



# การออกแบบและพัฒนาเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ

วิโชค พรหมตวง<sup>1,2</sup> และ สถาพร สิทธิวงศ์<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>2</sup> ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแบบผสมผสาน, ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: sathaporn.s@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 20 พฤษภาคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 4 สิงหาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 12 กันยายน 2568

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 9 ธันวาคม 2568

**บทคัดย่อ :** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ออกแบบและพัฒนาเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ เพิ่มประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในกระบวนการแปรรูปพริก เครื่องที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ระบบคว่ำพริกแห้งด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสตัทและไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD และระบบปั่นละเอียดสามารถปรับระดับความละเอียดได้ ตั้งค่าอุณหภูมิได้สูงสุด 160 °C จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคว่ำอยู่ที่ 80 °C โดยค่าที่แสดงบนหน้าจอ LCD มีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องวัดอุณหภูมิอ้างอิง 2.05 °C ในการทดลองกับความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดไว้ 70, 75, 80, 85, 90, 95 และ 100 %RH พบว่าค่าความชื้นที่ 85 %RH จะให้กลิ่นหอม สีแดงสด และใช้เวลาในการคว่ำ 9 นาที โดยพริกแห้งที่ใช้ทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น 500 กรัม หลังการคว่ำลดลงเหลือ 457 กรัม ขั้นตอนการปั่นพบว่าช่วงเวลา 3–5 นาที ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยการทำงานของเครื่องในหนึ่งรอบการผลิต ใช้เวลาเฉลี่ย 18 นาที (คว่ำ 9 นาที, ระบายความร้อน 5 นาที, ปั่น 4 นาที)

**คำสำคัญ:** เครื่องคว่ำพริก; เครื่องปั่นละเอียด; ความชื้นสัมพัทธ์; ระบบควบคุมอุณหภูมิ; พริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ

# Machine Design and Development of A Semi-automatic Machine for Roasting and Grinding Dry Chili

Wichok Promdaung<sup>1,2</sup> and Sathaporn Sitthiwong<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Electrical Engineering Technology, College of Industrial Technology,  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

<sup>2</sup> Center of Integrated Innovation Research and Development under Industrial Standards and  
Technopark, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

\* Corresponding author, E-mail: sathaporn.s@cit.kmutnb.ac.th

Received: 20 May 2025; Revised 4 August 2025; Accepted: 12 September 2025

Online Published: 9 December 2025

**Abstract:** This research aims to develop a semi-automatic roasting and grinding machine for dried chili peppers that can control temperature and humidity as desired, in order to enhance efficiency in the processing as well as improve the consistency of the output. The developed prototype consists a dry chili roasting system using electric heater heat controlled by a thermostat and microcontroller, with results displayed on an LCD screen, and a grinding system that allows adjustment of the fineness. The maximum temperature can be set at 160 °C, but experiments show that the optimal roasting temperature is 80 °C, with the reading on the LCD deviating from the reference thermometer by a maximum of about 2.05 °C. In experiments with defined relative humidity levels of 70, 75, 80, 85, 90, 95, and 100% RH, it was found that at 85% RH, the chili produced a pleasant aroma, bright red color, and took about 9 minutes to roast. The dried chili used in the experiment initially weighed 500 grams and reduced to about 457 grams after roasting. In the grinding process, and it was found that the period of 3–5 minutes. The work of the blending machine was 9 minutes, with the heat radiated 5 minutes before the blending, and the blending time 4 minutes, altogether 18 minutes, for one working round.

**Keywords:** Chili Roasting Machine; Fine Grinder; Relative Humidity; Temperature Control System; Semi-Automatic Dried Chili Processing



## 1. บทนำ

พริกถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การผลิตซอสพริก น้ำพริก และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ การแปรรูปพริกช่วยสร้างงานให้กับเกษตรกรและแรงงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง พริกเป็นพืชที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนไทยมาเป็นเวลานาน มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของพืชผักทั้งหมด ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 589,617 ไร่ (ปี 2566-2567) จำนวนเกษตรกรที่ปลูกพริกมีประมาณ 125,000 ครัวเรือน มีผลผลิตพริก 663,834 ตัน ผลผลิตร้อยละ 60 เป็นพริกชี้หนูผลใหญ่ รองลงมาคือพริกใหญ่ (25%) พริกชี้หนูผลเล็ก (10%) และพริกอื่น ๆ (5%) ผลผลิตประมาณร้อยละ 20 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซอสพริก น้ำพริกเผา พริกเครื่องแกง ฯลฯ ผลผลิตพริกร้อยละ 97 ใช้บริโภคในประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 ส่งออกและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งออกและบริโภคในประเทศ นอกจากพริกสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลสดและพริกแห้ง ในปี 2566 ประเทศไทยมีผลผลิตพริกมากกว่า 156,105 ตัน พริกแห้งและพริกคั่วเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีมูลค่าเพิ่มสูง และสามารถส่งออกไปยังประเทศในอาเซียน เช่น สิงคโปร์ และ มาเลเซีย มูลค่าการส่งออกพริกบดหรือป่นในปี 2561 ปริมาณ 556.95 ตัน มีมูลค่า 220.42 ล้านบาท [1]

อย่างไรก็ตาม การผลิตพริกป่นในอุตสาหกรรมครัวเรือนยังไม่มีเครื่องคั่วและบั่นละเอียดให้สำเร็จที่เดียวและที่ผลิตพริกป่นยังใช้คนในการคั่วพริกซึ่งทำให้ส่งกลิ่นฉุนต่อผู้ผลิต คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการผลิตพริกป่นในหลาย ๆ วิธีเพื่อลดการสัมผัสของผู้ผลิตพริกป่น งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการจัดทำเครื่องคั่วและบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ โดยเครื่องคั่วและบั่น

ละเอียดที่จัดสร้างขึ้นจะมีลักษณะการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติที่มีการควบคุมอุณหภูมิโดยการปรับค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายลดความร้อนสำหรับการสร้างอุณหภูมิ

## 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 ขดลวดความร้อน

ขดลวดความร้อนหรือฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรม การทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง ลวดฮีตเตอร์ทำจากวัสดุ นิกเกิล : โครเมียม สัดส่วน 80 : 20 ทนอุณหภูมิได้ 1,250 °C ฮีตเตอร์มีหลายประเภทและรูปทรงตามลักษณะการใช้งาน เช่น ฮีตเตอร์แท่ง, ฮีตเตอร์ท่อกลม, ฮีตเตอร์จุ่ม, ฮีตเตอร์อินฟราเรด, ฮีตเตอร์รัดท่อ, และฮีตเตอร์แผ่น

### 2.2 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ใช้สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำหรือ Induction Motor เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) เอาต์พุตนำมาผ่านวงจรกรองด้วยคาปาซิเตอร์ (Filter Capacitor) ทำให้มีแรงดันที่เรียบยิ่งขึ้น จากนั้นส่งต่อไปยังวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถควบคุมแรงดันและความถี่ที่จ่ายออกจากเอาต์พุตไปยังมอเตอร์ งานวิจัยนี้ใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อคั่วพริก

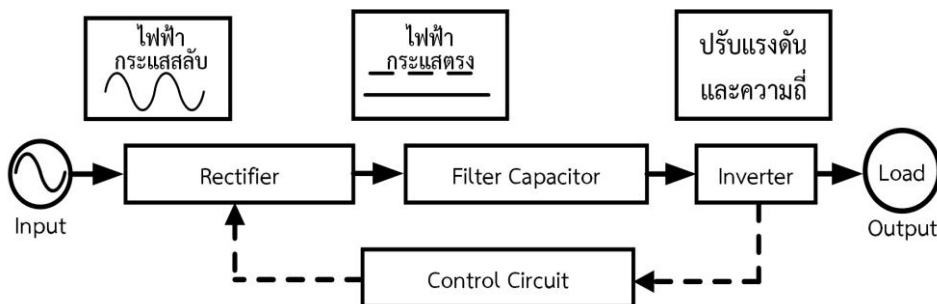


### 2.3 การควบคุมมุมเฟส

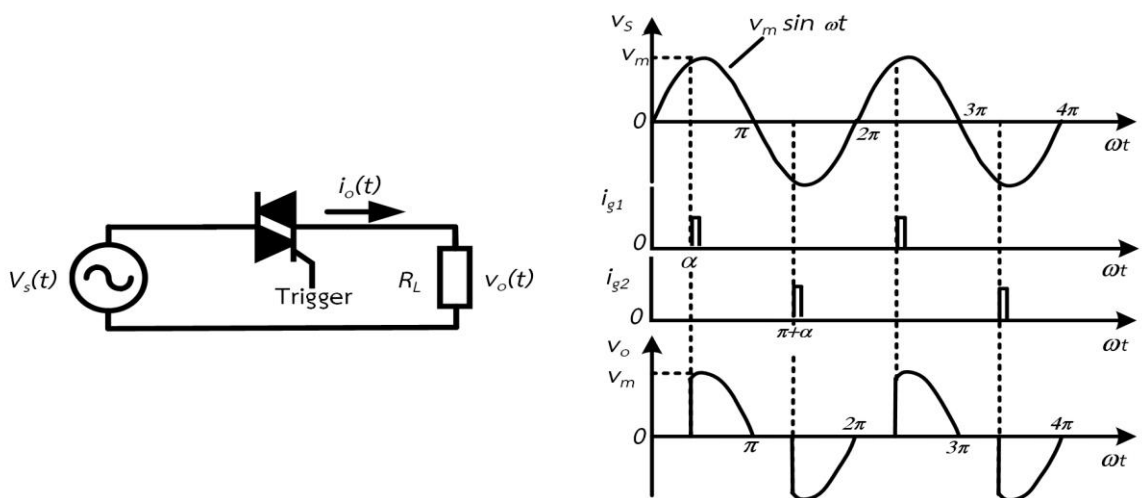
การควบคุมไตรแอดให้น่ากระแสน เวลาใดเวลาหนึ่งได้ทั้งสองซีกคือซีกบวกและซีกลบ สำหรับการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวสามารถควบคุมกำลังไฟที่จ่ายให้กับโหลดได้ [2] จากวงจรดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยแรงดันอินพุต( $V_s$ ) กระแสเกต  $i_{g1}$  และ  $i_{g2}$  เป็นสัญญาณพัลส์(Pulse) ทำหน้าที่จุดชนวนให้ไตรแอดนำกระแส และแรงดันเอาต์พุต( $V_o$ ) ในส่วนกำลังไฟฟ้าด้านโหลดเอาต์พุตจะมีขนาดขึ้นอยู่กับมุมองศาในการจุดชนวน

### 2.4 Arduino Uno R3 และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ / ความชื้น

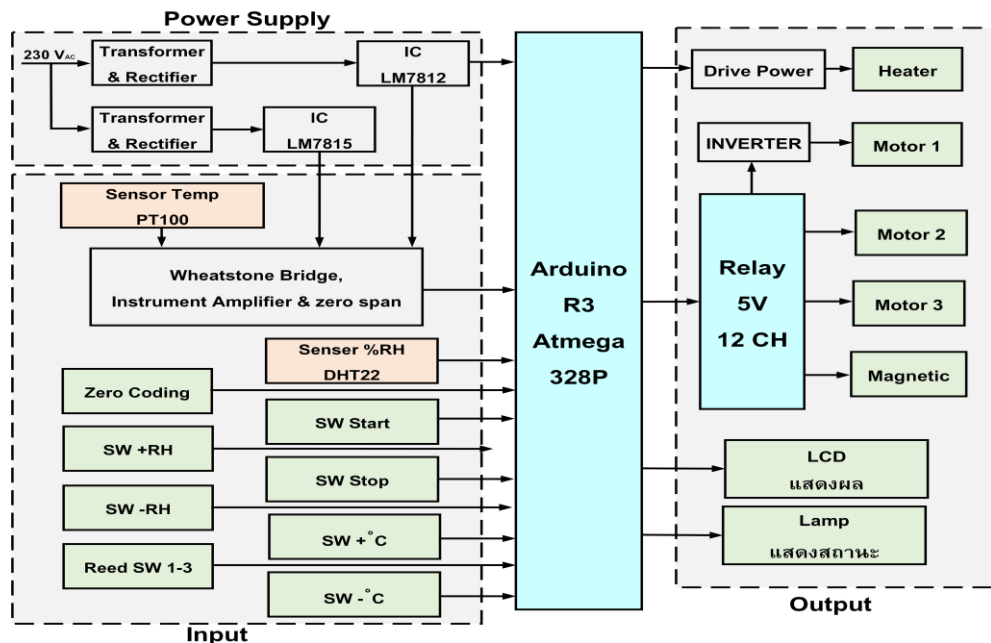
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยมีอินพุตคือเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น ทำหน้าที่เช็คค่าอุณหภูมิและความชื้นในหม้อคั่วพริก และปุ่มกดรับค่าจากผู้ใช้งาน ด้านเอาต์พุตประกอบด้วย มอเตอร์, จอแสดงผล, ไฟแสดงสถานะ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมอินเวอร์เตอร์สำหรับการควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 2 วงจรการควบคุมด้วยเฟสคอนโทรลด้วยไตรแอด



รูปที่ 3 ไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของรูปที่ 3 แรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V<sub>AC</sub> ต่อผ่านหม้อแปลงลดแรงดัน วงจรเรกติไฟ์และไอซีคงค่าแรงดัน LM7812 ขนาด 12 V<sub>DC</sub> และไอซีคงค่าแรงดัน LM7815 ขนาด 15 V<sub>DC</sub> เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด Arduino UNO R3 และวงจร Wheatstone Bridge ที่ใช้ Sensor-PT100 ต่อร่วมในวงจรเพื่อเป็นตัววัดอุณหภูมิและสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจร Wheatstone Bridge จะถูกส่งไปยังวงจร Instrument Amplifier and Zero Span เพื่อทำการขยายและปรับแต่งสัญญาณให้ได้ 0-5 V เพื่อจ่ายเข้าสู่บอร์ด Arduino UNO R3 นามาเป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิและใช้ Sensor DHT22 [3] เป็นตัววัดความชื้นมาเป็นเงื่อนไขเพื่อกำหนดการหยุดการทำงานของกระบวนการคัด การกำหนดหรือปรับค่าของอุณหภูมิจะใช้สวิทช์กดเพิ่มอุณหภูมิ (SW +°C) และใช้สวิทช์ลดอุณหภูมิ

(SW -°C) และใช้สวิทช์ (+RH) สำหรับเพิ่มความชื้น และใช้สวิทช์ (-RH) เพื่อลดความชื้น จะใช้สวิทช์ (SW-Start) สั่งเริ่มทำงาน สวิทช์ (Stop) เพื่อหยุดการทำงาน (Zero Coding) เป็นสัญญาณบอกตำแหน่งขณะแรงดัน 220 V<sub>AC</sub> อินพุตของขดลวดความร้อนตัดผ่านศูนย์ ในการควบคุมอุณหภูมิแบบ PI โดย Arduino [4] ซึ่งส่งสัญญาณพัลส์ไปยังวงจรขับไดรแอคคือวงจรควบคุมความร้อนของขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อควบคุมอุณหภูมิกระแสของ Heater และ Motor 1 (M1) ทำหน้าที่หมุนใบกวนที่ความถี่ 2.5 Hz และปั่นละเอียดที่ความถี่ 50 Hz Motor 2 (M2) ทำหน้าที่ปรับระดับถังคั่วให้หมุนขึ้นหมุนลง Motor 3 (M3) ทำหน้าที่ดึงชุด ครีชเปลี่ยนแกนระหว่างใบกวนกับใบมีดปั่นละเอียด และใช้ Magnetic ในการตัด-ต่อกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องคั่วและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ



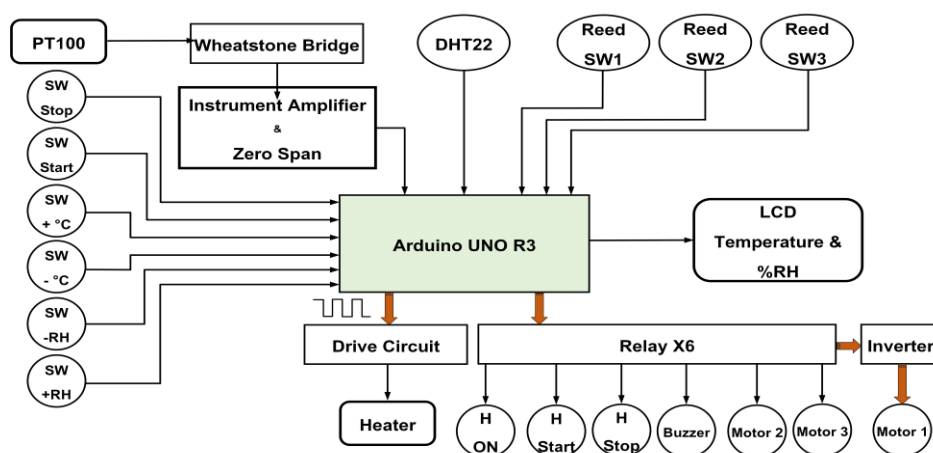
การทำงานของเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้ง กิ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการทำงานในภาคควบคุมของเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ โดยกำหนดให้เซ็นเซอร์ RTD PT100 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ นำสัญญาณมาขยายผ่านวงจร Instrument Amplifier and Zero Span ให้ได้สัญญาณ 0-5 V เข้า Arduino-UNO R3 เพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ กำหนดให้เซ็นเซอร์ DHT22 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นของอากาศที่ระบายออกมา สำหรับขดลวดความร้อน (Heater) จะทำหน้าที่ให้ความร้อนกับถังคว่ำ โดยระบบจะควบคุมแบบ PI ในโปรแกรม Arduino ส่งสัญญาณมากระตุ้นวงจรควบคุมมุมเฟส (Phase Control) เพื่อกำหนดมุมเฟสของรูปคลื่น [5] ตามเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมควบคุมจะทำให้กำลังไฟฟ้าของขดลวดความร้อน (Heater) เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามผลต่างของอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ส่วนของ M1 ทำหน้าที่หมุนใบกวนภายในถัง สำหรับ M2 ทำหน้าที่ปรับมุมเอียงถัง โดยทำงานร่วมกับ Reed Switch เมื่อความชื้นลดลง

ตามที่กำหนดจะหยุดให้ความร้อน ส่วนของ M3 ทำหน้าที่ดึงชุดคริชเปลี่ยนใบกวนเป็นใบปั่นของ M1 ทำการปั่น เมื่อจบการทำงาน Buzzer จะส่งเสียงดังแล้วเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งจะหยุดทำงาน ฟังก์ชันที่กล่าวมาทำงานภายใต้การควบคุมของ Arduino ประกอบด้วยวงจรในรูปที่ 4 และส่วนประกอบของเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งดังรูปที่ 5

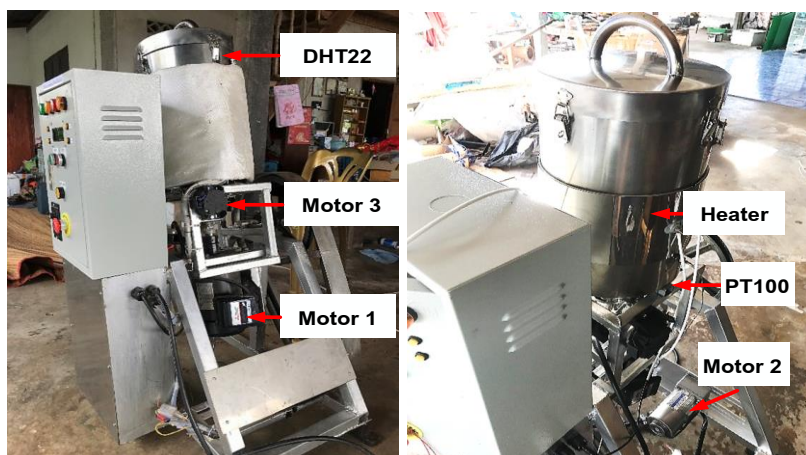
## 2.5 ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบ

นำพริกแห้งเด็ดก้านจัดเตรียมสำหรับการทดลอง ครั้งละ 500 กรัม ดังรูปที่ 6 และนำพริกแห้งไปคว่ำและปั่นละเอียดด้วยเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ โดยกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการคว่ำในแต่ละรอบ 60, 70, 80, 90, และ 100 °C ตามลำดับ

กำหนดความชื้น 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, และ 100 %RH ตามลำดับขณะคว่ำจนที่ค่าอุณหภูมิและความชื้นทุก ๆ 1 นาที จากการคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้ง สังเกตว่าในช่วงอุณหภูมิและความชื้นใดเหมาะสมที่สุด นำไปตั้งเป็นค่าเริ่มต้นของเครื่อง



รูปที่ 4 การทำงานในภาคควบคุม



รูปที่ 5 ตำแหน่งและส่วนประกอบของเครื่องคั่วและปั่นละเอียดพริกแห้ง



รูปที่ 6 แสดงพริกแห้งที่ตากก่อนคั่วและปั่นละเอียด

### 3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

#### 3.1 การทดสอบขั้นตอนการคั่ว

การเก็บผลในขั้นตอนคั่ว ในการทดลองใช้พริกแห้ง 500 กรัม โดยกำหนดอุณหภูมิในการคั่ว 60, 70, 80, 90, และ 100 °C ในแต่ละรอบตามลำดับ และกำหนดความชื้น 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, และ 100% RH ตามลำดับ ผลการสังเกตความหอมและสีของพริกแห้ง เมื่อกำหนดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

#### 3.2 การทดสอบขั้นตอนปั่นละเอียด

นำพริกแห้งไปปั่นละเอียดด้วยเครื่องคั่วและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ โดยกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วในแต่ละรอบ 60, 70, 80, 90, และ 100 °C ตามลำดับ และกำหนดความชื้น 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, และ 100 %RH ตามลำดับ แสดงผลสังเกตความละเอียดของพริกปั่นดังตารางที่ 2 ระยะเวลาในการปั่นละเอียดของพริกดูความละเอียดที่ได้ของพริกดังรูปที่ 7



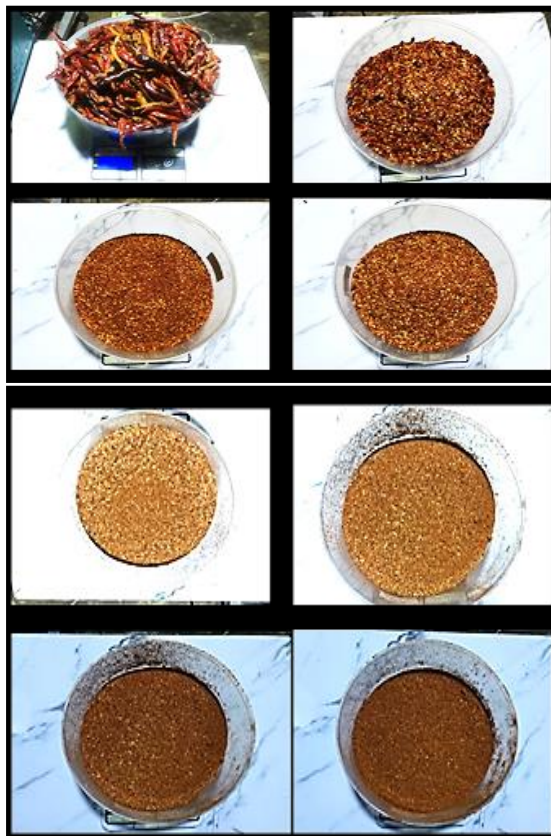
**ตารางที่ 1** ผลการสังเกตความหอมและสีของพริกแห้ง เมื่อกำหนดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน [6]

| อุณหภูมิในการคั่ว (°C) | ความหอมและสีของพริกแห้ง |
|------------------------|-------------------------|
| 60                     | ไม่มีกลิ่นหอมสีแดงสวย   |
| 70                     | กลิ่นหอมอ่อน ๆ สีแดงสวย |
| 80                     | กลิ่นหอมพอดีสีแดงสวย    |
| 90                     | กลิ่นไหม้อ่อน ๆ สีคล้ำ  |
| 100                    | กลิ่นไหม้สีกากดำ        |

**ตารางที่ 2** แสดงผลสังเกตความละเอียดของพริกป่น เมื่อกำหนดระยะเวลาในการปั่นที่แตกต่างกัน [7]

| ระยะเวลาในการปั่นละเอียด (นาที) | ความละเอียดที่ได้ |
|---------------------------------|-------------------|
| 1                               | ไม่ละเอียด        |
| 2                               | ละเอียดไม่มาก     |
| 3                               | ละเอียดไม่มาก     |
| 4                               | ละเอียดพอดี       |
| 5                               | ละเอียดมาก        |
| 5                               | ละเอียดเกินไป     |
| 7                               | ละเอียดเกินไป     |

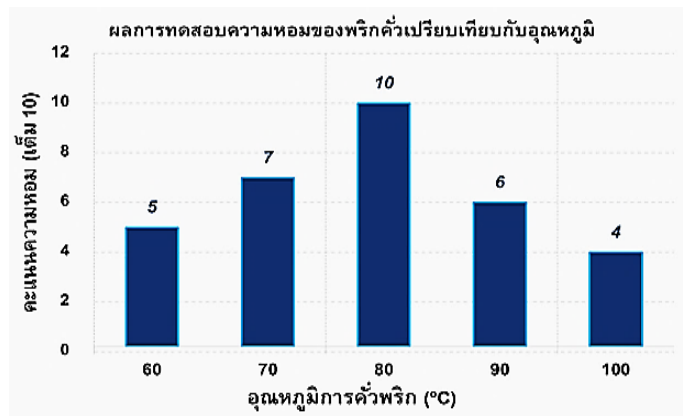
การคั่วที่ใช้พริกแห้งที่คั่วออกที่มีน้ำหนัก 500 กรัม โดยกำหนดค่าอุณหภูมิในการคั่วที่ต่างกันคือ 60, 70, 80, 90, และ 100 °C พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วพริกจะอยู่ที่ 80 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้สีของพริกแห้งมีสีแดงสวย และมีกลิ่นหอม เหมาะสมในการนำพริกไปประกอบอาหาร ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 8 ผู้เข้าร่วมทดสอบ



**รูปที่ 7** ลักษณะพริกป่นตามลำดับเวลาการปั่น

จำนวน 10 คน โดย 1 = ไม่หอมเลย, 10 = หอมมาก และการกำหนดค่าความชื้นสำหรับการสังเกตคั่วที่ค่า 70, 75, 80, 85, 90, 95, และ 100 %RH พบว่าค่าความชื้นที่ดีที่สุดในการหุ้ดคั่วจะมีค่าอยู่ที่ 85 %RH ลักษณะสีของพริกที่ค่าความชื้น 70 %RH ดังรูปที่ 9 และน้ำหนักลดลงเหลือ 441 กรัม กราฟรูปที่ 10 จะเป็นการแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา น้ำหนัก และค่าความชื้นของพริกที่คั่ว

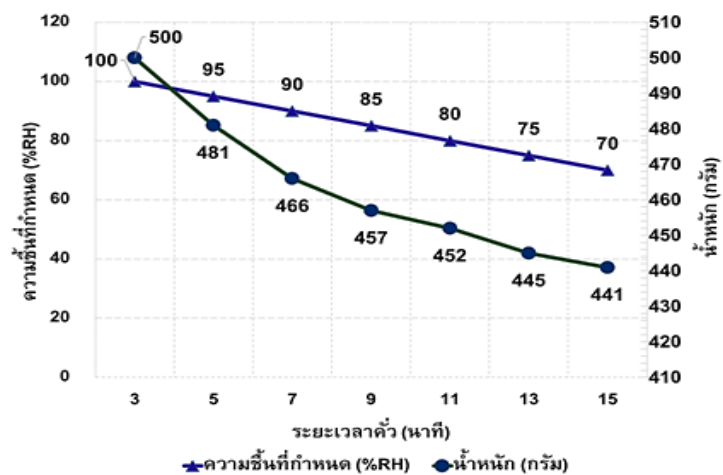




รูปที่ 8 ผลการทดสอบความหอมจากผู้ร่วมทดสอบ



รูปที่ 91 ลักษณะของพริกก่อนและหลังการคั่ว



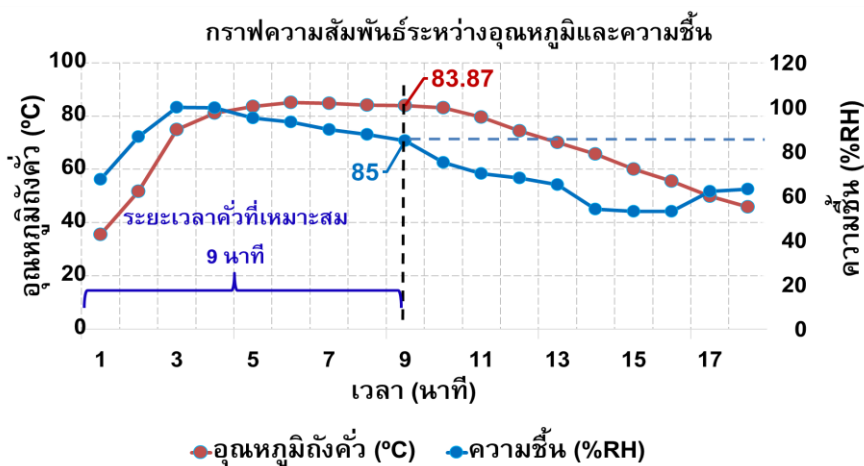
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักพริกกับค่าความชื้นและเวลา



จากผลการทำงานของเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติจะมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิและความชื้นในการใช้งาน ตามการทดสอบที่ได้ผลดีที่สุดจากข้างต้น คือ ความชื้นในการหยุดคว่ำที่ 85 %RH อุณหภูมิในการคว่ำ 80 °C โดยมีการกำหนดระยะเวลาสำหรับการระบายความร้อน 5 นาที และปั่นละเอียด 4 นาที

จากรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าความชื้นเห็นได้ว่าช่วงเริ่มต้นของการคว่ำจะมีอุณหภูมิและความชื้นมีค่าเท่ากับสภาพอากาศภายนอกที่อยู่ในสภาวะปกติคือค่าความชื้นประมาณ 60-70 %RH และค่าอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 35-40 °C จากนั้นเมื่อเครื่องเริ่มทำงานในขั้นตอนของการคว่ำ ความร้อนที่ได้จากขดลวดความร้อน (Heater) จะเริ่มแพร่กระจายไปรอบ ๆ ตัวถัง ส่งผลให้ความชื้นที่อยู่ในตัวพริกก็จะระเหยออกมา ส่งผลให้อากาศที่ระบายออกมามีความชื้นที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิที่ต้องการคว่ำอยู่ประมาณ 80 °C เมื่อความชื้นลดลงมาถึง 85 %RH จะตัดการทำงานของฮีตเตอร์ อุณหภูมิจะเริ่มลดลง และ

ความชื้นลดลงเพราะการระบายความร้อนออกมาทำให้ความชื้นลดลงเมื่อความชื้นที่ระบายออกมาต่ำลงค่าความชื้นก็จะกลับมาเท่ากับค่าความชื้นของอากาศภายนอก และจากการถ่ายเทความร้อนพริกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ภายในพริกเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและระเหยสู่อากาศและถ่ายเทไปสู่อากาศร้อน [8] ซึ่งในช่วงการดำเนินการอบแห้งเมื่อความชื้นถูกพาออกจากพริกทำให้ภายในพริกมีปริมาณน้ำลดลง [9] ในระหว่างนี้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลอยู่ภายในจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ด้านการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH) ภายในบริเวณห้องอบของเครื่องคว่ำและปั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าขณะเริ่มการทดสอบในช่วงแรกค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านค่าได้มีการเพิ่มขึ้น พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าที่กำหนดระบบการควบคุมอุณหภูมิจะสั่งหยุดการทำงานซึ่งในขณะนี้ อุณหภูมิและความชื้นยังคงลดลงเรื่อย ๆ [10] จนถึงค่าค่าหนึ่งค่าความชื้นจะเริ่มขึ้นอีกครั้ง



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นในพริกกับค่าความชื้นและเวลา



สำหรับทดสอบการบั่นละเอียดโดยใช้เวลาในการบั่นละเอียด 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 นาที จะเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาในการบั่นนานขึ้นยิ่งทำให้พริกบั่นละเอียดมากขึ้น ดังรูปที่ 9 แต่ความละเอียดที่มากไปก็เกินความจำเป็น ทำให้เสียเวลาและพลังงานที่ใช้ในการบั่นละเอียด [11] ซึ่งความละเอียดที่เหมาะสมที่สุดและใกล้เคียงกับพริกบั่นในท้องตลาดอยู่ในช่วงเวลา 3-5 นาที

การใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องคว้และบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ จากการทำงานของเครื่องคว้และบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ ในการทำงานของเครื่องจะกำหนดค่าเริ่มต้นในการใช้งานตามการทดลองที่ได้ผลดีที่สุด [11] จากข้างต้น คือความชื้นในการหยุดคว้ที่ 85 %RH อุณหภูมิในการคว้ 80 °C ระยะเวลาในการบั่นละเอียด 4 นาที และผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ โดยกดปุ่มที่หน้าตู้ ส่วนการแสดงผลสามารถแสดงผลด้วยจอ LCD ซึ่งจะมีการแสดงค่า ฟังก์ชันขณะทำงาน ค่าอุณหภูมิ และความชื้นในส่วนของการคว้ 1 รอบใช้เวลารวมทั้งหมด 18 นาที การคำนวณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องคว้และบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ จากสมการการคำนวณค่าไฟฟ้าดังนี้

$$p = v \cos(\theta) \quad (1)$$

$$w = \frac{p \times t}{1,000} \quad (2)$$

เมื่อ  $w$  คือหน่วยการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

$p$  คือกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)

$t$  คือจำนวนชั่วโมง (ชั่วโมง)

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องคว้และบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติจากการ

คำนวณหาหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากสมการที่ (2) ในการคว้ที่อุณหภูมิ 80 °C และความชื้นในการหยุดคว้ 85 %RH เตรียมการบั่น 5 นาที และบั่นละเอียด 4 นาที ใช้เวลาในการทดสอบในการใช้เครื่องคว้และบั่นละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ มีหน่วยการใช้ไฟฟ้ารวม =  $0.0327040(4) + 0.0207167 + 0.0019906(9) + 0.0038628(4) = 0.184899267$  ยูนิท ในการคิดค่าไฟฟ้า ใช้หลักอัตราค่าไฟฟ้า แบบก้าวหน้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยโดยมีอัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนใน 15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1-15) คิดราคาหน่วยละ 2.3488 บาท คิดเป็นเงิน =  $0.184899267 \times 2.3488 = 0.4342696$  เป็นเงินประมาณ 0.44 บาท

#### 4. บทสรุป

เครื่องคว้และบดละเอียดพริกแห้งกึ่งอัตโนมัติ สามารถกำหนดอุณหภูมิและความชื้นได้ตามต้องการซึ่งการควบคุมอุณหภูมิแบบ PI ร่วมกับเฟสคอนโทรล ทำให้อุณหภูมิที่ได้มีความสม่ำเสมอ [12] ซึ่งในการทดลองการควบคุมอุณหภูมิแบบ PI โดยกำหนดอุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 30 นาที และได้มีการสร้างสถานการณ์รบกวนโดยการเปิดฝาทิ้งระบายอากาศทำให้อุณหภูมิลดลงกะทันหันแล้วปิดฝากลับเพื่อดูว่าระบบ PI สามารถควบคุมอุณหภูมิให้กลับมา 80 °C พบว่าอุณหภูมิไม่คงที่ที่มีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนดสูงสุดประมาณ 2 °C เมื่อทำการรบกวนระบบให้อุณหภูมิต่ำลงกะทันหัน พบว่า ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้กลับมา 80 °C ภายในเวลา 2 นาที ในการบั่นพริกให้ละเอียดโดย ใบมีดจะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 950 รอบ/นาที และสามารถตั้งอุณหภูมิ



สูงสุดได้  $160^{\circ}\text{C}$  แต่จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วคือ  $80^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิที่แสดงผลบนหน้าจอ LCD มีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงสูงสุดประมาณ  $2.05^{\circ}\text{C}$  เมื่อกำหนดความชื้นที่แตกต่างกันคือ 70, 75, 80, 85, 90, 95, และ  $100\% \text{RH}$  พบว่า ค่าความชื้นในการหยุดคั่วที่  $85\% \text{RH}$  มีกลิ่นหอม สีแดงสวย เหมาะสมในการนำพริกไปประกอบอาหารสดคล่อง [12] เมื่อใช้อุณหภูมิเกิน  $90^{\circ}\text{C}$  จะส่งผลต่อการเกิดสารอะคริลาไมด์ในพริกป่นสดคล่องกับ [13] อาจมีผลต่อความหอมและสีของพริกแห้งด้วย เวลาที่ใช้เหมาะสมในการคั่วอยู่ประมาณ 9 นาที และน้ำหนักพริกจะลดลงจาก 500 กรัม เหลืออยู่ 457 กรัม ขั้นตอนบั่นละเอียด โดยทำการบั่นละเอียดในแต่ละรอบตามระยะเวลาที่ตั้งคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 นาที ตามลำดับ ในการบั่นพริกให้ละเอียดไปมีดจะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 950 รอบ/นาที พบว่าในช่วงเวลา 3-5 นาที เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการบั่นละเอียด สรุปเวลาในการทำงานของเครื่องคั่วประมาณ 9 นาที ระบายความร้อนก่อนบั่นละเอียด 5 นาที บดละเอียด 4 นาที รวมเป็นประมาณ 18 นาที ต่อ 1 รอบการทำงาน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวสโรชา ประกอบเพียร และนายศักดิ์สิทธิ์วิสุทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ช่วยทำการทดสอบเครื่องคั่วและบั่นละเอียดพริกแห้งกิ่งอัตโนมัติ

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Sukchum, S. Surasereewong and K. Chaethong, Influence of processing and storage conditions on physicochemical properties of chili powder and roasted chili powder, RMUTP Research Journal, 2022, 16(1), 83–94.
- [2] B. Wangsilabatra, P. Chophabundit, Single phase sinusoidal voltage waveform ac voltage control based on chopper for resistive load, Pathumwan Academic Journal, 2012, 2(5), 65–71.
- [3] H. Azhari, T. Nasution and S.H. Sinaga, Design of monitoring system temperature and humidity using dht22 sensor and nrf24l01 based on arduino, Journal of Physics Conference Series, 2023, 21(1), 1–9.
- [4] N. Somchaiwong, J. Phiboonsin and P. Chaikam, Designing and constructing an essential oil distiller with closed loop control, Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University, 2022, 9(1), 25–36.
- [5] L.S. Tat and Y.K. Haur, Remote ac power control by using microcontroller, Journal of Telecommunication Electronic and Computer Engineering, 2016, 8(12), 53–58.



- [6] M. Liu, L. Hu, N. Deng, Y. Cai, H. Li, B. Zhang and J. Wang, Effects of different hot-air drying methods on the dynamic changes in color, Nutrient and Aroma Quality of Three Chili Pepper (*Capsicum Annuum* L.) Varieties, Food Chem X 2024, 22, 101262.
- [7] S.S Singh, B.M. Ghodki and T.K. Goswami, Effect of grinding methods on powder quality of king chili, Journal of Food Measurement and Characterization, 2018, 12(3), 1686–1694.
- [8] A. Krzykowski, S. Rudy, R. Polak, B. Biernacka, A. Krajewska, E. Janiszewska-Turak, I. Kowalska, J. Żuchowski, B. Skalski, and D. Dziki, Drying of red chili pepper (*Capsicum annuum* L.): Process kinetics, color changes carotenoid content and phenolic profile, Molecules, 2024, 29(21), 5164.
- [9] C. Hommalee, S. Wiriyasart and P. Naphon, Development of cold-hot water dispenser with thermoelectric module systems, Journal Heat Transfer - Asian Research, 2019, 48(3), 854–863.
- [10] E. Kathiravan, U.N.D. Harinarayanan, K. Murugavel, K. Subburamu, S. Karuppusamy, D. Maduraimuthu, V.S. Sethuraman, G. Jothiprakash, K. Palaniappan and S. Sridarane, Drying kinetics and mathematical modelling of aggregatum onion (*Allium cepa* L. var. *aggregatum* Don.) dried using cabinet dryer, Fresenius Environmental Bulletin, 2025, 33(12), 1469–1479.
- [11] N. Hussain, N.A. Rahim and N. Azhar, Physicochemical properties of chili padi centil (*capsicum frutescens*) powder dried at different drying temperatures, Food Research 4, 2020, 4(1), 139–144.
- [12] N. Sukchum, Changes in capsaicinoid during product development process of chili powder, Thesis, Rangsit University, Thailand, 2020.
- [13] P. Kluengklangdon, M. Uraroongroj, Effect of temperature and duration of thermal process on the occurrence and stability of acrylamide in chili powder, Bulletin of the Department of Medical Sciences, 2017, 59(4), 216–225.