลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถประยุกต์ใช้ทดแทนขดลวดความร้อนได้ โดยคาดว่าตู้ฟักไข่ที่ใช้อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถลดการใช้ปริมาณไฟฟ้า มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขดลวดความร้อน

2. วิธีการทดลอง

2.1 สร้างตู้ฟักไข่เทอร์โมอิเล็กตริกให้มีขนาดเท่ากับตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ขนาดบรรจุไข่ 24 ฟอง โดยมีขนาดดังนี้ กว้าง 0.35 m ยาว 0.35 m และสูง 0.44 m โดยทำจากไม้อัดหนา 3 mm และมีการหุ้มฉนวนด้านนอก มีประตูด้านหน้าสามารถเปิด-ปิดได้ทำจากแผ่นอะคิลิค (Acrylic sheet) หนา 0.3 mm จากนั้นติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิโดยตั้งการควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 36–38°C ดังรูปที่ 1 และรายละเอียดของตู้ฟักไข่ทั้ง 2 ชนิด แสดงในตารางที่ 1

2.2 การติดตั้งระบบทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ฟักไข่ทั้งสองชนิดนั้นมีการทดสอบพร้อมกันและในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน โดยมีถาดใส่น้ำขนาด ยาว 0.28 m กว้าง 0.20 m ว่างอยู่ด้านล่างของตู้ฟักไข่สำหรับเพิ่มความชื้น ปรับตั้งค่าชุดควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่36-38°C และมีการเก็บข้อมูลโดยทำการวัดอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ทั้งสองชนิดด้วยอุปกรณ์คู่ควบความร้อนชนิดเค (Thermocouple, K) โดยทำการบันทึกผลด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติ (Data logger, Wisco, A1210) ร่วมกับการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และมีการวัดความชื้นด้วยเครื่อง Environment meter (DT- 8820)



รูปที่ 1 ลักษณะของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อน (a) และแบบเทอร์โมอิเล็กตริก (b)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กตริก

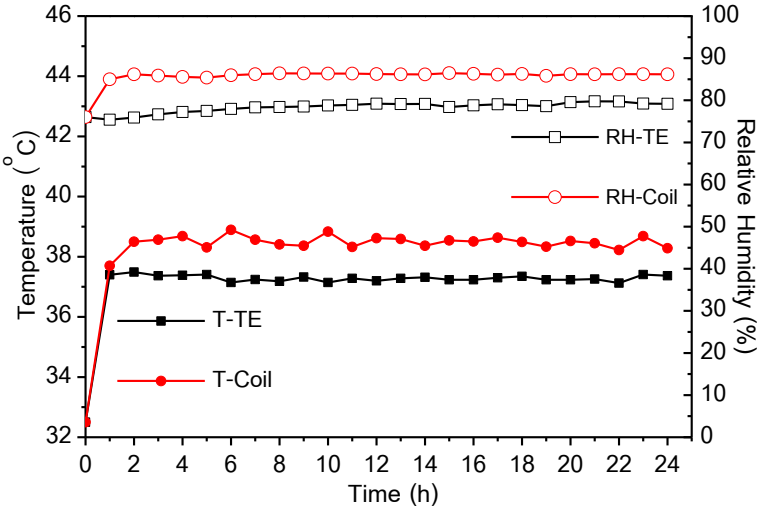
ข้อกำหนด	ตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อน	ตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริก
ขนาดตู้ฟักไข่	กว้าง 0.35 m ยาว 0.35 m และสูง 0.44 m	กว้าง 0.35 m ยาว 0.35 m และสูง 0.44 m
แหล่งกำเนิดความร้อน	ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 120 W	เทอร์โมอิเล็กตริกรุ่น TEC1-12710
พลังงานไฟฟ้า	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V	ไฟฟ้ากระแสตรง 12 V และ 5 A

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ฟักไข่โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V และ 5 A สำหรับตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริก และการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ให้กับตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อน ทำการบันทึกการวัดอุณหภูมิ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครื่องบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ และวัดความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเครื่อง Environment meter (DT- 8820) โดยทำการทดสอบและเก็บข้อมูลพร้อมกันทั้งสองตู้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

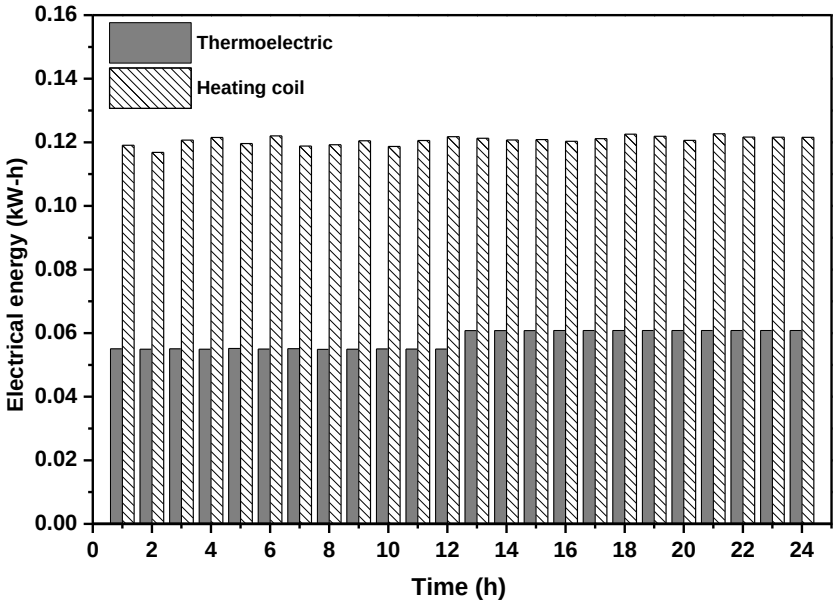
3. ผลและอภิปราย

รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กตริก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริก ประมาณกว่า 1-2°C และสูงกว่าอุณหภูมิมาตรฐานของการฟักไข่ (36-38°C) (สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน, 2541) ขณะที่ตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในอุณหภูมิมาตรฐานของการฟักไข่ ตลอด 24 ชั่วโมงของการทำงาน เนื่องจากระบบควบคุมอุณหภูมิของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนไม่สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิได้เพราะว่าชุดควบคุมถูกปรับตั้งค่ามาจากบริษัทผู้ผลิต สำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกนั้นสามารถปรับตั้งค่าได้และมีการแสดงอุณหภูมิผ่านหน้าจอแสดงผล นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมอุณหภูมิของระบบเครื่องฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถควบคุมได้ดีกว่าแบบขดลวดความร้อน สังเกตได้จากอุณหภูมิแต่ละชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและค่อนข้างคงที่กว่าแบบขดลวดความร้อนที่มีการแกว่งมากกว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีความสำคัญต่ออัตราการฟักไข่นั้น อุณหภูมิถือเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ซึ่งการฟักไข่เองตามธรรมชาตินั้นความร้อนที่ใช้ในการฟักไข่เป็นความร้อนที่ได้จากแม่ไก่ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ในตู้ฟักไข่ควรมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิการฟักไข่เองตามธรรมชาติของแม่ไก่ ทำให้มีความจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมและคงที่ตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการฟักไข่จากตู้ฟักไข่ได้ผลดี อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่แบ่งเป็นสองช่วง คือช่วงวันที่ 1-18 ของการฟักไข่อุณหภูมิอยู่ในช่วง 37-37.5°C และช่วงวันที่ 19-21

อยู่ในช่วง 36.1-37.2°C (สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน, 2541) เพราะถ้าอุณหภูมิในเครื่องฟักไข่มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ มีผลทำให้การฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ไม่ดีเท่าที่ควรหรืออาจทำให้ลูกไก่ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้



รูปที่ 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กตริก



รูปที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและเทอร์โมอิเล็กตริก

การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นสัมพัทธ์พบว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกและตู้ขดลวดความร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นประมาณ 76% จากนั้นความชื้นของตู้ฟักไข่ทั้งสองชนิดเริ่มแตกต่างกันโดยที่ตู้ฟักไข่เทอร์โมอิเล็กตริกความชื้นสม่ำเสมออยู่ในช่วง 75-80% ตามมาตรฐานปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการฟักที่ 65-80% (สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน, 2541) แต่ตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกและสูงกว่ามาตรฐานปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการฟักไข่ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 85% ดังแสดงในรูปที่ 2 ความชื้นในตู้ฟักไข่เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญกับอัตราการฟักไข่ เนื่องจากในขณะที่มีการฟักไข่นั้นมีการสูญเสียความชื้นออกจากฟองไข่ตลอดเวลา โดยภายในตู้ฟักไข่ควรมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 65-80% สำหรับอุปกรณ์ระบายอากาศภายในตู้ฟักไข่ได้แก่พัดลมและช่องระบายอากาศอย่างไรก็ตาม ตู้ฟักไข่ขนาดเล็กมีการระบายอากาศได้ไม่มาก พัดลมระบาย

อากาศส่วนใหญ่เป็นพัดลมอันเดียวกันกับพัดลมหมุนเวียนอากาศร้อนภายในตู้ฟักไข่ ซึ่งการระบายอากาศภายในตู้ฟักไข่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของช่องระบายอากาศ เพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอกับความต้องการและเพื่อลดระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ให้ต่ำกว่าระดับที่ทำให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน (สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน, 2541) ดังนั้นถ้าในเครื่องฟักไข่มีการติดตั้งพัดลมและมีการระบายอากาศที่ดีส่งผลให้มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนที่เหมาะสมเพื่อสามารถทำให้ลูกไก่ฟักออกเป็นตัวได้อย่างปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าประมาณความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ โดยเมื่อตู้ฟักไข่สามารถคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการฟักไข่คือ 36-38°C ส่งผลให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการฟักไข่เช่นเดียวกัน

การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของตู้ฟักไข่ทั้งสองชนิดแสดงในรูปที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนสูงกว่าแบบเทอร์โมอิเล็กตริกตลอด 24 ชั่วโมง โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีค่าเท่ากับ 0.120 และ 0.056 kW*h ตามลำดับ หรือปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนสูงกว่าประมาณ 2.14 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริก นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้ฟักไข่เทอร์โมอิเล็กตริกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากมีการควบคุมอุณหภูมิที่แม่นยำและอุณหภูมิไม่มีการแกว่งมากนักเมื่อเทียบกับตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนซึ่งสอดคล้องกับผลการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ (รูปที่ 2) แต่อย่างไรก็ตามช่วงชั่วโมงที่ 13-24 ของตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องจากเป็นการทำงานในช่วงของกลางคืนที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าตอนกลางวัน ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นในการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต้องการคือ 36-38°C

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันพบว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีการใช้พลังงานไฟฟ้า (1.34 kW*h/day) น้อยกว่าแบบขดลวดความร้อน (2.88 kW*h/day) ประมาณ 53.5% และเมื่อมีการคำนวณต่อ 1 รอบการฟักไข่คือ 21 วัน พบว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบขดลวดความร้อนถึง 32.26 หน่วย หรือ 2.14 เท่า และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าแล้วพบว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 103.2 บาทต่อการฟักไข่หนึ่งรอบ หรือมีค่าใช้จ่ายลดลงคิดเป็น 53.4% ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายต่อ 1 รอบการฟักไข่ (21วัน) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของตู้ฟักไข่ทั้งสองชนิด

ตู้ฟักไข่	พลังงานไฟฟ้า (kW*h/day)	1 รอบการฟักไข่ (21 วัน)		EER
		ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
แบบขดลวดความร้อน	2.88	60.58	193.86	0.16
แบบเทอร์โมอิเล็กตริก	1.34	28.22	90.30	0.22

1 หน่วย = 1kW•h, อัตราค่าไฟ 3.2 บาท/หน่วย

การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) หาได้จากสมการ $EER = Q / P_{in}$ โดย $Q = mC_p\Delta T$ เมื่อ P_{in} คือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตู้ฟักไข่ Q คือปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น m คืออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในตู้ฟักไข่ C_p คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (1.005 kJ/kg*K) T_{in}และ T_{out} คืออุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกของอากาศ ตามลำดับ ผลการคำนวณค่า EER ของตู้ฟักไข่ทั้ง 2 ชนิด แสดงในตารางที่ 2 ค่า EER ของตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริก (0.22) มีค่ามากกว่าแบบขดลวดความร้อน (0.16) ประมาณ 1.4 เท่า หรือ 37.5% แสดงว่าประสิทธิภาพการทำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกนั้นสูงกว่าขดลวดความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีและคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กตริกที่สามารถใช้เป็นปั๊มความร้อนได้ (พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ, 2546; Cengel & Turner, 2005) เป็นผลให้ประสิทธิภาพการทำความร้อนสูงกว่าแบบขดลวด โดยการทำความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่เท่ากันนั้นขดลวดความร้อนใช้พลังงานในการทำความร้อนมากกว่าเทอร์โมอิเล็กตริก

4. บทสรุป

ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถทำงานได้ด้วยไฟฟ้ากระแสตรงที่ 12 V และ 5 A มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในช่วงที่เหมาะสมกับการฟักไข่มากกว่าตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อน นอกจากนี้ตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.056 kW*h หรือ1.39 kW*h/day น้อยกว่าตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนประมาณ 2.14 เท่า และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าแล้วพบว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 103.2 บาท ต่อการฟักไข่หนึ่งรอบ หรือมีค่าใช้จ่ายลดลงคิดเป็น 53.4% เมื่อพิจารณาทางด้านประสิทธิภาพการทำความร้อนพบว่า ค่า EER ของตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกมีค่ามากกว่าแบบขดลวดความร้อนประมาณ 1.4 เท่า ดังนั้นจากผลการทดลองด้านการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและต้นทุนค่าใช้จ่ายในการฟักไข่หนึ่งรอบ รวมถึงการเปรียบเทียบอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน สามารถสรุปได้ว่าตู้ฟักไข่แบบเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถนำมาใช้ทดแทนตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อนได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนทุนวิจัย อุปกรณ์การทดลอง และอื่นๆ ตลอดงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ. (2546). *การพัฒนาเครื่องฟักไข่โดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริกในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น*.วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สงคราม บุตรดา และ สุนทร บุญตามทัน. (2541). เครื่องอำนวยความสะดวกในการเลี้ยงไก่. *รายงานการวิจัยวิชางานวิจัยและพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์*. (หน้า 7-14). กรุงเทพมหานคร: สถาบันราชภัฏพระนคร.

สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์. (2554). “เทอร์โมอิเล็กตริก” เทคโนโลยีแห่งวันวานที่ถูกจับตา. *Technology promotion*, *37*(214), 62-65.

สินเดิม ดีโต, นฤมล กูลศิริศรีตระกูล และ ธิดารัตน์ คงทน. (2550). *การศึกษาประสิทธิภาพของตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กตริกแบบท่อนำความร้อน*. ตาก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตตาก.

สุภาพร บางใบ, ปิยพงศ์ บางใบ, พิพัฒน์ ชนาเทพาพร, กิตติธัช แก้วไขแสง และประจวบ สมทางดี. (2551). *การทำการเกษตรแบบพอเพียงภายใต้การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรที่ยั่งยืนสู่ชุมชนท้องถิ่นของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์*. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

Cengel, Y.A., & Turner, R.H. (2005). *Fundamental of Thermal – Fluid Sciences*. (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.