

## การศึกษาพารามิเตอร์ของการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุสำหรับกระบวนการต่อเนื่อง Parametric Study of Radio Frequency Heating for Continuous Process

วิบูลย์ ช่างเรือ<sup>1,2\*</sup>, ธวัชชัย ธรรมชั้นแก้ว<sup>2,3</sup>, ณัฐวุฒิ เนียมสอน<sup>1,2</sup>, ณัฐวัฒน์ หมั่นมาณี<sup>2,3</sup>, ณัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ<sup>2,3</sup>, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง<sup>2,3</sup>

Viboon Changrue<sup>1,2\*</sup>, Thawatchai Thamkunkeaw<sup>2,3</sup>, Natawut Neamsorn<sup>1,2</sup>, Nadthawat Muenmanee<sup>2,3</sup>,  
Nattasak Krittigamas<sup>2,3</sup>, Yauwaluck Janbang<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 50200

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai, 50200, Thailand

<sup>2</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 10400

<sup>2</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok, 10400, Thailand

<sup>3</sup>ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 50200

<sup>3</sup>Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-53-944-146, Fax: +66-53-944-145, E-mail: [natawut.neamsorn@cmu.ac.th](mailto:natawut.neamsorn@cmu.ac.th)

### บทคัดย่อ

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 27 MHz ซึ่งเป็นย่านความถี่คลื่นวิทยุถูกนำมาใช้ในการให้ความร้อนกับผลผลิตเกษตรและอาหาร การให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุที่ให้ผลดีวัสดุควรจะมีสัมผัสแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งขั้วบวกและลบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถทำงานในรูปแบบต่อเนื่องได้ เพราะการทำงานแบบต่อเนื่องวัสดุจะมีการเคลื่อนที่ของวัสดุผ่านแผ่นขั้วไฟฟ้า งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนต่อวัสดุด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ย่านความถี่คลื่นวิทยุ โดยข้าวเปลือกความชื้น 14.2 % (w.b.) ถูกนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษา ปัจจัยในการศึกษาคือกำลังไฟฟ้า 1 kW 2 kW และ 3 kW และระยะห่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า 0 5 10 และ 15 mm. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิถูกบันทึกตลอดการทดลองจนอุณหภูมิข้าวเปลือกถึง 60°C ผลการศึกษาพบว่า กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้นมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาลดลง ระยะห่างไม่เกิน 5 mm. สามารถใช้ได้กับทุกระดับของกำลังไฟฟ้า และพบว่าการระเหยของน้ำทุกตัวอย่างของการศึกษา

คำสำคัญ: คลื่นวิทยุ, การให้ความร้อน, ข้าวเปลือก

### Abstract

The 27 MHz frequency of electromagnetic classified as “Radio Wave” has been used to heat agricultural products and foods. The best condition of radio frequency heating requires the contact between electrode plates which is the limitation of continuous process. In the continuous process the materials need to convey through the electrode plate. This study aims to study the effects of some factors on radio frequency heating. Paddy was used as the study samples. The studied factors consist of electricity power (1 kW, 2 kW and 3 kW) gap between material and electrode (0, 5, 10 and 15 mm.). The changing of temperature was recorded along the experiments until the temperature of paddy reached 60°C. The results revealed that higher power tended to consume shorter time. The 5 mm. gap between material and electrode was able to apply for all conditions. Some evaporation was found in all study cases.

Keywords: Radio wave, Heating, Paddy, Rice

## 1 บทนำ

การให้ความร้อนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าหรือแก๊ส คือความร้อนจะเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งหมดของปริมาตรของวัสดุ (Volumetric heating) นอกจากนี้ ความร้อนเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งปริมาตรยังเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในการให้ความร้อนผลผลิตเกษตรและอาหารคือ ช่วงคลื่นความถี่ไมโครเวฟ (300 MHz ถึง 300 GHz) และช่วงคลื่นความถี่คลื่นวิทยุ (100 MHz ถึง 300 MHz) การใช้ความถี่ไมโครเวฟ มีตัวอย่างให้เห็นถึงความนิยมใช้ เพราะการอุ่นอาหารด้วยไมโครเวฟ พบเห็นได้ตามครัวเรือนทั่วไป ถึงแม้ว่าความถี่ย่านคลื่นวิทยุยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก แต่ข้อดีของคลื่นวิทยุเมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ไมโครเวฟคือ คุณสมบัติของความยาวคลื่นที่ยาวกว่าทำให้สามารถผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ลึกมากกว่า มีรายงานการศึกษาของการใช้คลื่นวิทยุเพื่อควบคุมและกำจัดแมลงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี von Hörsten (2007) รายงานว่า การกำจัดด้วงงวงข้าวเปรียบเทียบกับการใช้ตู้อบลมร้อน พบว่า การใช้คลื่นความถี่วิทยุสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยได้ดีกว่าการใช้ตู้อบลมร้อนโดยการใช้คลื่นความถี่วิทยุใช้ระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและระยะเวลาที่สั้นกว่า นอกจากนี้ Wang *et al.* (2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุม Codling moth ที่ติดมากับเปลือกด้านในของเมล็ดวอลนัท พบว่าที่อุณหภูมิ 53°C สามารถกำจัด Codling moth ได้โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเปลือกด้านในและเมล็ดวอลนัท

ศักยภาพของคลื่นความถี่วิทยุสำหรับผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยนำมาประยุกต์ใช้กำจัดแมลงหลายชนิด โดยใช้เครื่องสร้างคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz เช่น Janhang *et al.*, (2005) ได้ศึกษาเบื้องต้นถึงการใช้คลื่นความถี่วิทยุในการกำจัดมอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica*) ในเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 75°C นาน 3 นาทีสามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้ผลอย่างดียิ่ง นอกจากนี้ วรรณิการ์ (2552) ทดสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz ในการควบคุมมอดแป้งในอาหารสัตว์ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลานานกว่า 1 นาที สามารถกำจัดมอดแป้งทุกระยะการเจริญเติบโตให้ตายอย่างสมบูรณ์

งานศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพการใช้คลื่นวิทยุทดแทนสารเคมี แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของกลไกในการทำให้เกิดคลื่นวิทยุ ที่ต้องสร้างเงื่อนไขให้เส้นแรงไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด (Electrode) หลักการทำงานของเครื่องสร้างคลื่นวิทยุเพื่อการให้กัปร้อนกับวัสดุ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 อย่างคือ อุปกรณ์การเพิ่มความถี่ของไฟฟ้ากระแสจาก 50 Hz เป็น 27.12 MHz และอุปกรณ์การเพิ่มกำลังไฟฟ้าจาก 220 V เป็น 8 kV (Figure 1) โดยที่วัสดุที่ต้องการให้ความร้อนจะต้องอยู่ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดนั้น (Figure 1) และถ้าในกรณีที่

กระบวนการทำงานแบบต่อเนื่องจะมีช่องว่างระหว่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กโทรด (Figure 2) ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการให้ความร้อนลดลง การประยุกต์ใช้การให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุเพื่อให้มีความสะดวกในการปฏิบัติงาน การมีระยะห่างระหว่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กโทรดเพื่อทำให้เกิดการทำงานอย่างต่อเนื่อง จะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานอย่างมาก นอกจากผลของช่องว่างจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานแล้ว กำลังของไฟฟ้าที่ใช้ก็มีความสำคัญ ดังนั้นในงานศึกษานี้จึงได้ทำศึกษา ผลของพารามิเตอร์ที่ประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กโทรด และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุว่ามีผลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของวัสดุอย่างไร

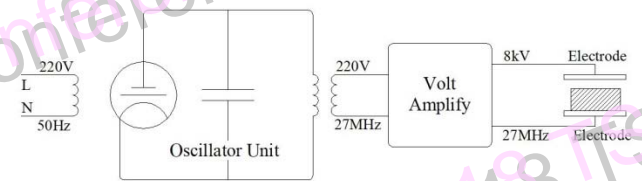


Figure 1 โดอะแกรมการสร้างคลื่นวิทยุ

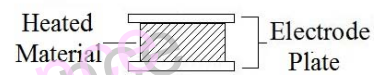


Figure 2 ตำแหน่งวัสดุและแผ่นอิเล็กโทรด

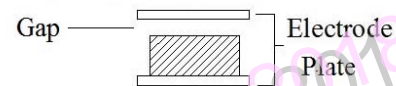


Figure 3 ช่องว่างระหว่างวัสดุและแผ่นอิเล็กโทรด

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 อุปกรณ์

ชุดให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุความถี่ 27.12 MHz ที่สามารถปรับระยะของแผ่นอิเล็กโทรดได้ (Figure 4) และกำลังไฟฟ้าได้ พร้อมมีอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบไฟเบอร์ออปติก เพื่อวัดอุณหภูมิในสภาวะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้



Figure 4 แผ่นอิเล็กทริกที่สามารถปรับระยะได้

## 2.2 การเตรียมวัสดุ

ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัสดุในการทดสอบ โดยข้าวเปลือกมีความชื้น 14.2 % (w.b.) เท่ากันทุกการทดสอบ

## 2.3 วิธีการ

ทำการทดสอบให้ความร้อนกับข้าวเปลือก 14.2 % (w.b.) ดังกล่าวข้างต้น ด้วยคลื่นวิทยุที่ปรับกำลังไฟฟ้าที่ข้าวเปลือกได้รับ 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 kW และควบคุมระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กทริกกับวัสดุ (Figure 3) โดยมีระยะเริ่มต้นจาก 0 mm. เพิ่มขึ้นทีละ 5 mm. จนถึง 15 mm. การวัดผลทำโดยตรวจวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยเริ่มจาก 25°C และจับเวลาของการเพิ่มอุณหภูมิทุก ๆ 5°C จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60°C ทำการบันทึกผลและเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ

## 3 ผลและวิจารณ์

ในการทดสอบเพื่อต้องการหาขีดจำกัดในการตั้งระยะห่างระหว่างวัสดุและแผ่นอิเล็กทริก จากผลการทดลองในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า กำลังที่เพิ่มขึ้น 1 kW 2 kW และ 3 kW ใช้เวลาที่มากที่สุดที่จะทำให้อุณหภูมิข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นถึง 60°C เท่ากับ 90 130 และ 325 s ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระยะห่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กทริก พบว่าการระยะที่เพิ่มขึ้นก็มีแนวโน้มที่จะทำให้ใช้เวลาที่มากขึ้น ในกรณีของการใช้กำลัง 1kW ใช้เวลาเพิ่มจาก 140 s เป็น 325 s เมื่อเพิ่มช่องว่างจาก 0 mm. เป็น 15 mm. โดยที่การใช้เวลาที่เพิ่มขึ้นของการเพิ่มระยะจาก 0 - 10 mm. อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มระยะเป็น 15 mm. จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (Figure 6) จึงเป็นข้อสังเกตได้ว่า ถ้ามีการใช้งานการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุกำลัง 1 kW ไม่ควรให้ระยะห่างระหว่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กทริกเกิน 10 mm.

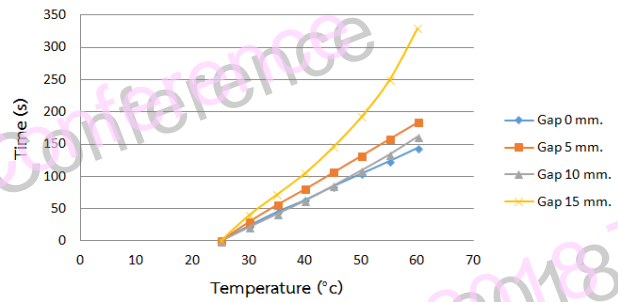


Figure 6 Temperature changing for power 1 kW

สำหรับกรณีของการใช้กำลัง 2 kW การมีระยะห่างไม่เกิน 5 mm. น่าจะมีความเหมาะสมกว่า 10 และ 15 mm. เพราะช่วงของการใช้เวลาเมื่อมีการเพิ่มระยะจาก 5 เป็น 10 mm. มีการใช้เวลาเพิ่มขึ้น 37.5 % คือจาก ประมาณ 80 s เป็น 110 s

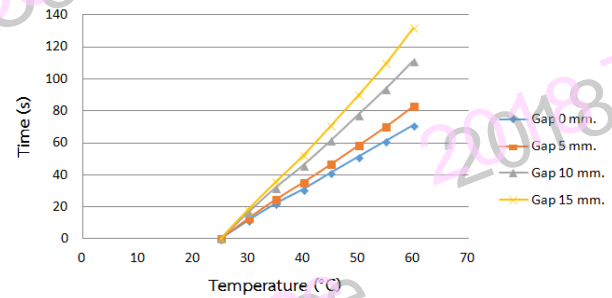


Figure 7 Temperature changing for power 2 kW

เมื่อมีการเพิ่มการใช้กำลังเป็น 3 kW ให้ผลในทำนองเดียวกับการใช้กำลัง 1 kW กล่าวคือ ระยะ 0 ถึง 10 mm. มีการใช้เวลาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 60°C อยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อปรับระยะเป็น 15 mm. จะมีการใช้เวลาเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

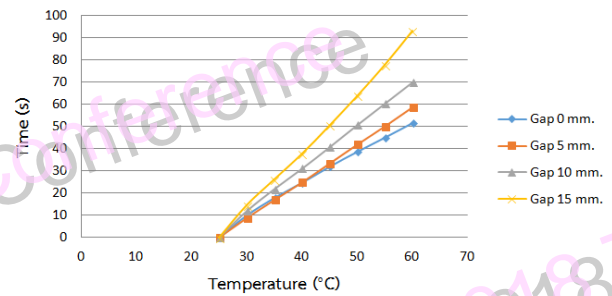


Figure 8 Temperature changing for power 3 kW

มีข้อสังเกตอย่างหนึ่งในทุกการทดสอบ คือจะพบว่ามีการระเหยของน้ำจากข้าวเปลือกถึงแม้จะมีความชื้นเพียง 14.2 % (w.b.) ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุ เพื่อวัตถุประสงค์ของการกำจัดแมลง ในการออกแบบระบบจะต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่สูญเสีย เนื่องจากน้ำ หรืออาจต้องมีการออกแบบภาชนะในการบรรจุข้าวเปลือกให้เหมาะสมเพื่อให้มีการรักษาน้ำหนักไว้

#### 4 สรุป

การออกแบบระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุที่มีการทำงานแบบต่อเนื่อง สำหรับการใช้กำลัง 1-3 kW ระยะห่างระหว่างวัสดุกับแผ่นอิเล็กโทรดไม่เกิน 5 mm. สามารถใช้ได้กับทุกช่วงกำลังไฟฟ้า และมีข้อสังเกตเรื่องการระเหยของน้ำ ควรมีการออกแบบภาชนะหรือการจัดการที่จะไม่ทำให้ข้าวเปลือกต้องสูญเสียน้ำหนัก

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนทุนวิจัยและประสานงาน

#### 6 เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ บัวลอย. (2552) การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) ในอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Janhang, P., Krittigamas, N., Lücke, W., Vearasilp, S., 2005. Using radio frequency heat treatment to control the insect *Rhyzopertha dominica* (F.) during storage in rice seed (*Oryza sativa* L.). Conference on International Agricultural Research for Development. October 11-13, 2005.

Slaughter, D.C. 1955. Nondestructive determination of internal quality in peaches and nectarines. *Trans. ASAE* 38(2) : 617-623

Von Hörsten, D., 2007. The Control of Rice Weevil by Radio Frequency. DAAD Workshop "Thermal methods for quality assurance in postharvest technology" Chiang Mai (Thailand) 25thFeb. - 4th Mar. 2007

Wang, S., Ikediala, J.N., Tang, J., Hansen, J.D., Mitchem, E., Mao, R. and Swanson, B. 2001. Radio frequency treatments to control codling moth in in-shell walnuts. *Postharvest Biol. Tec.* 22, 29-38