

บทความวิจัย (Research Article)

ศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิจากฮีตเตอร์เพื่อใช้กับเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติ

อนุวัช แสนพงษ์¹, ภัคคิปี ไกรโสตา², เสาวนีย์ จันทร์สว่าง¹, ศิวัญ เหล่าบุตรสา¹ และ ไฉไล ชาเสน^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

* ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: chailai.bo@ksu.ac.th โทรศัพท์: 083-1401020

(รับบทความ: 4 มีนาคม 2568; แก้ไขบทความ: 1 เมษายน 2568; ตอรับบทความ: 3 เมษายน 2568)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิจากฮีตเตอร์ที่ใช้ในเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยทดลองอุณหภูมิที่ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส และศึกษาผลกระทบต่อคุณสมบัติของมะม่วงกวน ได้แก่ ความหนืด (Pa·s) น้ำหนัก (กรัม) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb) การทดลองดำเนินการโดยใช้มะม่วงมหาชนกปิ่น 2,000 กรัม และกวนต่อเนื่องในช่วงเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ความเร็วในการกวน 15 รอบต่อนาที กระจกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 นิ้ว ให้ความร้อนด้วยระบบฮีตเตอร์ขนาด 2,500 วัตต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการกวนมีอิทธิพลต่อคุณภาพของมะม่วงกวน โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเร่งการระเหยของน้ำส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงและความหนืดเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการกวน 90 นาที เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดได้น้ำหนักหลังการกวนที่ 730 กรัม เนื่องจากให้ค่าความหนืดใกล้เคียงค่าอ้างอิง 0.498 Pa·s และเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมประมาณ 70.32 %wb ทั้งนี้ การควบคุมอุณหภูมิและเวลาการกวนให้เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : เครื่องกวนมะม่วง ความหนืด เปอร์เซ็นต์ความชื้น อุณหภูมิ ฮีตเตอร์

การอ้างอิงบทความ: อนุวัช แสนพงษ์, ภัคคิปี ไกรโสตา, เสาวนีย์ จันทร์สว่าง, ศิวัญ เหล่าบุตรสา และ ไฉไล ชาเสน, "ศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิจากฮีตเตอร์เพื่อใช้กับเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติ," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 3, ฉบับที่ 2, หน้า 30-40, 2568.

บทความวิจัย (Research Article)

A Study on the Feasibility of Utilizing Heater-Generated Temperature in a Semi-Automatic Mango Stirring Machine

Anuwat Saenpong¹, Pakkip Kraisoda², Sawanee Jansawang¹, Siwanu Lawbootsa¹ and Chailai Sasen^{1,*}

¹ Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

² Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: chailai.bo@ksu.ac.th, Tel: 083-1401020

(Received: March 4, 2025; Revised: April 1, 2025; Accepted: April 3, 2025)

Abstract

This research aims to study the suitability of temperature from heaters used in semi-automatic mango stirrers. The temperature tests were tested at 90, 100, 110 and 120°C to study the effects on the properties of stirred mangoes, including viscosity (Pa·s), weight (grams) and percentage moisture (%wb). The experiment was conducted using 2,000 grams of *MAHACHANOK (Mangifera indica L.)* MANGO and stirring continuously at intervals of 30, 60, 90 and 120 minutes. The experimental setup consisted of a 22-inch diameter stirring pan, which was rotated at a fixed speed of 15 rpm. The heating process was performed using a 2,500-watt electric heater to maintain the required thermal conditions. The results showed that the temperature and time used for stirring significantly influenced the quality of the stirred mangoes. For the reason, higher temperatures accelerate the evaporation of water. As a result, moisture decreases and viscosity increases. The temperature of 110°C and the stirring time of 90 minutes are the optimal values for the weight after stirring at 730 grams. This is because the viscosity value is close to the reference value of 0.498 Pa·s and the percentage moisture is at an appropriate 70.32%wb. However, optimum temperature control and stirring time are important factors for product quality.

Keywords: Mango Stirring Machine, Viscosity, Percentage Moisture, Temperature, Heater

Please cite this article as: A. Saenpong, P. Kraisoda, S. Jansawang, S. Lawbootsa and C. Sasen, "A Study on the Feasibility of Utilizing Heater-Generated Temperature in a Semi-Automatic Mango Stirring Machine," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 3, no. 2, pp. 30-40, 2025.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีอย่างหลากหลาย เช่น การพัฒนาสูตรไอศกรีมที่ใช้สารให้ความคงตัว เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส เพิ่มความต้านทานการละลาย และทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความยอมรับจากผู้บริโภคในระดับสูง [1] นอกจากนี้ยังมีการผลิตแยมมะม่วงมหาชนกร่วมกับหัวมันแกว ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย คุณภาพสูง และตรงตามมาตรฐานทั้งในด้านคุณสมบัติทางเคมีและการยอมรับของผู้บริโภค [2] ด้วยความโดดเด่นของมะม่วงมหาชนกที่มีคุณลักษณะทั้งด้านรสชาติ ความหวานอมเปรี้ยว เนื้อแน่น และคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น ปริมาณแคลอรีที่น้อยและสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยเสริมสุขภาพ ทำให้เป็นที่ต้องการในตลาดทั้งในและต่างประเทศ [3] ดังนั้นการพัฒนาแบบองค์รวมทั้งในด้านผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และการบริหารจัดการ จึงเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับการยกระดับมะม่วงพันธุ์มหาชนก เพื่อให้มีศักยภาพในเชิงเศรษฐกิจและเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรอื่น ๆ ในประเทศไทยได้อย่างยั่งยืน นอกเหนือจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัยและเหมาะสมสำหรับมะม่วงมหาชนก ยังช่วยเพิ่มความดึงดูดและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่เน้นความทนทาน ความสวยงาม และการรองรับการขนส่งระยะไกล มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคและช่วยยกระดับตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ [4] และอย่างไรก็ตามการผลิตมะม่วงในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวมักมีปัญหาล้นตลาด ส่งผลให้ราคาตกต่ำ เกษตรกรต้องเผชิญความยากลำบากในการสร้างรายได้ที่ยั่งยืน

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับกระบวนการแปรรูปมะม่วงจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดการสูญเสีย และรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเครื่องแยกเนื้อมะม่วงสุก ได้ช่วยลดเวลาและแรงงานในกระบวนการผลิต ขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5] ในขณะเดียวกันมีการศึกษาเครื่องกวนไส้ขนมและเครื่องกวนน้ำตาลแบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งออกแบบมาให้ควบคุมอุณหภูมิผ่านระบบฮีตเตอร์ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดต้นทุนแรงงานได้ถึง 95% และเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ [6,7] อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมากที่สุด รองลงมาคือความดันและระยะเวลาการคงความดัน พารามิเตอร์ด้านคุณภาพที่สามารถรักษาคุณภาพน้ำมะม่วงและความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8] จากการศึกษาเพิ่มเติมมีการพัฒนาเครื่องกวนเนื้อมังคุดที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยใช้ระบบแก๊สที่สามารถปรับการจ่ายความร้อนได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้กระบวนการกวนเนื้อมังคุดมีความสม่ำเสมอและลดการสูญเสียเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล เพื่อวัดอุณหภูมิที่ได้กระทำให้สามารถควบคุมระดับความร้อนได้อย่างแม่นยำ สามารถช่วยให้กระบวนการผลิตเนื้อมังคุดมีคุณภาพสูงขึ้น ลดเวลาในการแปรรูป และเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาคุณภาพของวัตถุดิบ ทั้งในแง่ของเนื้อสัมผัส สี และความสามารถในการจัดเก็บได้นานขึ้น [9] นอกจากนี้พบว่าการควบคุมอุณหภูมิและเวลา

บทความวิจัย (Research Article)

ในการอบแห้งส่งผลโดยตรงต่อคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การคงสารต้านอนุมูลอิสระและฟีนอลิก ตลอดจนรักษาสีและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ [10,11] ขณะเดียวกันการศึกษากการบำบัดด้วยเทคโนโลยีพลาสมาเย็น เป็นอีกวิธีในการยืดระยะเวลาในการเก็บมะม่วงที่ ถือว่าปลอดภัยต่อสารพิษตกค้าง นอกเหนือจากกระบวนการทางความร้อน และเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในมะม่วงหั่นสด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูงขึ้นและปลอดภัยต่อการบริโภค [12] สุดท้ายการสนับสนุนชุมชนผ่านการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับวิสาหกิจชุมชน เช่น เครื่องตีเนื้อสำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วงตากเกรด ช่วยในการเพิ่มรายได้และความมั่นคงให้กับเกษตรกร โดยสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 5 กิโลกรัมเป็น 50 กิโลกรัม และลดแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญ [13] แต่ด้วยเหตุผลที่มีการพัฒนาเครื่องจักรที่ผ่านมารวมถึงมีขายตามท้องตลาดกำลังผลิตค่อนข้างใหญ่มากกว่า 50 กิโลกรัม ซึ่งในกลุ่มแปรรูปขนาดเล็กถือว่าราคาค่อนข้างสูงและเกินกำลังการผลิตต่อวัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ฮีตเตอร์ในเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ โดยศึกษาอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียสลำดับต่อไป

2. วิธีวิจัย

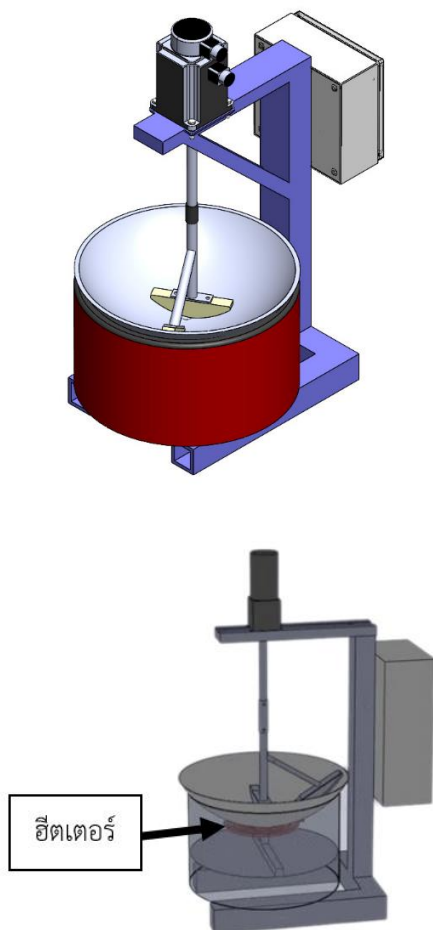
การพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปมะม่วง เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ เงื่อนไขสำคัญของการแปรรูปให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพคือการควบคุมความ

ร้อนในกระบวนการผลิต [8] เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความหนืด สี และรสชาติของมะม่วงกวน ปัจจุบันเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติได้รับการพัฒนา เพื่อลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการกำหนดอุณหภูมิที่เหมาะสมจากฮีตเตอร์ยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องศึกษา เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด โดยในการศึกษารั้งนี้กำหนดขั้นตอนการเตรียมวัสดุและการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การออกแบบโครงสร้าง

เครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติชนิดให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ มีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 43 x 57 x 110 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 วัตต์ หรือ 0.12 แรงม้า อ้างอิงหลักการคำนวณตามสมการที่ (2) แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังขับ ความเร็วในการกวน 15 รอบต่อนาที กระทะกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 นิ้ว ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องกวนมะม่วงแบบกึ่งอัตโนมัติชนิดให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 1 และ 2 โครงสร้างทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ใบกวนสามารถถอดประกอบได้ง่าย และให้ความร้อนด้วยระบบฮีตเตอร์ขนาด 2,500 วัตต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความเร็วรอบได้โดยชุดกล่องควบคุมด้านหลังเครื่องที่ประกอบไปด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิ ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์และสวิตช์เปิด-ปิดตัวเครื่อง

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 เครื่องกวนมะม่วงที่ออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของฮีตเตอร์ที่ใช้จากสมการ
ที่ (1)

$$Q = h_{overall} A (T_f - T_w) \quad (1)$$

โดยที่

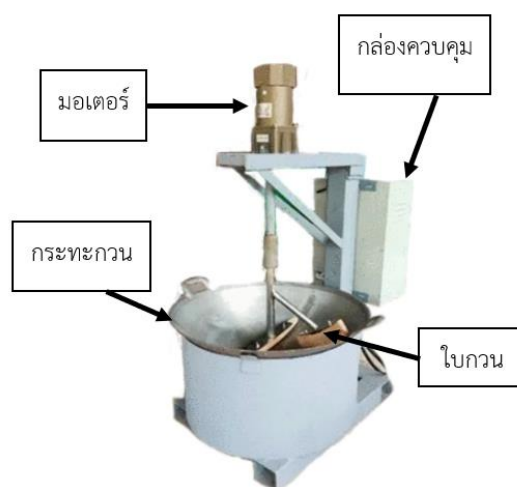
Q คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่ภาชนะ
(Watt)

$h_{overall}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
รวม ($W / m^2 \cdot K$)

A คือ พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่กัน
ภาชนะ (m^2)

T_f คือ อุณหภูมิของรังสีความร้อน (K)

T_w คือ อุณหภูมิที่ผิวของกันภาชนะ (K)



รูปที่ 2 เครื่องกวนมะม่วง

$$Wp = 2\pi nT \quad (2)$$

โดยที่

Wp คือ กำลังมอเตอร์ (watt)

n คือ ความเร็วรอบที่ต้องการใช้งาน (rpm)

T คือ แรงบิด (N.m)

สมการการคำนวณกำลังของมอเตอร์ เพื่อ
พิจารณาในด้านของต้นกำลังที่ใช้ขับใบกวนใน
กระบวนการกวน จะใช้สมการที่ (2) ในการคำนวณ

2.2 การทดลอง

ก่อนกำหนดระยะเวลาและอุณหภูมิในการกวน
ของการทดลอง จะทำการกวนมะม่วงตัวอย่างโดย

บทความวิจัย (Research Article)

กลุ่มเกษตรกร ผู้แปรรูปมะม่วงมหาชนกวน ซึ่งทำการกวนโดยให้ความร้อนจากแก๊สหุงต้ม (ไฟอ่อนหรืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส) น้ำหนักเริ่มต้น 2 กิโลกรัม หรือ 2,000 กรัม ในการกวนด้วยแรงงานคน ซึ่งเกษตรกรจะกวนโดยประมาณการอุณหภูมิและเวลาตามความชำนาญของผู้กวน จะกวนไปเรื่อย ๆ จนกว่าสี ความหนืด และเปอร์เซ็นต์ความชื้น จะได้ตามระดับความต้องการของเกษตรกร เมื่อเห็นว่าเหมาะสมแล้ว ทางผู้วิจัยจะนำตัวอย่างของมะม่วงที่ผ่านการกวนแล้วเข้าสู่กระบวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และความหนืด เก็บข้อมูลระยะเวลาทั้งหมดของการกวน ซึ่งพบว่าใช้เวลาในการกวน 120 นาที น้ำหนักทั้งหมดเหลือ 1.05 กิโลกรัม หรือ 1,050 กรัม จึงได้มะม่วงที่มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมกับการนำไปตากแห้ง เมื่อผ่านการตากแดดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วมีสีที่สวยเหมาะสมกับการนำไปบรรจุเพื่อจำหน่ายต่อไป ก่อนนำไปตากค่าความหนืดหลังจากการเข้าเครื่องทดสอบได้เท่ากับ 0.461 Pa.s และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้เท่ากับ 70.32%wb โดยจะกำหนดค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าอ้างอิงที่ใช้อ้างอิงคุณสมบัติจากการกวน เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการทดลอง รายละเอียดดังนี้

1) เตรียมเนื้อมะม่วงสุกป่น 2,000 กรัม

2) นำสายวัดอุณหภูมิติดใต้กระทะกวน นำกระทะกวนติดตั้งกับเครื่องกวน ติดตั้งใบกวนเข้ากับแกนมอเตอร์ให้แน่นกำหนดระยะใบกวนห่างจากกระทะพอประมาณ

3) เสียบปลั๊ก เปิดสวิตช์เบรกเกอร์ เปิดสวิตช์ตัวควบคุมอุณหภูมิ เปิดสวิตช์ตัวควบคุมมอเตอร์ ตั้งค่า

รอบการหมุนของมอเตอร์ ตั้งค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ตามการทดลอง และนำมะม่วงที่เตรียมไว้เทลงในกระทะ จับเวลา และคอยสังเกตความผิดปกติของการทดลอง

4) เมื่อครบเวลา ปิดสวิตช์ตัวควบคุมมอเตอร์ ปิดสวิตช์ตัวควบคุมอุณหภูมิ และปิดสวิตช์เบรกเกอร์ ซึ่งน้ำหนักของเนื้อมะม่วงสุก บันทึกผล นำเนื้อมะม่วงสุกไปตากแดดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อดูสีและความเหนียวในลำดับต่อไป

5) ในการทดลองจะกำหนด ขอบเขตของอุณหภูมิและระยะเวลาในการกวนดังนี้

(1) อุณหภูมิที่ใช้ในการกวน 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส

(2) ระยะเวลาในการกวน 30, 60, 90 และ 120 นาที

2.3 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการกวนมะม่วงมหาชนก โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการกวนมะม่วงมหาชนก มีขั้นตอนการทำงานและความแม่นยำแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์วิเคราะห์การทดลอง

รายการ	ย่านการทำงาน (Ranges)	ค่าความแม่นยำ (Accuracy)
เครื่องชั่งดิจิตอล	0.1-110 kg	± 0.05%
นาฬิกาจับเวลา	0.01 sec - 999.99 min	± 0.5%

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์วิเคราะห์การทดลอง (ต่อ)

รายการ	ย่านการทำงาน (Ranges)	ค่าความ แม่นยำ (Accuracy)
มิเตอร์ไฟฟ้า	0.1-999.9 kw	$\pm 0.1\%$
เครื่องวัดความหนืด	20 - 100,000 mPa·S	$\pm 1\%$
เครื่องวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น	50°C - 200°C	$\pm 0.1\%$

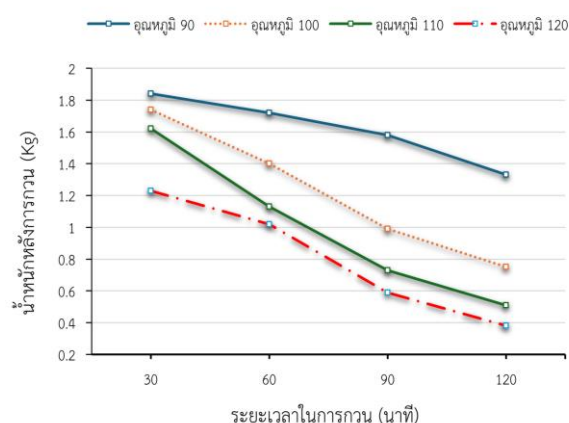
หมายเหตุ ในการวิเคราะห์ผล จะทำการวิเคราะห์ ความหนืด เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb) และน้ำหนักหลังผ่านการกวนในแต่ละอุณหภูมิ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลอง ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการกวนมะม่วงที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 2 กิโลกรัม ในกระบวนการระเหยน้ำและการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดและเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของมะม่วง โดยได้ทดลองในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ได้แก่ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่สำคัญของทั้งอุณหภูมิ และระยะเวลาในการกวนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด การลดลงของน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากการระเหย โดยสามารถสรุปเกี่ยวกับมะม่วงหลังการกวนลดลง เมื่อเวลาผ่านไปในทุกช่วงอุณหภูมิ ซึ่งบ่งชี้ว่าอุณหภูมิและเวลาส่งผลต่อการศึกษาดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของมะม่วงหลังการกวนลดลงอย่างต่อเนื่องทุกช่วงเวลา และลดลงมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีจุดเริ่มต้นเท่ากับ 2 กิโลกรัม หรือ 2,000 กิโลกรัม ในทุกเงื่อนไขอุณหภูมิ ในกระบวนการกวนมะม่วงอุณหภูมิที่สูงและการกวนอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการระเหยของ

น้ำออกจากเนื้อมะม่วง ส่งผลให้น้ำหนักรวมของมะม่วงลดลงเรื่อยๆ ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการระเหยก็จะเร็วขึ้น ส่งผลให้กราฟของอุณหภูมิสูง (เช่น 120 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักที่ลดลงอย่างรวดเร็วกว่าการใช้ความร้อนต่ำที่ 90 องศาเซลเซียส จะสูญเสียน้ำช้ากว่าจึงเห็นว่าหลังผ่านไป 120 นาที น้ำหนักยังคงสูงกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่สูงกว่าที่ 120 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงสุด ทำให้น้ำหนักลดลงเร็วและเหลือน้อยกว่าที่อุณหภูมิอื่นในช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะระเหยออกอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้น้ำหนักมะม่วงลดลงตามลำดับ ถึงแม้จะใช้อุณหภูมิเท่ากันหากกวนเป็นเวลานาน น้ำหนักก็จะลดลงมากกว่าช่วงเวลากวนสั้น ๆ หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นมาก (เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ) ควรใช้อุณหภูมิสูงและเวลาการกวนนานขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงรสชาติ สี และคุณค่าทางโภชนาการที่อาจเปลี่ยนไป [8]

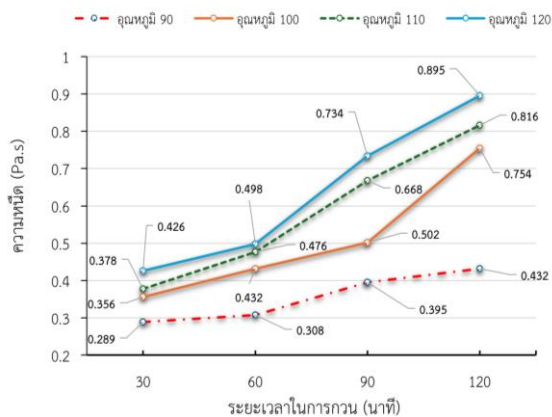


รูปที่ 3 น้ำหนักมะม่วงหลังผ่านการกวน

การเปรียบเทียบระยะเวลาการกวนและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความหนืดอ้างอิง ที่ได้จากการกวนของ

บทความวิจัย (Research Article)

กลุ่มเกษตรกร ซึ่งมีค่าความหนืด อยู่ที่ 0.498 Pa·s
นำเสนอในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการกวน
และความหนืด (Pa·s)

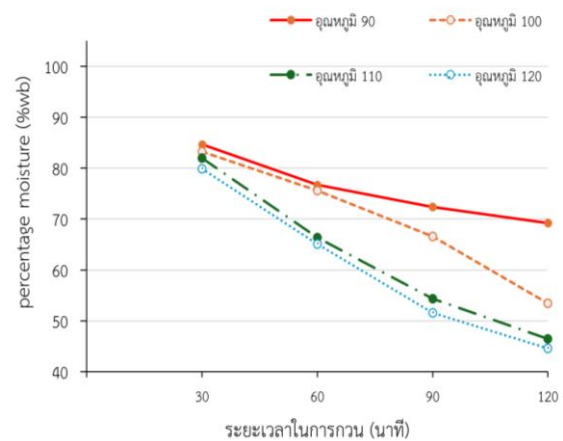
พิจารณาอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา
กวน 30 นาที ค่าความหนืดช่วงเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ
0.289 Pa·s แม้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่ที่เวลา 120 นาที
ค่าความหนืดประมาณ 0.432 Pa·s ซึ่งต่ำกว่าค่า
อ้างอิง 0.498 Pa·s ตลอดช่วงเวลาที่ทดลองมีค่าความ
หนืดไม่ถึงค่าความหนืดที่ใช้อ้างอิงแม้จะกวนนาน 120
นาที

พิจารณาอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในช่วง
เวลา 30 นาที ค่าความหนืดช่วงเริ่มต้นอยู่ที่
ประมาณ 0.356 Pa·s และเพิ่มเป็น 0.476 Pa·s ที่ 60
นาที และที่ 90 นาที ค่าความหนืดประมาณ 0.526
Pa·s ซึ่งสูงกว่า 0.498 Pa·s โดยประมาณ ซึ่งแนวโน้ม
ของอุณหภูมิที่มีผลให้ความหนืดสูงกว่า 0.498 Pa·s
จะประมาณ 70–75 นาที

พิจารณาอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ในช่วง
เวลา 30 นาที ค่าความหนืดช่วงเริ่มต้นอยู่ที่

ประมาณ 0.379 Pa·s และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถึงค่าความ
หนืดอ้างอิง 0.498 Pa·s ใช้เวลา 40–45 นาที

พิจารณาอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในช่วง
เวลา 30 นาที ค่าความหนืด 0.42 Pa·s และเพิ่มเป็น
0.476–0.609 Pa·s เมื่อเวลานานขึ้น ค่าความหนืดจะ
สูงขึ้นชัดเจน ถึง 0.895 Pa·s เร็วที่สุดในทุกอุณหภูมิ
ที่ทดลอง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการกวน
และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น



รูปที่ 6 (ก) มะม่วงกวนของกลุ่มผู้แปรรูป
(ข) มะม่วงกวนจากอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
และระยะเวลา 90 นาที

บทความวิจัย (Research Article)

ความหนืดที่มีค่าสูงขึ้น เป็นผลต่อความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงเรื่อย ๆ หลังการกวนในสภาพอุณหภูมิที่ต่างกัน สามารถอธิบายได้ตามนี้

การลดลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้น อธิบายไว้ในเส้นแนวโน้ม ตามรูปที่ 5 การกวนมะม่วงทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อมะม่วงระเหยออก เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นจะลดลงตามอุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิสูงยิ่งทำให้ความชื้นระเหยเร็วขึ้นและทำให้ค่าความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบความชื้นตามค่าอ้างอิงก่อนนำไปตาก อยู่ที่ 70.32% อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ยังคงสูงกว่า 70.32% ตลอดช่วงเวลาที่ทดลองที่เวลาการกวน 120 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้น ยังคงอยู่โดยประมาณ 75% อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงในช่วงเวลาประมาณ 90–100 นาที อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่า 70.32% หลังจากทำการกวนประมาณ 40 นาที เมื่อผ่านไป 90 นาที ตามรูปที่ 6 ได้สีของมะม่วงที่ผ่านการกวนได้ตามความต้องการของกลุ่มผู้แปรรูป ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเร็วที่สุดโดยอยู่ต่ำกว่า 70.32%wb ในการกวนเพียงประมาณ 30 นาที แต่ในกรณีที่กวนด้วยอุณหภูมิสูง ข้อควรระวังคือเนื้อสัมผัสที่ต้องการโดยไม่ทำให้เกิดการไหม้หรือเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

4. สรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองกวนมะม่วงภายใต้อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติสำคัญ

ได้แก่ ความหนืด (Pa·s), น้ำหนัก (กิโลกรัม) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น (% wb) โดยเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่กำหนด (เช่น ความหนืด 0.498 Pa·s และเปอร์เซ็นต์ความชื้น 70.32%wb ทั้งนี้เพื่อให้เห็นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการกวนที่มีต่อคุณภาพของมะม่วงกวน

ผลการทดลองพบว่าการกวนที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 90 นาที เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากค่าความหนืดของมะม่วงกวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการกวน เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า ให้ค่าความหนืดใกล้เคียง 0.498 Pa·s ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ที่ประมาณ 70.32%wb ส่วนน้ำหนักของมะม่วงกวนลดลงตามระยะเวลาที่กวน ได้น้ำหนักหลังการกวนที่ 730 กรัม ซึ่งเป็นผลจากการระเหยน้ำในมะม่วงกวน โดยเฉพาะในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ทำให้อัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การเลือกใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการกวนจึงมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ผลลัพธ์ที่สอดคล้องระหว่างเนื้อสัมผัสและสี

ข้อเสนอแนะ สำหรับการพัฒนางานวิจัยควรติดตั้ง เซ็นเซอร์วัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น แบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถปรับอุณหภูมิและเวลาการกวนได้แม่นยำ ใช้ การกวนแบบสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการเกิดเนื้อสัมผัสไม่สม่ำเสมอ และป้องกันการไหม้ของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการกวนผลิตภัณฑ์หรือวัตถุดิบอย่างอื่นได้ เพิ่มปริมาณความจุของวัตถุดิบหรือเปลี่ยนลักษณะของภาชนะ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตตามขนาดของวิสาหกิจชุมชนหรือตามที่ต้องการได้

บทความวิจัย (Research Article)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Bhumsaidon, et al., "The stabilizer influence on qualities of Mahachanok mango (*Mangifera indica* L.) ice cream," *Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University*, vol. 1, no. 1, 2025. (in Thai)
- [2] P. Rachamontree, et al., "Production of Mahachanok (*Mangifera indica* L.) mango yam mixed with yam bean (*Pachyrhizus erosus*)," *Udonthani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, vol. 8, no. 2, 2020. (in Thai)
- [3] T. Chinnasaen, et al., "Production of 'Maha Chanok' mangoes for export to the Japanese market: The case study of Nong Bua Chum Village, Nong Hin Sub-district, Nong Kung Si District, Kalasin Province," *Thai Journal of East Asian Studies*, vol. 24, no. 1, 2020. (in Thai)
- [4] N. Himpong, et al., "Design and development of packaging of Mahachanok mango: Case study of Nong Bua Chum Village community enterprise grower and process group, Nong Hin Sub District, Nong Kung Sri District, Kalasin," *RMU Journal*, vol. 17, no. 3, 2023. (in Thai)
- [5] R. Meeduang, et al., "The mango pulp separating tool," *Vocational Education Innovation and Research Journal (VE-IRJ)*, vol. 4, no. 2, 2020. (in Thai)
- [6] R. Junsiri and A. Chuntanapum, "The development of a curry puff filling mixing machine using heat from liquefied petroleum gas (LPG) for community use," *Udonthani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, vol. 8, no. 1, 2020. (in Thai)
- [7] T. Thongsong and W. Sudsomboon, "The development of nipa palm sugar stirrer machine with automatic control," *Wichcha Journal*, vol. 42, no. 1, 2022. (in Thai)
- [8] N. Kaushik, P. S. Rao and H. N. Mishra, "Process optimization for thermal-assisted high pressure processing of mango (*Mangifera indica* L.) pulp using response surface methodology," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 69, pp. 372–381, 2016.
- [9] K. Chantasit, K. Muisi and S. Chittapattanakul, "Development of mangosteen stirrer machine with semi-automatic temperature controller for Ban Tha Sara community enterprise, Thamai District, Chanthaburi Province," *RRBR Journal*, vol. 12, no. 1, 2018. (in Thai)

บทความวิจัย (Research Article)

- [10] E. O. M. Akoy, "Effect of drying temperature on some quality attributes of mango slices," *Int. J. Innov. Sci. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–99, 2014.
- [11] A. Sarkar, M. W. Hossain, M. Alam, R. Biswas, M. Roy and M. I. Haque, "Drying conditions and varietal impacts on physicochemical, antioxidant and functional properties of onion powder," *J. Agric. Food Res.*, vol. 12, p. 100578, 2023.
- [12] F. Yi *et al.*, "Physiological and quality changes in fresh-cut mango fruit as influenced by cold plasma," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 194, p. 112105, 2022.
- [13] N. Wirotthitayawong, *et al.*, "Value-adding process and value of mango products with participation of Non-Chan Subdistrict community enterprise, Bua Lai District, Nakhon Ratchasima Province," *Research Community and Social Development Journal*, vol. 17, no. 1, 2023. (in Thai)