*http://journal.rmutp.ac.th/*

# การผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

วรรณวิมล พุ่มโพธิ์[1] วิษณุวัฒน์ คนงาม[2] สุริยา หล้าบัววงค์[2] ภานุวัฒน์ อาวาส[2] และ ภูมิใจ สอาดโฉม[2]*

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[1, 2] 41/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

*รับบทความ 17 เมษายน 2563 แก้ไขบทความ 11 กรกฎาคม 2563 ตอบรับบทความ 15 กันยายน 2563*

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล และหาปริมาณไฟฟ้าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง รวมทั้งหาสมบัติทางกายภาพด้านสี ความนุ่ม ปริมาณผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง โดยใช้รังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ อบไก่หมักมีมวลเริ่มต้นประมาณ 1,650 กรัม จนไก่อบมีมวลสุดท้ายต่ำกว่า 1,220 กรัม จากผลการทดลอง พบว่า การผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงใช้ปริมาณไฟฟ้าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,400 วัตต์ มีความสว่าง (ค่า L) มากกว่า แต่มีสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่าส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) อย่างไรก็ตาม ความสว่าง (ค่า L) สีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,200 วัตต์ ไม่มีความแตกต่างกับค่าความสว่าง (ค่า L) สีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 และ 1,400 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แรงเฉือนและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่งมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับรังสีอินฟราเรดไกลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับรังสีอินฟราเรดไกล (1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์) ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

**คำสำคัญ :** ไก่อบ; เตาอบโอ่ง; รังสีอินฟราเรดไกล

***ผู้นิพนธ์ประสานงานโทร: +668 1727 5771, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: poomjai.s@gmail.com***

*http://journal.rmutp.ac.th/*

# Production of Roasted Chicken in Jar Using Heat Transfers from Far-infrared Ray

Wanvimon Pumpho[1] Visanuwat Khon-ngam[2] Suriya Labuawong[2]
Panuwat Arwat[2] and Poomjai Sa-adchom[2]*

[1] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna
[2] Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
[1, 2] 41/1 Paholayothin Road, Mai Ngam, Muang, Tak, 63000

*Received 17 April 2020; Revised 11 July 2020; Accepted 15 September 2020*

## Abstract

The objectives of this research were to construct a jar oven for the production of roasted chicken using heat from far-infrared radiation and to find the amount of electricity and specific energy consumption used in the production of roasted chicken. The physical properties in terms of color, softness, cooking yield, and water holding capacity of roasted chicken were also investigated. By using far-infrared radiation at electrical power levels of 1,000, 1,200 and 1,400 watts to roast marinated chicken, which had an initial mass of about 1,650 grams until the mass of the roasted chicken had a lower than 1,220 grams. From the experimental results, it was found that the production of roasted chicken at far-infrared radiation with a high electrical power level requires significantly less electricity and specific energy consumption than that with low electrical power level ($P \leq 0.05$). Roasted chicken breasts with far-infrared radiation at 1,400 watts had significantly higher lightness (L value) but lower redness (a value) and yellowness (b value) than those of 1,000 watts ($P \leq 0.05$). However, lightness (L value), yellowness (b value), and redness (a value) of the roasted chicken breast with far-infrared radiation at 1,200 watts were not significantly different from those at 1,000 and 1,400 watts ($P > 0.05$). The shear force and water holding capacity of roasted chicken were significantly increased when the electrical power levels of far-infrared radiation increased ($P \leq 0.05$). Moreover, the electrical power levels of far-infrared radiation (1,000 1,200 and 1,400 watts) did not significantly affect the cooking yield of roasted chicken ($P > 0.05$).

**Keywords :** Roasted Chicken, Jar Oven, Far-infrared Ray

** Corresponding Author. Tel.: +668 1727 5771, E-mail Address: poomjai.s@gmail.com*

## 1. บทนำ

ปัจจุบันประชากรทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงมีความต้องการอาหารที่เพียงพอสำหรับการบริโภค เนื้อไก่เป็นอีกแหล่งอาหารที่คนไทยนิยมบริโภค โดยในปี พ.ศ. 2558-2562 การบริโภคเนื้อไก่ของคนไทยเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 6.34 ต่อปี (ในปี พ.ศ. 2562 มีปริมาณการบริโภคเนื้อไก่ 1.59 ล้านตัน) [1] เนื้อไก่ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ และมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์อื่น ๆ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว และเนื้อแกะ เป็นต้น นอกจากนี้ เนื้อไก่สามารถนำมาประกอบอาหารหลายประเภทซึ่ง “ไก่ย่าง” เป็นอาหารอย่างหนึ่งที่คนไทยนิยมรับประทานเนื่องจากมีรสชาติอร่อย โดยการผลิตไก่ย่างมีความแตกต่างกันตามวิธีการอบย่างและลักษณะการปรุงรสของเครื่องเทศ เช่น ไก่ย่างสมุนไพร ไก่ย่างโบราณ และไก่อบโอ่ง เป็นต้น ขั้นตอนการผลิตไก่ย่างโดยทั่วไปมี 2 ขั้นตอน คือ 1) นำไก่สดมาล้างให้สะอาดแล้วหมักในเครื่องเทศ และ 2) ย่างไก่บนเตาถ่านที่มีตะแกรงเหล็กหรืออบย่างไก่ในโอ่ง ทั้งนี้ผู้ย่างต้องมีความชำนาญคอยควบคุมการย่างและหลีกเลี่ยงควันไฟเนื่องจากการหยดของน้ำและน้ำมันจากไก่ทำให้ไฟลุกได้ง่าย และอาจเกิดการไหม้เกรียมของอาหาร [2] โดยอาหารปิ้งย่างมีสารอันตรายต่าง ๆ ได้แก่ สารไพโรไลเซต (Pyrolysates) เป็นสารที่พบมากในส่วนที่ไหม้เกรียมของเนื้อสัตว์ และสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) เป็นสารเริ่มต้นของสารก่อมะเร็ง (Precarcinogen) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับสารในควันบุหรี่ ไอเสียเครื่องยนต์ และควันจากเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม [3]

สำหรับไก่อบโอ่งได้มีการพัฒนารูปแบบเตาอบและเทคนิคการอบมาอย่างต่อเนื่อง โดย T. Kanasri et al. [2] ได้พัฒนาเตาอบย่างไก่ประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการสะสมความร้อนจากเตาถ่าน ห้องอบย่างไก่ทำจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร และความสูง 140 เซนติเมตร พื้นด้านล่างถังเจาะเป็นช่องรูสำหรับวางเตาถ่าน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 20 เซนติเมตร ในห้องอบย่างไก่มีราวเหล็กจำนวน 2 ชั้น ซึ่งสามารถแขวนไก่ได้ชั้นละ 4 ตัว และใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ผลการทดลอง พบว่า เตาอบย่างไก่นี้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 31 และสามารถอบย่างไก่ในช่วงอุณหภูมิ 270-320 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ S. Thongdaeng and B. Lamlerd [4] ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ 3 รูปแบบ คือ เตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน เตาอบแบบหุ้มฉนวน และเตาอบแบบดัดแปลงจากโอ่งน้ำ โดยเตาอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ไก่ที่ใช้อบมีมวลเฉลี่ย 1 กิโลกรัม อบไก่ครั้งละ 5 ตัว และใช้ภาพถ่ายทางความร้อนวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวเตาอบ ผลการทดลองพบว่า เตาอบแบบหุ้มฉนวนมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเมื่อเทียบกับเตาอบแบบอื่น ๆ โดยเตาอบแบบหุ้มฉนวนใช้เวลาอบไก่ 34 นาที และใช้ถ่านทั้งหมด 300 กรัม ภาพถ่ายทางความร้อนแสดงให้เห็นว่า เตาอบแบบหุ้มฉนวนมีอุณหภูมิที่ผิวเตาอบต่ำกว่าเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวนและแบบดัดแปลงจากโอ่งน้ำ ทำให้เตาอบแบบหุ้มฉนวนเกิดการสูญเสียความร้อนน้อย ส่งผลให้ใช้เวลาอบย่างสั้น และมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ต่ำ

อย่างไรก็ตาม การผลิตไก่อบโอ่งดังกล่าวข้างต้นยังมีข้อจำกัดในส่วนของไก่อบย่างมีความสุกไม่สม่ำเสมอ และผู้ย่างต้องคอยควบคุมการอบย่างไก่ รวมทั้งราคาเชื้อเพลิงประเภทถ่านไม้มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นว่า การผลิตไก่อบโอ่งควรนำความร้อนจากหลอดรังสีอินฟราเรดไกลมาแทนความร้อนจากเตาถ่าน ทั้งนี้รังสีอินฟราเรดไกลสามารถแผ่รังสีทะลุเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้โมเลกุลของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์สั่นแล้วเกิดความร้อน และเกิดการแพร่ออกไปยังผิวผลิตภัณฑ์

ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งลง [5], [6] รังสีอินฟราเรดไกลยังช่วยกระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง ประหยัดพลังงาน ลดเวลาอบแห้ง และช่วยให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีคุณภาพดี [7], [8] นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยยังเห็นว่า การผลิตไก่อบโอ่งควรพัฒนาให้ไก่สามารถหมุนได้ในขณะอบโอ่งเพื่อทำให้ไก่มีความสุกอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งตัว

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล และหาปริมาณไฟฟ้าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง รวมทั้งหาสมบัติทางกายภาพด้านสี ความนุ่ม ปริมาณผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ นี้มีประโยชน์ต่อการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

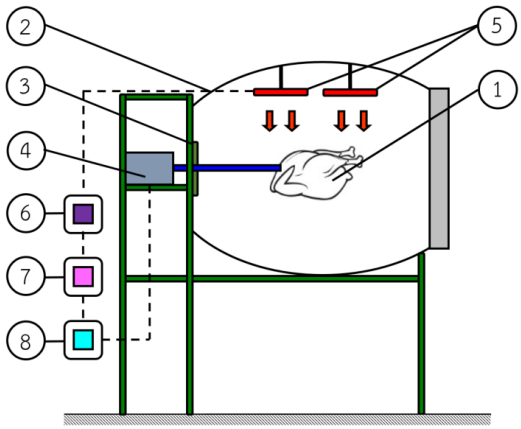
### 2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 ไก่สด (ไก่เนื้อพันธุ์ลูกผสม (Hybrid) หรือไก่กระทง) ที่ใช้อบโอ่งมีมวลเฉลี่ยตัวละ 1,650 กรัม

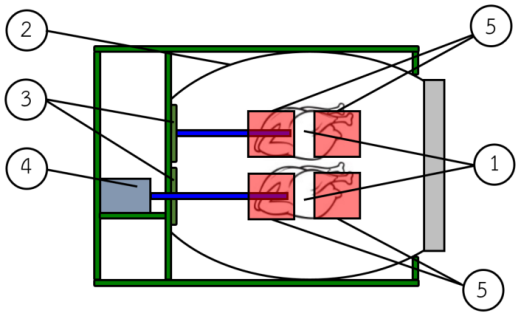
2.1.2 เครื่องปรุงรส ได้แก่ กระเทียม พริกไทย เกลือป่น รากผักชีหั่น ซีอิ๊วหวาน น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และผงปรุงรสยี่ห้อรสดี

### 2.2 เตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

ส่วนประกอบและลักษณะของเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ การทำงานของเตาอบโอ่งนี้เริ่มจากบรรจุไก่ที่หมักแล้วจำนวน 2 ตัว ๆ ละประมาณ 1,650 กรัม (หมายเลข 1) ในเตาอบโอ่งซึ่งทำจากดินเผาเคลือบ โดยส่วนปากและ




(ก) มุมมองด้านข้างเตาอบโอ่ง




(ข) มุมมองด้านบนเตาอบโอ่ง

(1) ไก่ที่หมักแล้ว (2) เตาอบโอ่ง (3) เฟืองโซ่ (4) มอเตอร์ (5) หลอดรังสีอินฟราเรดไกล (6) เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (7) เครื่องปรับโวลต์ และ (8) มิเตอร์ไฟฟ้า

**รูปที่ 1** ส่วนประกอบของเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

ก้นโอ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 เซนติเมตร ส่วนตัวโอ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร และมีความสูง 58 เซนติเมตร (หมายเลข 2) จากนั้นไก่หมักถูกหมุนด้วยความเร็ว 10.5 รอบต่อนาที โดยขับเคลื่อนด้วยเฟืองโซ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18.6 เซนติเมตร 45 ฟัน จำนวน 2 อัน (หมายเลข 3) และมอเตอร์ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น GM-SB ขนาด 200 วัตต์ (หมายเลข 4) ไก่หมักถูกให้ความร้อนโดยหลอดรังสีอินฟราเรดไกลยี่ห้อ Infrapara รุ่น AW-2-800 ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 4 หลอด (หมายเลข 5) ซึ่งติดอยู่ที่ผนังด้านบนของเตา

อบโอ่ง โดยใช้ระดับกำลังไฟฟ้าของหลอดรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ ซึ่งควบคุมด้วยเครื่องวัดกระแสไฟฟ้ายี่ห้อ Sanwa รุ่น DCM60L (หมายเลข 6) และเครื่องปรับโวลต์ยี่ห้อ Sangi ขนาด 8 A 220 V (หมายเลข 7)

(ก) ลักษณะภายนอกของเตาอบโอ่ง

(ข) ลักษณะภายในของเตาอบโอ่ง

**รูปที่ 2** ลักษณะของเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

โดยรังสีอินฟราเรดไกลจะแผ่รังสีทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้โมเลกุลของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์สั่นแล้วเกิดความร้อน และเมื่อถึงระยะความหนาผลิตภัณฑ์ที่รังสีอินฟราเรดไกลไม่สามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้จะมีการนำความร้อนในเนื้อผลิตภัณฑ์ชั้นต่อไป ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการแพร่ออกไปยังผิวผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งลง เมื่อผ่านกระบวนการอบโอ่งแล้วอากาศร้อนจะไหลออกด้านข้างซ้ายของเตาอบโอ่งเพื่อระบายความชื้นออกจากเตาอบโอ่ง ทั้งนี้การไหลของอากาศร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมนี้เป็นการพาความร้อนแบบตามธรรมชาติ และปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งถูกวัดด้วยมิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Dai-ichi รุ่น DD28 (หมายเลข 8)

## 2.3 วิธีการทดลอง

### 2.3.1 การหมักไก่

นำไก่สด (ไก่เนื้อพันธุ์ลูกผสม (Hybrid) หรือไก่กระทง) ที่มีมวลตัวละ 1.5-1.6 กิโลกรัม (อายุไก่อยู่ระหว่าง 6-7 สัปดาห์ [9] จากตลาดสดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดตาก มาหมักกับส่วนผสมปรุงรสตามอัตราส่วน (ไก่สด 1 ตัว (1.5-1.6 กิโลกรัม) กระเทียม 20 กลีบ รากผักชีหั่น 2 ช้อนโต๊ะ พริกไทย 10 เม็ด เกลือป่น 2 ช้อนชา ซีอิ๊วหวาน 1 ช้อนโต๊ะ น้ำตาลทราย 1 ช้อนโต๊ะ น้ำตาลปี๊บ 1 ช้อนโต๊ะ และผงปรุงรสยี่ห้อรสดี 2 ช้อนโต๊ะ) โดยนำไก่สดมาคลุกเคล้ากับพริกไทย กระเทียม และรากผักชีที่โขลกละเอียด แล้วใส่เกลือป่น ซีอิ๊วหวาน น้ำตาลปี๊บ และน้ำตาลทราย คลุกให้เข้ากัน หมักไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วเก็บไว้ในภาชนะเพื่อรออบในเตาอบโอ่ง

### 2.3.2 การอบโอ่งไก่หมัก

นำไก่ที่หมักแล้วมาเสียบที่แท่งหมุนซึ่งอยู่ภายในเตาอบโอ่ง แล้วเปิดสวิตช์มอเตอร์เพื่อทำให้ไก่หมุนที่ความเร็ว 10.5 รอบต่อนาที และเปิดสวิตช์หลอดรังสีอินฟราเรดไกลแล้วควบคุมกำลังไฟฟ้าของหลอดรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ อบโอ่งจนไก่สุกและค่อนข้างแห้ง (โดยใช้สายตาและการสัมผัสเนื้อไก่ตรวจวิเคราะห์ตามลักษณะทั่วไปของไก่ย่างในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไก่ย่าง มผช.1028/2548 [10])

ทั้งนี้จากการทดลองเบื้องต้น (Preliminary Experiment) เมื่อนำไก่หมักก่อนอบโอ่งมีมวลเฉลี่ยเท่ากับ 1,645.67±9.66 กรัม มาอบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่านจะได้ไก่อบโอ่งที่มีลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไก่ย่าง มผช.1028/2548 และมีมวลเฉลี่ยหลังอบโอ่งเท่ากับ 1,216.17±1.31 กรัม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ในแต่ละการทดลอง (การผลิตไก่อบโอ่งหมุนโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์) ใช้ไก่หมักมีมวลเริ่มต้นประมาณ 1,650 กรัม อบจนไก่มีมวลสุดท้ายต่ำกว่า 1,220 กรัม (ในการอบช่วงสุดท้ายจะตรวจสอบมวลไก่อบโอ่งทุก ๆ 10 นาที ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Sunford รุ่น KAH-5000S ความละเอียด 0.1 กรัม)

การผลิตไก่อบโอ่งหมุนโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลนี้ได้ทดลองอยู่ภายในอาคารปฏิบัติการชั้น 1 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเตาอบโอ่งก่อนการผลิตไก่อบโอ่งเท่ากับ 33±2 องศาเซลเซียส

## 2.4 การหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งถูกวัดด้วยมิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Dai-ichi รุ่น DD28 ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง

## 2.5 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากไก่อบโอ่ง โดยหาจากสมการที่ (1) [11]

$$SEC = \frac{E_{elec}}{M_w} \quad (1)$$

โดยที่

$SEC$ = ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)

$E_{elec}$ = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$M_w$ = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากไก่อบโอ่ง (กิโลกรัม)

## 2.6 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อไก่

### 2.6.1 สี

นำเนื้อไก่อบโอ่ง (ส่วนเนื้ออก) หั่นออกเป็น 3 ส่วน โดยหั่นขวางเส้นใยกล้ามเนื้อ ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนเนื้อไก่ในแนวหน้าตัด และอ่านค่าจากเครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-231 โดยค่าสีแสดงในเทอมของตัวแปร L a และ b โดยค่า L แสดงค่าความสว่าง a แสดงค่าสีแดงและสีเขียว b แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน ทั้งนี้แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ

### 2.6.2 ความนุ่ม

ความนุ่มของเนื้อไก่อบโอ่งวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TAXT.Plus โดยความนุ่มพิจารณาจากค่าแรงเฉือน (Shear force) ที่กระทำต่อชิ้นเนื้อไก่อบโอ่ง (ส่วนเนื้ออก) ขนาด 1.0×2.0×0.5 เซนติเมตร ซึ่งใช้หัวทดสอบแบบ Warner-Bratzler blade ตามวิธีการของ Wattanachant et al. [12] กำหนดให้ความเร็วหัวทดสอบ (Cross-head Speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และวัดค่าแรงเฉือนตามขวางเส้นใยกล้ามเนื้อ ทั้งนี้แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ชิ้น

### 2.6.3 ปริมาณผลผลิต

ปริมาณผลผลิต (Cook Yield) ของไก่อบโอ่งหาได้จากสมการที่ (2) [13]

$$CY = \frac{W_s}{W_r} \times 100\% \quad (2)$$

โดยที่

$CY$ = ปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่ง (ร้อยละ)

$W_s$ = มวลไก่หลังอบโอ่ง (กรัม)

$W_r$ = มวลไก่ก่อนอบโอ่ง (กรัม)

ทั้งนี้แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ

**2.6.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ**

ชั่งมวลตัวอย่างเนื้อไก่อบโอ่ง 5 กรัม นำตัวอย่างมาสับให้ละเอียด แล้วห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จำนวน 2 แผ่น จากนั้นนำตัวอย่างบรรจุลงในหลอดเซนตริฟิวส์ แล้วใส่ลงในโรเตอร์ นำไปเซนตริฟิวส์ที่ 9,000 รอบ นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชั่งมวลตัวอย่างหลังเซนตริฟิวส์ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ของไก่อบโอ่งหาได้จากสมการที่ (3) [14]

$$WHC = W_{bs} - \frac{(W_{bs} - W_{fs})}{W_{bs}} \times 100\% \qquad (3)$$

โดยที่

$WHC$ = ความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง (ร้อยละ)

$W_{bs}$ = มวลตัวอย่างเนื้อไก่อบโอ่งก่อนปั่นเหวี่ยง (กรัม)

$W_{fs}$ = มวลตัวอย่างเนื้อไก่อบโอ่งหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ทั้งนี้แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ

### 2.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และสมบัติทางกายภาพของไก่อบโอ่งด้านสี ความนุ่ม ปริมาณผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

### 3.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า การผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงใช้ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูง ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่ามาก น้ำในผลิตภัณฑ์จึงระเหยได้เร็ว ส่งผลให้ใช้เวลาอบแห้งและปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำ

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า การผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าถ่านที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่านแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าถ่านเฉลี่ยที่ใช้ผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่านเท่ากับ $27.41 \pm 1.09$ บาทต่อครั้ง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลกับเตาถ่าน พบว่าค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ มีราคาถูกกว่าค่าถ่านเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่านร้อยละ 60.56 61.80 และ 63.04 ตามลำดับ

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบกำลังการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลกับเตาถ่านแสดงดังตารางที่ 4 พบว่า การอบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลมีกำลังการผลิตไก่อบโอ่งน้อยกว่าการอบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่าน

**ตารางที่ 1** ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

| รังสีอินฟราเรดไกล (วัตต์) | การทดลอง | เวลาอบโอ่ง (นาที) | เวลาอบโอ่งเฉลี่ย (นาที) | ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์·ชั่วโมง) | ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์·ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,000 | ครั้งที่ 1 | 210 | 216.67 | 3.56 | 3.60±0.05[a] |
| | ครั้งที่ 2 | 220 | | 3.60 | |
| | ครั้งที่ 3 | 220 | | 3.65 | |
| 1,200 | ครั้งที่ 1 | 180 | 183.33 | 3.53 | 3.49±0.06[b] |
| | ครั้งที่ 2 | 190 | | 3.42 | |
| | ครั้งที่ 3 | 180 | | 3.52 | |
| 1,400 | ครั้งที่ 1 | 140 | 146.67 | 3.34 | 3.38±0.04[c] |
| | ครั้งที่ 2 | 150 | | 3.41 | |
| | ครั้งที่ 3 | 150 | | 3.38 | |

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 2** ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล

| รังสีอินฟราเรดไกล (วัตต์) | การทดลอง | ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์·ชั่วโมง) | ค่าไฟฟ้า (บาท) | ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท) |
|---|---|---|---|---|
| 1,000 | ครั้งที่ 1 | 3.56 | 10.68 | 10.81±0.14[a] |
| | ครั้งที่ 2 | 3.60 | 10.80 | |
| | ครั้งที่ 3 | 3.65 | 10.95 | |
| 1,200 | ครั้งที่ 1 | 3.53 | 10.59 | 10.47±0.18[b] |
| | ครั้งที่ 2 | 3.42 | 10.26 | |
| | ครั้งที่ 3 | 3.52 | 10.56 | |
| 1,400 | ครั้งที่ 1 | 3.34 | 10.02 | 10.13±0.11[c] |
| | ครั้งที่ 2 | 3.41 | 10.23 | |
| | ครั้งที่ 3 | 3.38 | 10.14 | |

หมายเหตุ 1. คำนวณค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท [15]

2. อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 3** ค่าถ่านที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่าน

| การทดลอง | เวลาอบโอ่ง (นาที) | ปริมาณถ่านที่ใช้ (กรัม) | ค่าถ่านที่ใช้ (บาท) | ค่าถ่านเฉลี่ยที่ใช้ (บาท) |
|---|---|---|---|---|
| ครั้งที่ 1 | 140 | 2,293.5 | 28.67 | 27.41±1.09 |
| ครั้งที่ 2 | 130 | 2,140.2 | 26.75 | |
| ครั้งที่ 3 | 130 | 2,144.6 | 26.81 | |

หมายเหตุ ถ่านที่ใช้ทำจากไม้มะขาม มวลถ่านเริ่มต้นที่ใช้เท่ากับ 3,250 กรัม และค่าถ่านไม้มะขามที่ใช้ 12.5 บาทต่อกิโลกรัม (อ้างอิงราคาถ่านไม้มะขามจากตลาดสดเทศบาล จ.ตาก ในวันที่ 15 มีนาคม 2563)

**ตารางที่ 4** การเปรียบเทียบกำลังการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลกับเตาถ่าน

| วิธีการผลิตไก่อบโอ่ง | | การทดลอง | เวลาอบโอ่ง (นาที) | เวลาอบโอ่งเฉลี่ย (นาที) | กำลังการผลิตไก่อบโอ่ง (ตัวต่อชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|
| ใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกล | 1,000 วัตต์ | ครั้งที่ 1 | 210 | 216.67 | 0.55 |
| | | ครั้งที่ 2 | 220 | | |
| | | ครั้งที่ 3 | 220 | | |
| | 1,200 วัตต์ | ครั้งที่ 1 | 180 | 183.33 | 0.65 |
| | | ครั้งที่ 2 | 190 | | |
| | | ครั้งที่ 3 | 180 | | |
| | 1,400 วัตต์ | ครั้งที่ 1 | 140 | 146.67 | 0.82 |
| | | ครั้งที่ 2 | 150 | | |
| | | ครั้งที่ 3 | 150 | | |
| ใช้ความร้อนจากเตาถ่าน | | ครั้งที่ 1 | 140 | 133.33 | 0.90 |
| | | ครั้งที่ 2 | 130 | | |
| | | ครั้งที่ 3 | 130 | | |

หมายเหตุ การทดลองแต่ละครั้งใช้ไก่หมักจำนวน 2 ตัว

## 3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งแสดงดังตารางที่ 5 พบว่า การผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงใช้ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำ (แสดงดังตารางที่ 1)

**ตารางที่ 5** ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่ง

| รังสีอินฟราเรดไกล (วัตต์) | ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (กิโลวัตต์·ชั่วโมงต่อกิโลกรัม) |
|---|---|
| 1,000 | $4.16 \pm 0.06^{a}$ |
| 1,200 | $4.02 \pm 0.04^{b}$ |
| 1,400 | $3.86 \pm 0.09^{c}$ |

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ M. Nachaisin et al. [16] ที่พบว่า การเพิ่มระดับกำลังของรังสีอินฟราเรดไกลจาก 1 เป็น 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งข้าวไรซ์เบอรี่กึ่งสำเร็จรูปมีค่าลดลง

## 3.3 สมบัติทางกายภาพของไก่อบโอ่ง

### 3.3.1 สี

ผลการทดสอบสมบัติด้านสีของส่วนหนังไก่อบโอ่งแสดงดังตารางที่ 6 พบว่า ส่วนหนังไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,400 วัตต์ มีความสว่าง (ค่า L) น้อยกว่า แต่มีสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) มากกว่าส่วนหนังไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากหนังไก่อยู่ภายนอกเนื้อไก่ หนังไก่จึงได้รับความร้อนปริมาณมากจากรังสีอินฟราเรดไกล การอบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ระดับกำลังสูง ๆ ทำให้ส่วนหนังไก่มีอุณหภูมิสูงขึ้นรวดเร็ว ส่งผลให้ส่วนหนังไก่

เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard Reaction) มากกว่าการอบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ระดับกำลังต่ำ ๆ อย่างเด่นชัด ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ U. Teeboonma et al. [17] ที่ได้อบแห้งเนื้อวัวด้วยรังสีอินฟราเรด ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนของสีเนื้อวัวอบแห้งเพิ่มขึ้น (สีเนื้อวัวอบแห้งมีสีเข้มขึ้น) เมื่อระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงขึ้นจาก 370 เป็น 640 วัตต์ อย่างไรก็ตาม ค่าสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) ของส่วนหนังไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,200 วัตต์ ไม่มีความแตกต่างกับค่าสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) ของส่วนหนังไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 และ 1,400 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ไก่สดส่วนหนังมีค่า L a และ b เท่ากับ 56.60±0.26 2.11±0.16 และ 2.96±0.18 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ยังแสดงผลการทดสอบสมบัติด้านสีของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่ง พบว่า ส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,400 วัตต์ มีความสว่าง (ค่า L) มากกว่า แต่มีสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่าส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เนื่องจากการอบเนื้อสัตว์ที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูง ทำให้อุณหภูมิเนื้อสัตว์สูงขึ้น โปรตีนในเนื้อสัตว์จึงเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (Protein Denaturation) และมีการรวมตัวกันเป็นก้อนของโปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic Protein) และโปรตีนไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar Protein) [18] ส่งผลให้เนื้อสัตว์มีสีอ่อนลงและมีความสว่างมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ L. Christensen et al. [19] ที่ได้วัดสีเนื้อหมูที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเป็นเวลานาน (Prolonged Heat Treatment) ซึ่งพบว่า เนื้อหมูมีค่าความสว่าง (ค่า L) เพิ่มขึ้น แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 58 เป็น 63 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ค่าสี (ค่า L a และ b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,200 วัตต์ ไม่มีความแตกต่างกับค่าสี (ค่า L a และ b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 และ 1,400 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ไก่สดส่วนเนื้ออกมีค่า L a และ b เท่ากับ 49.63±0.29 2.86±0.13 และ 1.62±0.15 ตามลำดับ

**3.3.2 ความนุ่ม**

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านความนุ่มของไก่อบโอ่ง พบว่า แรงเฉือนเนื้อไก่มีค่ามากขึ้นเมื่อระดับรังสีอินฟราเรดไกลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เนื่องจากการอบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูง ทำให้อุณหภูมิเนื้อสัตว์สูงขึ้น โปรตีนในเนื้อสัตว์จึงเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ [18] โครงสร้างของเนื้อสัตว์จึงเกิดการหดตัวมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อไก่มีความแข็งเพิ่มขึ้น (มีความนุ่มน้อย) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ P. Sa-adchom et al. [20] ที่อบแห้งเนื้อปลาด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ซึ่งพบว่า เนื้อปลาอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส มีการหดตัวและความแข็งมากกว่าเนื้อปลาอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

**3.3.3 ปริมาณผลผลิต**

ผลการทดสอบสมบัติด้านปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่งแสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ระดับรังสีอินฟราเรดไกล (1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์) ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากในแต่ละการทดลองได้ควบคุมมวลไก่หมักก่อนอบโอ่งประมาณ 1,650 กรัม และมวลไก่อบโอ่งสุดท้ายต้องต่ำกว่า 1,220 กรัม ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตในแต่ละการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน

**3.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ**

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง พบว่า

ความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่งมีค่าลดลงเมื่อระดับรังสีอินฟราเรดไกลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เนื่องจากเมื่อเนื้อสัตว์ได้รับความร้อน โครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์เกิดการหดตัว ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและรอบ ๆ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียม (Endomysium) ลดลง และมีการหดตัวมากขึ้นที่อุณหภูมิสูง (ที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูง) ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียน้ำและการลดลงของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ [21] ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ S. Kerdpiboon [18] ที่ใช้กระบวนการซูวีดในการผลิตเนื้อวัวสเต็ก ซึ่งพบว่า เนื้อวัวสเต็กมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการซูวีดสูงขึ้นจาก 55 เป็น 65 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 6** ผลการทดสอบสมบัติด้านสีของส่วนหนังและอกไก่อบโอ่ง

| รังสีอินฟราเรดไกล | ค่าสีของส่วนหนังไก่อบโอ่ง | | | ค่าสีของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่ง | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (วัตต์) | ค่า L | ค่า a | ค่า b | ค่า L | ค่า a | ค่า b |
| 1,000 | 40.49±0.59$^{a}$ | 14.18±0.25$^{b}$ | 24.61±0.51$^{b}$ | 55.73±0.61$^{b}$ | 8.58±0.23$^{a}$ | 14.36±0.65$^{a}$ |
| 1,200 | 38.67±0.65$^{b}$ | 14.62±0.20$^{ab}$ | 25.12±0.54$^{ab}$ | 56.38±0.57$^{ab}$ | 8.22±0.30$^{ab}$ | 13.28±0.48$^{ab}$ |
| 1,400 | 37.31±0.61$^{c}$ | 14.87±0.24$^{a}$ | 25.87±0.47$^{a}$ | 57.26±0.66$^{a}$ | 7.82±0.28$^{b}$ | 12.33±0.62$^{b}$ |

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 7** ผลการทดสอบสมบัติด้านความนุ่ม ปริมาณผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง

| รังสีอินฟราเรดไกล (วัตต์) | แรงเฉือนของไก่อบโอ่ง (นิวตัน) | ปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่ง (ร้อยละ) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่ง (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|
| 1,000 | 5.51±0.38$^{c}$ | 73.64±0.72$^{a}$ | 80.93±2.19$^{a}$ |
| 1,200 | 5.98±0.42$^{b}$ | 73.55±0.46$^{a}$ | 69.20±1.93$^{b}$ |
| 1,400 | 6.82±0.39$^{a}$ | 73.69±0.51$^{a}$ | 52.67±2.05$^{c}$ |

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## 4. สรุป

การผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลสูงใช้ปริมาณไฟฟ้าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการผลิตไก่อบโอ่งที่ระดับรังสีอินฟราเรดไกลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลที่ 1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์ มีราคาถูกกว่าค่าถ่านที่ใช้ในการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาถ่านร้อยละ 60.56 61.80 และ 63.04 ตามลำดับ ส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,400 วัตต์ มีความสว่าง (ค่า L) มากกว่า แต่มีสีแดง (ค่า a) และสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่าส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) อย่างไรก็ตาม ค่าสี (ค่า L a และ b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,200 วัตต์ ไม่มีความแตกต่างกับค่าสี (ค่า L a และ b) ของส่วนเนื้ออกไก่อบโอ่งที่รังสีอินฟราเรดไกล 1,000 และ 1,400 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แรงเฉือนและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่อบโอ่งมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับรังสีอินฟราเรดไกลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับรังสีอินฟราเรดไกล (1,000 1,200 และ 1,400 วัตต์) ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของไก่อบโอ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในงานวิจัยต่อไปควรพัฒนาเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจาก

รังสีอินฟราเรดไกลให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถบรรจุไก่อบโอ่งได้จำนวนมาก รวมทั้งควรวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนของเตาอบโอ่งสำหรับการผลิตไก่อบโอ่งโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดไกลเพื่อเป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการวิจัยเพื่อบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับงานวิจัยและบริการวิชาการของนักศึกษาปฏิบัติงานวิจัยร่วมกับอาจารย์ต่อผลผลิตงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2563 ทั้งนี้ความคิดเห็นในบทความวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] Office of Agricultural Economics, *Important Agricultural Products Situation and Trends in 2020*. Bangkok: Office of Agricultural Economics, 2019.

[2] T. Kanasri, S. Mongmechai, P. Prasertsang and S. Yinde, “ Development of direct fired oven a grill chicken using charcoal,” *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, vol. special, pp. 670-673, 2014.

[3] S. Makmaitree, “Food consumption behavior for safety from toxic substances,” *NKRAFA Journal of Science and Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 118-129, Jan.-Dec. 2018.

[4] S. Thongdaeng and B. Lamlerd, “ Thermal image technique and thermal efficiency comparison of fired oven chicken,” *Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 67-79, Jul.-Dec. 2018.

[5] P. Sa-adchom and T. Swasdisevi, “ Pork slices drying using a combined vacuum and far-infrared radiation technique,” *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 83-97, Jan. 2014.

[6] N. Boudhrioua, N. Bahloul, I.B. Slimen and N. Kechaou, “ Comparison on the total phenol contents and the color of fresh and infrared dried olive leaves,” *Industrial Crops and Product*, vol. 29, no. 2-3, pp. 412-419, 2009.

[7] M. Vogt, “ Infrared drying lowers energy costs and drying times,” *Plastics, Additives and Compounding*, vol. 9, no. 5, pp. 58-61, 2007.

[8] P. Kongpoopha, U. Tapai and P. Sa-adchom, “ Effect of drying temperatures on charcoal briquettes drying using a combined solar energy and far-Infrared radiation dryer, and a far- infrared radiation dryer,” *RMUTP Research Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 77-93, Mar. 2016.

[9] S. Srisongkram, “ Effect of stocking density on growth, carcass and meat quality of broilers,” Seminar report, Dept. Animal Sci., Prince of Songkla University, Songkla, Thailand, 2017.

[10] Thai Industrial Standards Institute, *Thai Community Product Standard: Roast Chicken (TCPS 1028/2548)*. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute, 2005.

[11] N. Kansaard, A. Khruakaew, P. Saesong and P. Sa-adchom, “ Effect of hot air velocity on

preserved tomatoes drying using combined conveyor system and hot air," *RMUTP Research Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 1-13, Jan.-Jun. 2018.

[12] S. Wattanachant, S. Benjakul and D.A. Ledward, "Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle," *Food Chemistry*, vol. 93, no. 2, pp. 337-348, 2005.

[13] B.A. Showell, J.R. Williams, M. Duvall, J.C. Howe, K.Y. Patterson, J.M. Roseland and J.M. Holden, *USDA Table of Cooking Yields for Meat and Poultry*. Maryland: U.S. Department of Agriculture, 2012.

[14] M. Zheng, Y.W. Huang, S.O. Nelson, P.G. Bartley and K.W. Gates, "Dielectric properties and thermal conductivity of marinated shrimp and channel catfish," *Journal of Food Science*, vol. 63, no. 4, pp. 668-672, 1998.

[15] T. Klathae and P. Jitpat, "Compressive strength and water absorption properties of concrete block containing crushed oyster shell," *RMUTP Research Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 25-38, Jan.-Jun. 2019.

[16] M. Nachaisin, P. Pumniam, W. Jansopha, N. Ananaur and W. Pharanat, "Specific energy consumption and drying kinetics of far-infrared dried," *Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University*, vol. special, pp. 71-76, Oct. 2016.

[17] U. Teeboonma, T. Suwanakoot and S. Soponronnarit, "Beef drying using infrared radiation," *KKU Engineering Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 169-180, Mar.-Apr. 2006.

[18] S. Kerdpiboon, "Using of sous-vide process to beef steak ready to cook and beef mussaman curry production," Research report, Dept. Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 2015.

[19] L. Christensen, P. Ertbjerg, M.D. Aaslyng and M. Christensen, "Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork," *Meat Science*, vol. 88, no. 2, pp. 280-285, 2011.

[20] P. Sa-adchom, T. Swasdisevi, T. Thomthong, P. Samuttharin and S. soponronnarit, "Drying of ground fish slices using superheated steam," *RMUTP Research Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 74-86, Mar. 2013.

[21] G. Offer and J. Trinick, "On the mechanism of water holding capacity in meat, the swelling and shrinking of myofibrils," *Meat Science*, vol. 8, no. 4, pp. 245–281, 1983.