

การยับยั้ง *Salmonella* Typhimurium และ *Escherichia coli* ในพริกป่น  
ด้วยเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ

Inactivation of *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* in Chili Powder  
using Radio Frequency Technology

ชนิกา เพ็งสกุล<sup>1</sup>, ปาจารย์ คงวิเศษ<sup>1</sup>, นลินี ดวงฟู<sup>1</sup>, ธวานีย์ พิเชษฐเกียรติกุล<sup>1</sup>, ปุณขริกา รัตนตรัยวงศ์  
และ อรอินท์ ประไชโย<sup>1\*</sup>

Chanika Pensalud<sup>1</sup>, Pajaree Kongwiset<sup>1</sup>, Nalinee Duangfu<sup>1</sup>, Thaneer Pichedkiadtikun<sup>1</sup>,  
Puntarika Rattanatriwong<sup>1</sup> and Orn-In Prachaiyo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>99 หมู่ 9 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>99 Moo 9 Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environments, Naresuan University, Phitsanulok 65000

\*Corresponding author: orn-inp@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาระสิทธิภาพในการยับยั้ง *Salmonella* Typhimurium และ *Escherichia coli* ในพริกป่น โดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Technology, RF) ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ระดับพลังงาน (200 และ 300 วัตต์) และอุณหภูมิ (55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส) และทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นต่อปริมาณการรอดชีวิตของเชื้อทั้งสองชนิด สี ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์ใช้ RF ที่ระดับพลังงาน 200 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที สามารถลดปริมาณ *S. Typhimurium* และ *E. coli* ได้ 5.30 และ 5.24 log ตามลำดับโดยไม่ส่งผลต่อค่า  $a_w$  แต่ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากร้อยละ  $22.49 \pm 0.60$  เหลือ  $17.16 \pm 0.28$  โดยพริกป่นมีสีที่เข้มขึ้นและค่า  $L^*$  และ  $b^*$  มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำ RF มาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณเชื้อก่อโรคในพริกป่น เนื่องจาก RF สามารถลดปริมาณเชื้อก่อโรคได้มากกว่า 5 log ตามแนวทางที่กฎหมายกำหนดไว้

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ, การยับยั้ง, *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli*, พริกป่น

### ABSTRACT

This study investigated the inactivation efficacy against *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* in chili powder using Radio Frequency Technology (RF). The studied parameters included power level (200 and 300 watts) and temperature (55, 60 and 65 °C). The effects of RF against the pathogen survival, color, moisture content and water activity were also investigated. Results showed that the application of RF at 200 watts 65 °C for 2min can reduce *S. Typhimurium* and *E. coli* for 5.30 and 5.24 log respectively with no effect on  $a_w$  but moisture content was decreased from  $22.49 \pm 0.60\%$  to  $17.16 \pm 0.28 \%$  ( $p < 0.05$ ). In addition, the color of chili powder appeared to be darker which  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values was significantly

decreased. This finding indicated the possibility of applying RF technology for pathogen inactivation in chili powder since RF can reduce more than 5 log reductions of pathogens according to the legislation.

**Keywords:** Radio Frequency Technology, Inactivation, *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli*, chili powder

## บทนำ

พริกป่นเป็นวัตถุดิบเครื่องเทศที่นิยมนำมาใช้ เพื่อเป็นส่วนผสมในอาหารตามครัวเรือน หรือร้านอาหาร ใช้เป็นวัตถุดิบที่ให้รสชาติที่เผ็ดร้อน ทำให้อาหารมีรสชาติมากยิ่งขึ้น แต่ปัจจุบันมักพบปัญหาเรื่องของคุณภาพ มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ และพบสารอะฟลาทอกซินมากับพริกป่น เนื่องจากกระบวนการผลิต และเพาะปลูก ไม่ว่าจะมาจากน้ำหรือดินที่ใช้ในการเพาะปลูกอาจเป็นสาเหตุทำให้มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากับพริกได้

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนในพริกป่น โดยทำการเก็บตัวอย่างพริกป่นจากตลาดบางเขน 37 ตัวอย่าง และพริกแห้ง 27 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกป่น (มอก. 457-2526) ผลการสำรวจพบว่าพบว่ามีพริกป่นเพียง 6 ตัวอย่างเท่านั้นที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ในขณะที่อีก 31 ตัวอย่าง มี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน  $5.0 \times 10^5$  โคโลนีต่อกรัม และพริกแห้งมีเพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้นที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน นอกจากนี้ในปี 2010 ประเทศสหรัฐอเมริกา มีรายงานผู้ป่วยจำนวน 272 รายใน 44 รัฐ รับประทานซาลาที่มีส่วนผสมของพริกไทยดำและ พริกป่นที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. (Centers for Disease Control and Prevention, 2010) ดังนั้นในกระบวนการผลิตพริกป่นจึงควรมีขั้นตอนยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีประสิทธิภาพ การทำแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับ แต่ความร้อนที่สูงเกินไปอาจส่งผลในด้านลบต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น สี ความชื้น

เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารและผลผลิตทางการเกษตรในหลายรูปแบบเช่น ลดความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง (Vearaslip et al., 2011) ควบคุมแมลงศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตร เช่น การกำจัดมอดในข้าว ควบคุมการเจริญของเชื้อราในข้าวบาร์เลย์ (Verasilp et al., 2005) เนื่องจากเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุสามารถก่อให้เกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็วและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในตัวอย่างอาหารได้ จึงสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพระยะเวลาอันสั้น (Birla et al., 2004) จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency; RF) มายับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพริกป่นโดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพโดยรวม

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค *S. Typhimurium* และ *E. coli* ในพริกป่นโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (RF) โดยจะทำการศึกษาความสามารถในการทนความร้อนของ *S. Typhimurium* และ *E. coli* เพื่อเป็นข้อมูลในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพที่เกิดขึ้นกับพริกป่นภายหลังการใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (RF)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. เตรียมเชื้อเริ่มต้น

นำเชื้อบริสุทธิ์ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปทุมธานี) มาเลี้ยงในอาหารเหลว TSB (Trypticase soy broth) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 - 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Micro Centrifuge ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เทส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง จะได้ส่วนที่เป็นตะกอน ล้างตะกอนเชื้อด้วยสารละลายเปปไทน สาร

ละลายเปปโทน 0.1 % 3 ครั้ง เตรียมสารแขวนลอยเชื้อโดยการเจือจางในสารละลาย สารละลายเปปโทน 0.1 % ให้ได้ปริมาณเชื้อตั้งต้น  $10^7 - 10^8$  cfu/ml

## 2. ศึกษาความสามารถในการทนความร้อนของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. Coli* TISTR780

นำสารแขวนลอยเชื้อที่ได้จากจากข้อ 1 ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร บรรจุลงหลอดไมโครเซนติพิวนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง Select Heat Block Heater (Model SBD 110-2, Thailand) ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ทำการวัดปริมาณเชื้อที่เหลือรอดทุก 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที โดยเทคนิค Spread plate ลงบนอาหารเฉพาะ โดยใช้อาหาร Bismuth sulfite agar สำหรับ *S. Typhimurium* และ Eosin Methylene blue agar สำหรับ *E. coli* ตามลำดับ บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นทำการคำนวณค่า Decimal Reduction Time (D-value) โดยคำนวณจากความชันของกราฟระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอด ( $\log_{10}$  CFU/ml) และเวลา (นาที) โดยใช้ DMFit Toolbox อ้างอิงจากสมการของ Baranyi (Baranyi and Robert, 1995)

$$y(t) = y_0 + \mu_{\max} F(t) - \ln \left( 1 + \frac{e^{\mu_{\max} F(t)} - 1}{e^{(y_{\max} - y_0)}} \right)$$

เมื่อ  $F(t) = t + \frac{1}{\nu} \ln(e^{-\nu t} + e^{-h_0} - e^{-(\nu t - h_0)})$

$Y_{(t)}$  = ln CFU/g ของปริมาณเซลล์ที่เวลา t

$Y_0$  = ปริมาณเซลล์เริ่มต้น (ln CFU/g)

$Y_{\max}$  = ปริมาณเซลล์สูงสุด (ln CFU/g);

$\mu_{\max}$  = ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (maximum specific growth rate) ในหน่วยของ ln CFU/g

ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $r_{\max} \ln 10/h$

$\nu$  = อัตราการเพิ่มปริมาณของสารตั้งต้นจำเพาะ ซึ่งเทียบเท่ากับ  $\mu_{\max}$

$h_0 = \mu_{\max} \lambda$

## 3. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการแปรรูปพริกป่นด้วยเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ

ซึ่งพริกป่น ตราไร้ทิพย์ 25 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างพริกป่นไปบรรจุในถุง Polypropylene ขนาด 13×10 ซม. ปิดผนึกด้วยเครื่องซีลปิดผนึกสุญญากาศ (CPS-99, Thailand) แล้วผ่านเครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ (RF) ความถี่ 40.68 MHz (Fabix, Thailand) ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 200 และ 300 วัตต์ บันทึกลงอุณหภูมิทุก 5 นาที เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างพริกป่นที่ได้ วัดค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (HunterLab, Thailand) ความชื้น (SARTORIUS รุ่น MA 40 S/N 51101392, Thailand) ค่า water activity (NOVASINA รุ่น AW-CENTER 200 S/N 9604001, Thailand) นำมูลที่ได้ไปใช้ในการเลือกสถานะที่เหมาะสมโดยดูจากระยะเวลาที่เหมาะสม และลักษณะทางเคมีและกายภาพ

## 4. ศึกษาประสิทธิภาพของ Radio Frequency (RF) ในการการยับยั้ง *S. typhimurium* และ *E. coli* ในพริกป่น

ซึ่งพริกป่น ตราไร้ทิพย์ บรรจุ 25 กรัม ทำการปลูกถ่ายสารละลายผสมของ *E. coli* TISTR780 และ *S. Typhimurium* TISTR292 ลงในตัวอย่างพริกป่น เพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อตั้งต้น  $10^7 - 10^8$  cfu/g บรรจุแบบสุญญากาศ นำตัวอย่างไปผ่านเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม จากข้อ 2 และ 3 จัดบันทึกอุณหภูมิทุก 30 วินาที จนครบ 2 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนับปริมาณเชื้อที่เหลือรอด ความชื้น (SARTORIUS รุ่น MA 40 S/N 51101392, Thailand) ค่า water activity (NOVASINA รุ่น AW-CENTER 200 S/N 9604001, Thailand) ค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (HunterLab, Thailand)

ทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA (analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan (Duncan new multiple rang test)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. ความสามารถในการทนความร้อนของ *S. typhimurium* และ *E. coli*

ผลการศึกษาความสามารถในการทนความร้อนของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณเหลือรอดเชื้อในตัวอย่างพริกลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณเชื้อได้มากที่สุดและใช้เวลาสั้นที่สุด และค่า  $D_{65C}$  ของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 มีค่า เท่ากับ 1.58 และ 1.51 นาที ตามลำดับ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลดปริมาณเชื้อ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ให้ได้อย่างน้อย 5 log คือ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 15 นาที ตามลำดับ

#### 2. สภาพที่เหมาะสมในการแปรรูปพริกป่นด้วยเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (RF)

เมื่อนำตัวอย่างพริกป่นไปแปรรูปด้วย RF พบว่า ตัวอย่างพริกป่นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Fig1.) โดยที่ระดับกำลังไฟฟ้า 200 และ 300 วัตต์ ตัวอย่างพริกป่นใช้เวลา 5 และ 2 นาที ในการทำให้อุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่ กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ถึงแม้จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ยากต่อการควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกระดับกำลังไฟฟ้า 200 วัตต์มาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากสะดวกต่อการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการทดลอง

#### 3. ประสิทธิภาพของ RF ในการยับยั้ง *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ในพริกป่น

จากผลการทดลองหาปริมาณเชื้อเหลือรอดของ *S. Typhimurium* TISTR292 (Fig 3.) และ *E. coli* ในพริกป่น (Figure 4) เมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่า ที่เวลา 120 วินาที สามารถลดปริมาณเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้ 5.30 และ 5.24  $\log_{10}$  CFU/g จากเชื้อเริ่มต้น  $2.00 \times 10^5$  และ  $1.75 \times 10^5$  CFU/g ตามลำดับ และเป็นไปตามมาตรฐานกฎหมายฆ่าเชื้อก่อโรคระบุไว้ว่าต้องลดปริมาณเชื้อก่อโรคให้ได้ 5  $\log_{10}$  CFU/g ดังนั้นการให้ความร้อนด้วย RF สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 5  $\log_{10}$  CFU/g ตามกฎหมายกำหนด

จากการศึกษาประสิทธิภาพของ RF ต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในพริกป่น พบว่า การลดลงของเชื้อมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อตัวอย่างพริกป่นมีอุณหภูมิถึง 65 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อจะลดลงอย่างรวดเร็ว และสามารถลดจำนวน *S. typhimurium* TISTR292 ลงได้ถึง 5 log cycle ในระยะเวลา 2 นาที ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Veerasilp (2011) ที่ระบุว่า *S. Typhimurium* สามารถทนความร้อนสูงสุดได้ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เชื้อจึงลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว

และเมื่อพิจารณาผลของ RF ต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของตัวอย่างพริกป่น พบว่า RF ที่ระดับกำลัง ไฟฟ้า 200 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น, ค่า water activity และค่าสีของพริกป่น (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่าค่าความชื้นลดลงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่ค่า water activity ของทั้งสองตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากค่าความชื้นเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระ (free water) ในอาหาร ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะสามารถระเหยได้ ทำให้ค่าลดต่ำลง ส่วนค่า  $a_w$  เป็นค่าที่แสดงถึงน้ำที่จับอยู่กับโมเลกุลอาหาร (bound water) ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  พบว่าตัวอย่าง RF มีสีเข้มขึ้น โดยมีค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$

ลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากพริกป่นที่ผ่านการให้ความร้อนด้วย RF เมื่อได้รับความร้อน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีขึ้น ทำให้มีค่าสีของพริกป่นที่คล้ำขึ้นเล็กน้อย

### สรุปผลการทดลอง

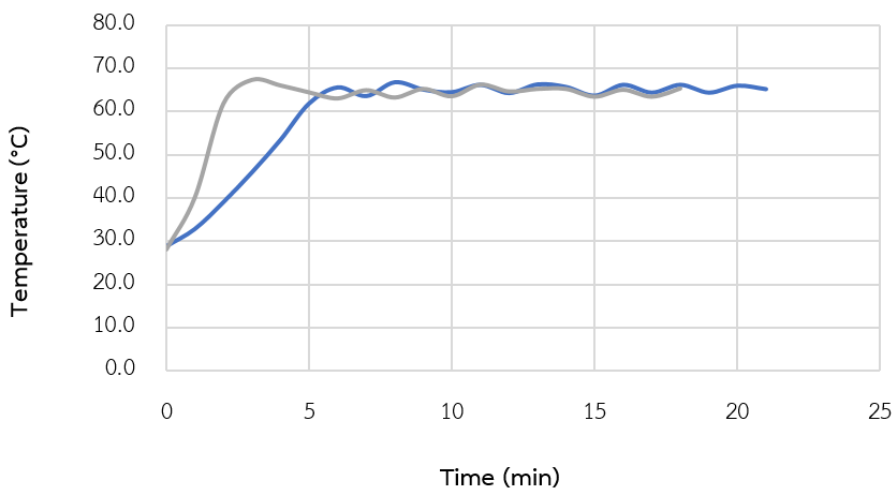
ผลการทดสอบความสามารถในการทนร้อนของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อทั้งสองชนิดมีค่า  $D_{65}$  เท่ากับ 1.581 และ 1.515 นาที ตามลำดับ และการแปรรูปด้วยเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency) ที่ความถี่ 40.68 MHz กำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที สามารถลดปริมาณ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ได้ 5.30 และ 5.24  $\log_{10}$  CFU/g ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 5  $\log_{10}$  CFU/ml โดยไม่ส่งผลต่อค่า water activity

### กิตติกรรมประกาศ

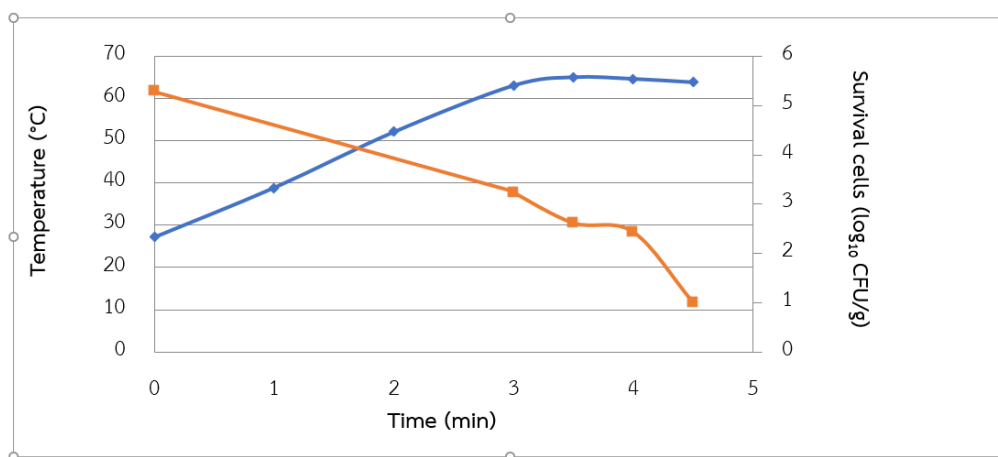
งานวิจัยชิ้นนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 108491 วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2560

### เอกสารอ้างอิง

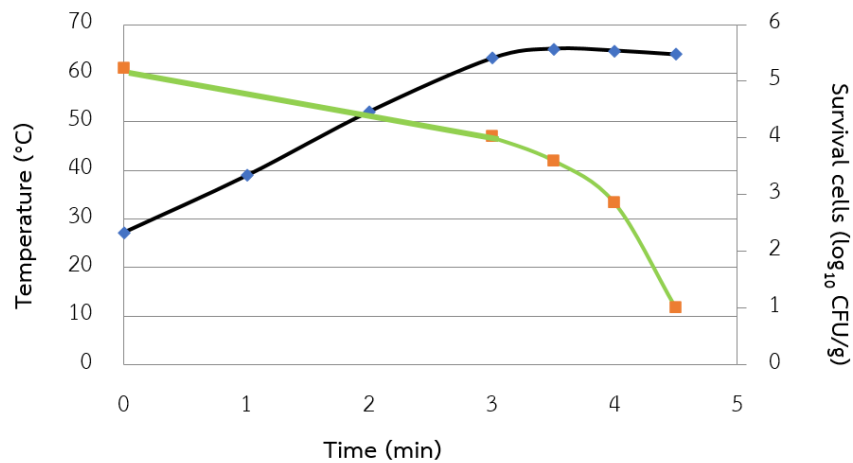
- Baranyi J, Roberts TA (1995). Mathematics of predictive food microbiology. *Int. J. Food Microbiol.* 26:199-218.
- Birla, S.L., S. Wang, J. Tang and G. Hallman. 2004. Improving heating uniformity of fresh fruit in radio frequency treatments for pest control. *Postharvest Biol. Technol.* 33:205-217.
- Doores. 2002. Microwave inactivation of pathogens V.K. Juneja, J.N. Sofos (Eds.), *Control of Foodborne Microorganisms*, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 105–164
- Janhang, P., N. Kritigamas, L. Wolfgang and S. Vearasilp. 2005. Using radio frequency heat treatment to control seed-borne *Trichoconis padwickii* in rice seed (*Oryza sativa* L.). *DeutcherTropentag*. 2005, Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- Seul-Gi Jeong and Dong-Hyun Kang. 2014. Influence of moisture content on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in powdered red and black pepper spices by radio-frequency heating,” *Journal of Food Microbiology*, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.01.011>
- Vearasilp, S. 2011. Applications of radio frequency heat treatments for controlling fungi contamination herb powder. *Agricultural Sci. J.* 42: 3 (Suppl.): 725-728.



**Figure 1** The temperature profile of chili powder during radio Frequency processing at 200 watts (blue line) and 300 watts (gray line at 65°C).



**Figure 2** The relationship between temperature (blue line) and survival cells (orange line) of *S. Typhimurium* TISTR290 in chili powder during Radio Frequency processing at 200 watts 65°C for 5 min.



**Figure 3** The relationship between temperature (black line) and survival cells (green line) of *E. coli* TISTR780 in chili powder during Radio Frequency processing at 200 watts 65°C for 5 min.



(a) RF 200 W



(b) control

**Figure 4** Chili powder after RF processing at 200 watts at 65 °C for 5 min (a) compared to Non-RF control sample (b).

**Table 1** Survival cells (CFU/ml) of *S. Typhimurium* TISTR292 and *E. coli* TISTR780 after heated at 55, 60 and 65 °C for 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 min.

Time (min)	Log CFU/ml					
	<i>S. Typhimurium</i> TISTR292			<i>E. coli</i> TISTR780		
	55 °C	60 °C	65 °C	55 °C	60 °C	65 °C
0	2.33x10 <sup>7</sup>	1.62x10 <sup>6</sup>	1.84x10 <sup>6</sup>	1.31x10 <sup>7</sup>	1.68x10 <sup>6</sup>	1.50x10 <sup>6</sup>
5	1.44x10 <sup>5</sup>	1.88x10 <sup>3</sup>	1.28x10 <sup>3</sup>	3.32x10 <sup>4</sup>	2.11x10 <sup>4</sup>	1.42x10 <sup>3</sup>
10	7.20x10 <sup>4</sup>	1.26x10 <sup>3</sup>	5.00x10 <sup>0</sup>	1.34x10 <sup>4</sup>	5.80x10 <sup>3</sup>	9.45x10 <sup>2</sup>
15	2.63x10 <sup>4</sup>	1.34x10 <sup>3</sup>	0	2.39x10 <sup>3</sup>	3.70x10 <sup>3</sup>	0
20	2.82x10 <sup>3</sup>	8.05x10 <sup>2</sup>	0	2.48x10 <sup>3</sup>	2.90x10 <sup>3</sup>	0
25	1.36x10 <sup>3</sup>	1.00x10 <sup>1</sup>	0	1.72x10 <sup>3</sup>	5.00x10 <sup>1</sup>	0
30	9.70x10 <sup>2</sup>	0	0	1.38x10 <sup>3</sup>	0	0

**Table 2** Moisture content (g/100g), Water activity, L\*, a\*, b\* and ΔE values of chili powder processed with RF at 200 watts at 65 °C.

Power (watts)	Moisture (%)	a <sub>w</sub>	L*	a*	b*	ΔE
control	22.49 ± 0.60 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.00 <sup>a</sup>	28.99±0.69 <sup>a</sup>	17.72±0.57 <sup>a</sup>	22.48±1.53 <sup>a</sup>	0
200	17.16 ± 0.28 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.00 <sup>a</sup>	25.60±0.99 <sup>b</sup>	16.54±0.27 <sup>b</sup>	17.16±1.09 <sup>b</sup>	6.41

\* Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's new multiple range test (DMRT) at the 95 percent level of significance.