

ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการยับยั้ง *Salmonella* Typhimurium
และ *Escherichia coli* ในถั้วเขียว

Efficacy of Radio Frequency Technology for inactivation of *Salmonella*
Typhimurium and *Escherichia coli* in Mung Beans (*Vignara diata*)

ปาจริย์ คงวิเศษ¹, ชนิกา เพ็งสกุล¹, นลินี ดวงฟู¹, ฐานีย์ พิเชษฐเกียรติกุล¹, ปุณทริกา รัตนตรัยวงศ์¹
และ อรอินท์ ประไชโย^{1*}

Pajaree Kongwiset¹, Chanika Pensalud¹, Nalinee Duangfu¹, Thanee Pichedkiadtikun¹,
Puntarika Rattanatriwong¹ and Orn-In Prachaiyo^{1*}

¹99 หมู่ 9 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

¹99 Moo 9 Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University
65000, Thailand

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

บทคัดย่อ

การบริโภคถั้วงอกสดจากถั้วเขียวเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย แต่ปัญหาที่พบบ่อยและส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคคือมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Salmonella* Typhimurium และ *Escherichia coli* ในถั้วงอกสดที่เพาะจากถั้วเขียว และในกระบวนการผลิตถั้วงอกสดไม่มีขั้นตอนใดที่สามารถลดปริมาณเชื้อก่อโรคเหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency; RF) ในการยับยั้ง *S. Typhimurium* และ *E. coli* ในถั้วเขียวก่อนมาทำการรอก ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ระดับพลังงาน (100 200 250 และ 300 วัตต์) อุณหภูมิ (55 60 และ 65 องศาเซลเซียส) และเวลา (5 10 15 20 25 และ 30 นาที) และทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นต่อปริมาณการรอดชีวิตของเชื้อทั้งสองชนิด สี ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และอัตราการรอก ผลการทดลองพบว่าการใช้ RF ที่ระดับพลังงาน 250 วัตต์ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที สามารถลดปริมาณ *S. Typhimurium* และ *E. coli* ได้ 5.37 และ 5.43 log ตามลำดับ โดยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ ความชื้น และค่าสี เพียงเล็กน้อย และไม่ส่งผลต่ออัตราการรอกของถั้วเขียวผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการนำ RF มาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณเชื้อก่อโรคในกระบวนการผลิตถั้วเขียวสำหรับการเพาะงอก

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

ABSTRACT

The consumption of fresh mung bean sprouts has become widely popular these days. However, the concerning and health-related issues are the contamination of pathogenic bacteria i.e. *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* in fresh sprouts from mung bean. Up to date, there is no effective pathogen reduction step in the sprouting process. This study has investigated the efficacy of Radio Frequency Technology (RF) in the inactivation of *S. Typhimurium* and *E. coli* in mung bean before sprouting.

The parameters were power level (100, 200, 250 and 300 watts), temperature (55, 60 and 65 °C) and time (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 min). The effects of RF against the pathogen survival, color, moisture content, and water activity and germination rate were also investigated. The results indicated that the RF application 250 watts 65 °C for 9 min reduced 5.37 log and 5.43 log of *S. Typhimurium* and *E. coli*, respectively. The physical change is only a matter of humidity and color and the germination rate. This indicated that there is a possibility in the application of RF technology for reduction of pathogenic bacteria in mung bean production for sprouted seeds.

Keywords: Mung bean, radio-frequency technology, inactivation, *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli*

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น จึงหันมาสนใจอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีฤทธิ์ในการส่งเสริมสุขภาพ งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่า ต้นกล้างอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าต้นปกติ ดังนั้นต้นกล้างอก (sprouts) จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยม และธุรกิจการผลิตต้นกล้างอกก็มีการขยายตัวเพิ่มสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ

แต่ปัญหาที่พบคือ การระบาดของของแบคทีเรียก่อโรคที่มีสาเหตุจากการบริโภคต้นกล้างอกที่เพิ่มสูงขึ้น มีรายงานการระบาดในหลายพื้นที่ทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร แคนาดา สวีเดน ฟินแลนด์ เดนมาร์ก ญี่ปุ่น และ เม็กซิโก ในปี 2011 มีการระบาดครั้งใหญ่ของ *E. coli* O104:H4 ในทวีปยุโรป มีผู้ติดเชื้อทั้งสิ้น 3,590 คน เสียชีวิต 59 คน (Buchholz et al., 2011) การระบาดส่วนใหญ่เกิดจากการปนเปื้อนของเมล็ดพันธุ์ที่นำมาเพาะงอกเป็น “green sprouts” ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานสด โดยไม่ผ่านความร้อน เช่น ใส่ในสลัดหรือแซนด์วิช เนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นแหล่งปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด เช่น *Salmonella* เซโรไทป์ต่างๆ (Stanley Newport Havana/Cubana และ Gold-coast) *E. coli* O157 และ *L. monocytogenes* (Beuchat, 1996; Jackson, 1998) การปนเปื้อนสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เนื่องจากแบคทีเรียก่อโรคเหล่านี้พบได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อม ดังนั้นในห่วงโซ่การผลิตต้นกล้างอก จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการฆ่าเชื้อเมล็ดพันธุ์ (Seed decontamination) เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียปนเปื้อนลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และไม่ส่งผลอัตราการงอก

การฆ่าเชื้อเมล็ดพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่แนะนำโดย USDA (1997) คือการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 20,000 ppm ซึ่งสามารถลด *Salmonella* spp. และ *E. coli* O157:H7 ลงได้เพียง 2 – 3 log แต่ไม่สามารถกำจัดเซลล์ที่มีชีวิตทั้งหมดได้ และการใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงอาจส่งผลต่ออัตราการงอกได้ (Beuchat, 1999) การทำแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับ แต่ความร้อนที่สูงเกินไปอาจส่งผลในด้านลบต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น สี ความชื้น และอัตราการงอกได้

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) มาใช้ในผลิตผลทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากสามารถทำให้วัตถุเกิดความร้อนขึ้นอย่างทั่วถึงในระยะเวลาสั้นและรวดเร็ว (Birla et al., 2004; Wang et al., 2002) ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการฆ่าเชื้อเมล็ดพันธุ์ (seed decontamination) โดยใช้นวัตกรรมการแปรรูปด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อกำจัด *Salmonella* และ *E. coli* ในเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการยับยั้งเชื้อก่อโรคทั้งสองชนิดในเมล็ดพันธุ์นี้ รวมถึงผลของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพทางเคมีและอัตราการงอก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาความสามารถในการทนความร้อนของ *S. Typhimurium* และ *E. coli*

ทำการเลี้ยงเชื้อ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปทุมธานี) บริสุทธิ์ ในอาหารเหลว Tryptic soy broth (TSB) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทำการปั่นเหวี่ยงที่สภาวะสุญญากาศและล้าง 3 ครั้ง ด้วย 0.1% buffered peptone water (BPW) ทำการเจือจางใน 0.1% BPW เพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อตั้งต้น 10^6 - 10^7 CFU/ml นำสารแขวนลอยเชื้อที่ได้ 1.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดไมโครเซนติพิว นำไปให้ความร้อนในเครื่อง select heat (Model, SBD 110-2, Thailand) ที่อุณหภูมิ 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 5 10 15 20 25 และ 30 นาที เมื่อครบเวลานำมาจุ่มในอ่างน้ำแข็งทันที จากนั้น ทำการนับปริมาณเชื้อเหลือรอดโดยใช้เทคนิค spread plate บนอาหารเฉพาะ บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการคำนวณหาค่า D-value เพื่อเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการยับยั้ง *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 สำหรับการให้ความร้อนด้วย RF

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency technology) ในการแปรรูปถั่วเขียว และผลต่อความเปลี่ยนแปลงทางเคมี ภายภาพ และอัตราการงอกของถั่วเขียว

นำถั่วเขียว 50 กรัม บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และปิดผนึกด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ แล้วนำไปผ่านเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ ที่ 40.68 MHz (Fabix, Thailand) ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 200, 250 และ 300 วัตต์ จดบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาทีเป็นเวลา 0 3 6 9 และ 12 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ทางเคมี (ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (water activity)) ทางกายภาพ (ค่าสี) อัตราการงอกของถั่วเขียว สร้างกราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาของทุกระดับกำลังไฟฟ้า และเลือกระดับกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อถั่วเขียว ที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และอัตราการงอกของถั่วเขียวได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

3. ศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency technology) ในการยับยั้ง *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ปนเปื้อนในถั่วเขียว และผลต่อความเปลี่ยนแปลงทางเคมี ภายภาพ และอัตราการงอกของถั่วเขียว

นำถั่วเขียว 50 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ทำการปลูกถ่ายสารละลายผสมของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ลงในตัวอย่างถั่วเขียว เพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อตั้งต้น 10^7 - 10^8 cfu/g แล้วนำไปบรรจุแบบสุญญากาศ นำตัวอย่างไปผ่านเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Febix, Thailand) ที่ระดับกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม จากข้อ 2 จดบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างมาเพื่อนับปริมาณเชื้อเหลือรอด และวิเคราะห์ทางเคมี (ความชื้น, ค่า water activity) ทางกายภาพ (ค่าสี L^* , a^* และ b^*) และอัตราการงอกของถั่วเขียว ที่เวลา 0 3 6 9 และ 12 นาที ทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาความสามารถในการทนความร้อนของ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 จะลดลงเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เชื้อทั้งสองชนิดยังคงเหลือรอดถึงแม้เวลาจะผ่านไป 30 นาที ในขณะที่ 60 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดเชื้อทั้งสองชนิดได้หมดในเวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดเชื้อทั้งสองชนิดได้หมด (1.84×10^6 log CFU/ml) ในเวลา 15 นาที ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองขั้นต่อไปคือ 65 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency technology) ในการยับยั้ง *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ปนเปื้อนในถั่วเขียว

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุในถั่วเขียว ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 250 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ลงได้ โดยการให้ความร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อ *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ลง 5.37 log reduction และ 5.43 log reduction ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 5 log reduction ตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด และไม่มีปริมาณเชื้อเหลือรอด

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency technology) ในการแปรรูปถั่วเขียว และผลต่อความเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และอัตราการงอกของถั่วเขียว

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการแปรรูปถั่วเขียว พบว่า ที่กำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ ใช้เวลาเฉลี่ย 10.5 นาที ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 65 องศาเซลเซียส ในขณะที่กำลังไฟฟ้า 250 วัตต์ และ 300 วัตต์ ใช้เวลาเฉลี่ย 7.5 นาที และ 4.5 นาที ตามลำดับ ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 65 องศาเซลเซียส ซึ่งกำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 65 องศาเซลเซียส สั้นที่สุด แต่พบว่าอุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว ยากต่อการควบคุม อุณหภูมิให้คงที่ที่ 65 องศาเซลเซียส ดังนั้นสภาวะอุณหภูมิและระดับกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในการแปรรูปถั่วเขียว คือ 250 วัตต์

จากการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ ของตัวอย่างถั่วเขียวเมื่อผ่านการแปรรูปด้วย RF ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 200, 250 และ 300 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าความชื้นและ ค่า water activity ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 2)

Table 3 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างถั่วเขียวเมื่อผ่านการแปรรูปด้วย RF ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 200, 250 และ 300 วัตต์ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนมีค่าสีเหลือง (b^*) ตัวอย่างที่ 200 วัตต์ มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุดคือที่ 200 วัตต์ (2.62) รองลงมาคือ 300 วัตต์ (2.55) และ 250 วัตต์ (2.44) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์อัตราการงอกของถั่วเขียว พบว่า เมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการแปรรูปด้วย RF ทุกตัวอย่าง มีอัตราการงอกร้อยละ 100 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency) ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของถั่วเขียว

สรุป

ผลการศึกษาที่ได้ พบว่า เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency technology) สามารถนำมาใช้ในการแปรรูปถั่วเขียวได้ โดยการใช้ RF มาระดับกำลัง 250 วัตต์ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที สามารถยับยั้ง *S. Typhimurium* TISTR292 และ *E. coli* TISTR780 ได้ 5.37 และ 5.43 log reduction ตามลำดับ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้น ค่า water activity และอัตราการงอก ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในถั่วเขียว เนื่องจากสามารถลดปริมาณเชื้อได้มากกว่า 5 log reduction

เอกสารอ้างอิง

- Buchholz, U., Bernard, H., Werber, D., Böhrmer, M.M., Renschmidt, C., Wilking, H., Deleré, Y., Heiden, M., Adlhoch, C., Dreesman, J., Ehlers, J., Ethelberg, S., Faber, M., Frank, C., Fricke, G., Greiner, M., Höhle, M., Ivarsson, S., Jark, U., Kirchner, M., Koch, J., Krause, G., Lubber, P., Rosner, B., Stark, K., and Kühne, M., 2011. German Outbreak of *Escherichia coli* O104:H4 Associated with Sprouts. The New England Journal of Medicine. 365:1763-1770.
- Frenzen, P.D., Buzby, J.C. and Roberts, T. 1999. An updated estimate of the economic costs of human illness due to foodborne salmonella in the United State. Proceeding of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, DC. 215-218.
- Kittikamed, N. 2005. The potential of radio frequency to apply to agricultural products. Journal of Graduate Studies and Research in Post-Harvest Technology. 4(4): 6-7.(in thai)
- Gao, M., Tang, J., Villa-Rojas, R., Wang, Y. and S. Wang. 2010. Pasteurization process development for controlling Salmonella in in-shell almonds using radio frequency energy. Journal of Food Engineering, 104(2011), 299–306.
- Li, R., Kou, X., Cheng, T., Zheng, A. and Wang., S. 2017. Verification of radio frequency pasteurization process for in-shell almonds. Journal of Food Engineering. 192:103-110.
- Steele, J.H. and Galton, M.M. 1967. Epidemiology of foodborne salmonellosis. Health Laboratory Science.4: 207-212.

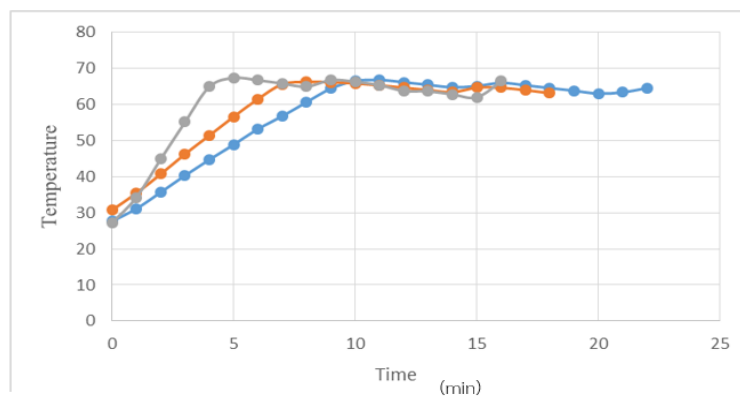


Figure 1 The temperature profile of mung bean during radio Frequency processing at 200 watts (blue dots), 250 watts (orange dots) and 300 watts (gray dots) at 65°C.

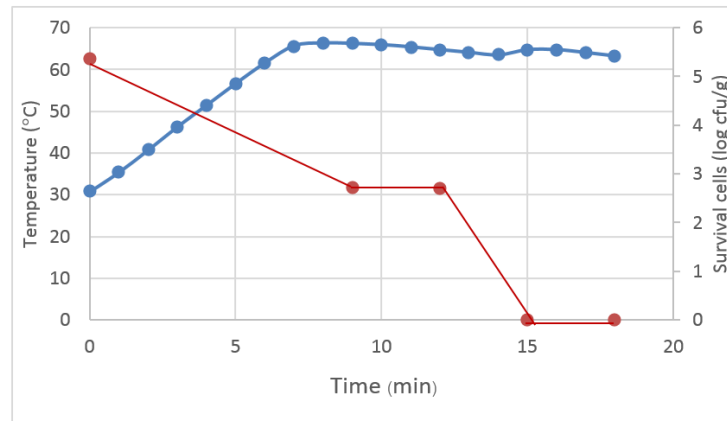


Figure 2 The relationship between temperature (blue line) and survival cells (red line) of *S. Typhimurium* TISTR290 in mung bean during Radio Frequency processing at 250 watts 65°C for 30 min.

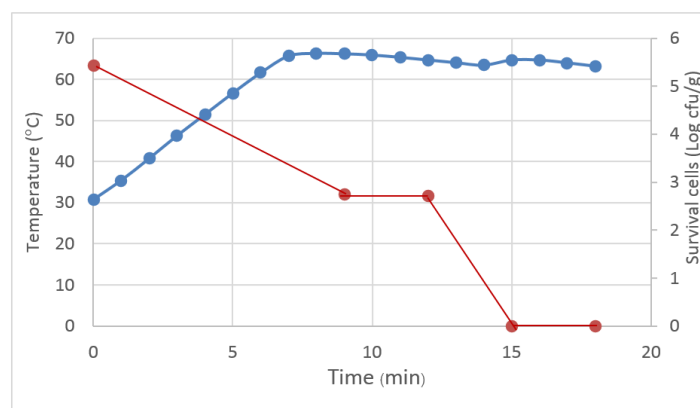


Figure 3 The relationship between temperature (blue line) and survival cells (red line) of *E. coli* TISTR780 in mung bean during Radio Frequency processing at 250 watts 65°C for 30 min.

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 ⁷	1.62x10 ⁶	1.84x10 ⁶	1.31x10 ⁷	1.68x10 ⁶	1.50x10 ⁶
5	1.44x10 ⁵	1.88x10 ³	1.28x10 ³	3.32x10 ⁴	2.11x10 ⁴	1.42x10 ³
10	7.20x10 ⁴	1.26x10 ³	5.00x10 ⁰	1.34x10 ⁴	5.80x10 ³	9.45x10 ²
15	2.63x10 ⁴	1.34x10 ³	0	2.39x10 ³	3.70x10 ³	0
20	2.82x10 ³	8.05x10 ²	0	2.48x10 ³	2.90x10 ³	0
25	1.36x10 ³	1.00x10 ¹	0	1.72x10 ³	5.00x10 ¹	0
30	9.70x10 ²	0	0	1.38x10 ³	0	0

Table 2 Moisture content (g/100g) and Water activity of mung bean processed with RF at 200, 250 and 300 watts at 65 °C.

Power (watts)	Moisture content (%)	Water activity
control	10.51 ± 0.20 ^a	0.42 ± 0.02 ^a
200	10.38 ± 0.17 ^a	0.41 ± 0.01 ^a
250	10.45 ± 0.18 ^a	0.39 ± 0.01 ^a
300	10.60 ± 0.18 ^a	0.39 ± 0.01 ^a

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

Table 3 L*, a* and b* value of mung bean processed with RF at 200, 250 and 300 watts at 65 °C.

Power (Watts)	L*	a*	b*	ΔE
control	33.90 ± 0.77 ^a	0.89 ± 0.09 ^a	18.14 ± 0.47 ^{ab}	0
200	31.76 ± 0.56 ^b	0.53 ± 0.34 ^a	17.64 ± 0.81 ^b	2.62
250	32.06 ± 0.28 ^b	0.46 ± 0.76 ^a	19.69 ± 1.86 ^a	2.44
300	31.80 ± 0.95 ^b	0.31 ± 0.17 ^a	19.46 ± 0.47 ^a	2.55

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