ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (2026) : มกราคม - มิถุนายน 2569
JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งสีทองในจังหวัดเลย

Development of Golden-Dried Longan Product in Loei Province

จุไรรัตน์ อาจแก้ว[1*] และ โสภา ธงศิลา[2]
Jurairat Ardkaew[1*] and Sopa Thongsila[2]
[1]สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000
[1]Program of Mathematics and Statistics, Faculty Science and Technology,
Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000
[2]Program of Food Technology Program, Faculty Science and Technology,
Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000
[*]Corresponding author E-mail: jurairat.ard@lru.ac.th
Received 7 April 2025, Accepted 28 October 2025, Published 20 March 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งสีทองจังหวัดเลย โดยศึกษาผลของอุณหภูมิการลวกและความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อลำไยสดโดยลวกที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90°C และแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ที่ความเข้มข้น 500 1,000 และ 1,500 ppm พบว่า การลวกที่ 80°C และแช่ในสารละลาย KMS 500 ppm มีค่าสี L* สูงสุด ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำสุด ความเป็นกรด-ด่าง 6.46 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 12.07 ppm แล้วนำมาอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 18% พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิแบบขั้นเดียว 60 70 และ 80°C ใช้เวลาอบแห้งรวม 360 330 300 นาทีตามลำดับ ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิแบบหลายขั้นมี 3 แบบคือ 1) ใช้อุณหภูมิอบช่วงแรก 60°C และช่วงที่สอง 70°C และกำหนดเวลาอบช่วงแรก 2 ระดับคือ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบแห้งรวม 330 และ 300 นาที ตามลำดับ 2) ใช้อุณหภูมิอบช่วงแรก 70°C และช่วงที่สอง 60°C และกำหนดเวลาอบช่วงแรก 2 ระดับคือ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบแห้งรวม 300 และ 270 นาที ตามลำดับ 3) ใช้อุณหภูมิอบช่วงแรก 80°C และช่วงที่สอง 70°C และกำหนดเวลาอบในช่วงแรก 2 ระดับคือ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบแห้งรวม 270 และ 240 นาที ตามลำดับ และทำการทดสอบประสาทสัมผัสพบว่า เนื้อสัมผัส สี รสชาติ ความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นกลิ่น และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ยพบว่า ลำไยอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วงแรก 80°C 60 นาที และช่วงที่สอง 70°C มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส มีคะแนนความชอบเฉลี่ยเป็นอันดับที่สองรองจากลำไยอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วงแรก 70°C 60 นาที และช่วงที่สอง 60°C

คำสำคัญ: การอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ลำไย ลำไยอบแห้งสีทอง

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ABSTRACT

The objective of research was to develop the dried longan processing method in Loei Province by studying the effects of the blanching temperatures and potassium metabisulfite (KMS) concentration on the physical and chemical properties of the longan flesh. The longan flesh was blanched at temperatures of 70, 80, and 90°C and soaked in KMS solutions at concentrations of 500, 1,000, and 1,500 ppm. The results revealed that blanching at 80 °C combined with soaking in 500 ppm KMS yielded the highest L* color value; the lowest browning index; a pH of 6.46, and sulfur dioxide residual of 12.07 ppm. Then the blanched longan was subsequently dried until a final moisture content of 18% was reached. For single-stage drying, drying temperature of 60, 70, and 80°C required total drying time of 360, 330, and 300 min, respectively. For the multi-stage drying, three drying conditions were applied: (1) a first-stage temperature of 60°C followed by a second-stage temperature of 70°C, with first-stage durations of 60 and 120 min, resulting in total drying times of 330 and 300 min, respectively; (2) a first-stage temperature of 70°C followed by a second-stage temperature of 60°C, with first-stage durations of 60 and 120 min, yielding total drying times of 300 and 270 min, respectively; and (3) a first-stage temperature of 80°C followed by a second-stage temperature of 70°C, with first-stage durations of 60 and 120 min, corresponding to total drying times of 270 and 240 min, respectively. Sensory evaluation indicated that overall preference, including texture, color, and taste, except for odor, differed significantly at the 0.05 level. Based on the preference scores, dried longan processed with an initial drying temperature of 80°C for 60 min, followed by a second stage at 70°C received the highest score for color, odor, taste and overall preference. However, its texture ranked second, following the sample dried initially at 70°C for 60 min and followed by a second stage at 60°C.

Keywords: Drying, Longan product, Gold-Dried Longan

บทนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย เป็นสินค้าเกษตรที่มีการผลิตเพื่อการบริโภคในประเทศและการส่งออกทั้งผลลำไยสด และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของลำไย ตลาดส่งออกต่างประเทศที่สำคัญ ได้แก่ จีน เวียดนาม ฮ่องกง สิงคโปร์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา และประเทศแถบยุโรป โดยตลาดส่งออกลำไยหลักของไทยคือประเทศจีน หากพิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกประเทศไทยในปี พ.ศ. 2567 มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 1,644,559 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือจำนวน 1,256,112 ไร่ รองลงมาคือ ภาคกลาง จำนวน 357,915 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 31,481 ไร่ และภาคใต้จำนวน 275 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตต่อไร่ในแต่ละภาคก็จะแตกต่างกันไป โดยผลผลิตของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ที่ 441 กิโลกรัมต่อไร่ ในจังหวัดเลยมีพื้นที่เพาะปลูกลำไย จำนวน 13,479 ไร่ มีผลผลิตรวม 4,751 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์อีดอ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย มีขนาดผลปานกลาง เนื้อหนา สีขาวใส กึ่งโปร่งแสง หวาน กรอบ มีกลิ่นหอมและเมล็ดเล็กและมีผลผลิตสูง โดยมีกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ลำไยใน 3 อำเภอ ประกอบด้วย อำเภอเมืองเลย อำเภอปากชม และอำเภอหนองหิน ซึ่งกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ลำไย หมู่ที่ 2 ตำบลน้ำสวย อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย เป็นกลุ่มใหญ่ที่สุด มีสมาชิกจำนวน 45 ครัวเรือน มีพื้นที่ปลูกลำไยรวม 598.25 ไร่ เน้นการใช้เกษตรอินทรีย์ และเป็นพื้นที่ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices : GAP) ว่าเป็นพื้นที่ที่ไม่มีวัตถุอันตรายที่ก่อให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อน

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ในผลิตผล มีการผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยต่อการบริโภค อีกทั้งยังเป็นแหล่งจำหน่ายลำไยที่ใหญ่ที่สุดในจังหวัดเลย และมีการปลูกลำไยมายาวนานมากกว่า 20 ปี จากการที่เกษตรกรหันมาปลูกลำไยเพิ่มขึ้นทำให้เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลผลิตลำไยสดในปริมาณมากจนผลผลิตลำไยล้นตลาด อีกทั้งลำไยเป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่ายมีช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวเพียง 1 - 2 เดือน ทำให้เกษตรกรต้องรีบตัดขาย ซึ่งผลผลิตลำไยของจังหวัดเลยส่วนใหญ่จะออกสู่ตลาดในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม และบางครั้งไม่สามารถจัดส่งต่อผู้บริโภคได้ทัน ทำให้มีการกดราคาหรือผลผลิตเสียหายระหว่างทางส่งผลทำให้รายได้ของเกษตรกรที่ได้รับจากการขายน้อยลงตามไปด้วย จากปัญหาข้างต้นหากเกษตรกรชาวสวนลำไยในจังหวัดเลยสามารถนำลำไยที่เหลือจากการขายสดมาแปรรูปทำลำไยอบแห้งสีทอง จะเป็นการเพิ่มมูลค่าลำไยที่สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ตรงความต้องการของตลาด จะเป็นการแก้ไขปัญหาเรื่องสินค้าล้นตลาดและราคาตกต่ำได้ ช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรเพราะสามารถขายได้ในราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 150–400บาท แต่ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดเลยยังขาดมีทักษะและองค์ความรู้ในการแปรรูปเป็นลำไยอบแห้งสีทองซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยจากการทบทวนวรรณกรรมในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมีการศึกษา การเก็บรักษาลำไย การทำลำไยอบแห้งและปรับปรุงให้ดีขึ้นจากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ เช่น Chitbanchong et al. (2009) ศึกษาผลการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอุณภูมิที่ใช้การเก็บ เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของลำไย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญสำหรับการลดค่า pH ของเนื้อเยื่อเปลือก และสร้างสภาวะที่ไม่เอื้อต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาล และ Tassanaudom and Kenghetkit (2009) ทำการศึกษาผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก ต่อคุณลักษณะด้านสีของลำไยอบแห้ง ซึ่งพบว่าการแช่เนื้อลำไยในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 10 นาทีก่อนการอบแห้ง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปรับปรุงคุณภาพสีของลำไยอบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสว่างและมีลักษณะเป็นสีเหลืองทองมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ สารละลายซัลไฟต์ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้น้ำหรือสารละลายกรดชนิดอื่น อีกทั้ง พัชรมณี (2560) ได้ศึกษาขั้นตอนการอบแห้งและการลดการเกิดสีคล้ำที่เหมาะสมในลำไยอบแห้งสีทอง โดยพบว่าการอบแห้งโดยใช้อุณภูมิแบบขั้นเดียวจะมีค่าพลังงานกระตุ้นต่ำกว่าการอบแห้งโดยใช้อุณภูมิแบบหลายขั้น นอกจากนี้ Deng et al. (2023) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อลำไยอบแห้ง เพื่อแก้ไขปัญหาประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำและการเกิดสีน้ำตาลที่มากเกินไปในการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบดั้งเดิม พบว่าวิธีการลวกด้วยความร้อน (Hot Blanching) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดก่อนการอบแห้งด้วยลมร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งสีทองจังหวัดเลย โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อลำไยที่ผ่านการเตรียมเพื่อใช้ในการอบแห้ง และหาระยะเวลาในการอบแห้ง และทำการทดสอบประสาทสัมผัสของลำไยอบแห้งสีทอง โดยใช้ผลผลิตลำไยในจังหวัดเลยซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับลำไยได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งสีทองจังหวัดเลย

วิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการแปรรูปลำไยอบแห้งสีทอง

การพัฒนาการแปรรูปลำไยอบแห้งสีทองจังหวัดเลย มีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

1. หาผลของอุณหภูมิในการลวกเนื้อลำไย และความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของเนื้อลำไยสด ในขั้นตอนนี้มีวิธีการดำเนินการดังนี้

นำผลลำไยสดพันธุ์อีดอ มาล้างด้วยน้ำสะอาด คว้านเมล็ดออก นำไปลวกที่อุณภูมิ 3 ระดับ คือ 70 80 และ 90°C เป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำเนื้อลำไยไปแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_5$: KMS) เป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ส่งผลให้ลำไยเปลี่ยนสี และเป็นการป้องกันเชื้อราหลังอบแห้ง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 500 1000 และ 1500 ppm โดยชั่ง KMS 0.05 0.10 และ 0.15 กรัม ในแต่ละความเข้มข้นละลายในน้ำให้ได้สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 1,000 มิลลิลิตร แล้วใช้อัตราส่วนเนื้อลำไยสด 1 กิโลกรัมต่อสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 1,000 มิลลิลิตร และผึ่งให้แห้งมาด ๆ ก่อนนำไปอบ นำเนื้อลำไยสดที่ได้จากการเตรียมขั้นต้นไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ จาก 1 ตัวแปร คือ การวัดค่าสี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของลำไยในขั้นต้น โดยนำตัวอย่างเนื้อลำไยสดไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ 3nh model NR200 วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยวัดค่าสีออกมาเป็นค่า L* a* และ b* บันทึกค่าที่ได้จากจอแสดงผล

ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ค่า L มีค่าระหว่าง 0-100 โดย L = 0 หมายถึงสีดำ และ L = 100 หมายถึงสีขาว)

ค่าสี a* หมายถึง สีแดง (ถ้าค่าเป็น +) สีเขียว (ถ้าค่าเป็น -)

ค่าสี b* หมายถึง สีเหลือง (ถ้าค่าเป็น +) สีน้ำเงิน (ถ้าค่าเป็น -)

1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี จากตัวแปร 5 ตัวแปร ประกอบด้วย ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล มีรายละเอียดดังนี้

1) ความชื้น (Moisture) นำกระป๋องอะลูมิเนียมไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105±2 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (W_1) ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในกระป๋องอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W_2) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105±2 °C ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ (W_3) คำนวณหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดจากสมการ (Puwastien, et al., 2011)

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100$$

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น S220 โดยใช้ Electrode ของเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จุ่มลงไปในตัวอย่าง อ่านค่าจากจอแสดงผล

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ Hand refactometer ปรับค่ามาตรฐานโดยใช้น้ำกลั่นแล้วปรับขีดบอกจำนวนบริกซ์ให้อยู่ที่ 0 °Bx หยดตัวอย่างลงที่ปริซึมของ Hand refractometer ปิดฝา อ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผล

4) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (Residual of SO_2 : ppm) ทำการวิเคราะห์ ดังนี้ (ดัดแปลงจากพัชรมณี, 2560) ชั่งตัวอย่าง 3 กรัมในขวดก้นกลมเติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 2 มิลลิลิตร เติมกรดฟอสฟอริคความเข้มข้นร้อยละ 25 จำนวน 20 มิลลิลิตร ต่อเข้าชุดกลั่นทันทีซึ่งชุดกลั่นต้องเตรียมขวดรูปลูกแพรที่มีสารละลาย

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.3 จำนวน 20 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์เมทิลเรดเมทิลีนบูล 2-3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงและหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนได้สารละลายสีเขียวสำหรับดักเก็บไอสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลั่นโดยใช้ความร้อนผ่านก๊าซไนโตรเจนปรับอัตราการไหล 1 ฟองปุดต่อวินาที และกลั่นต่อเป็นเวลา 45 นาที หลังจากสารละลายเริ่มเดือด นำสารละลายที่ได้ที่มีการเปลี่ยนเป็นสีม่วงไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว จึงนำปริมาตรที่ไทเทรตได้ไปคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในตัวอย่าง

5) การวิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลำไยจาก ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index: BI) โดยการชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมกรดอะซิติกร้อยละ 2 จำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมทิ้งไว้ 10 นาที นำมาปั่น 30 วินาที แล้วจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าวัดของตัวแปรต่าง ๆ เกี่ยวกับ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลำไย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยใช้ Package agricolae (Mendiburu, 2020) ของโปรแกรมอาร์ (R core team, 2025) ซึ่งคุณลักษณะทางเคมีต่าง ๆ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 คุณลักษณะต่าง ๆ ทางเคมีของลำไย

ตัวแปร	เกณฑ์ที่กำหนด/ ช่วง	แหล่งอ้างอิง
1. ความชื้นของลำไยอบแห้ง	ไม่เกินร้อยละ 18	มาตรฐาน (มอก. 919-2532)
2. ความเป็นกรด-ด่าง	ไม่เกิน 6.2 ($pH \leq 6.2$)	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของลำไยสด	16-25°Bx	รัตนา และคณะ, 2552
4. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลไม้อบแห้ง	ไม่เกิน 1,500 ppm	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547

2. หาระยะเวลาและอัตราการอบแห้งของเนื้อลำไยที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบจากประเภทการใช้อุณหภูมิ และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยมีประเภทการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเนื้อลำไยด้วยลมร้อน 2 แบบ คือการใช้อุณหภูมิแบบขั้นเดียว (Single-stage drying temperature) และแบบหลายขั้น (Multi-stage drying temperature) โดยใช้ตู้อบลมร้อน 18 ชั้น ยี่ห้อ STELANG ขนาด สแตนเลส 39 x 37 เซนติเมตร ระยะห่างชั้น 5 เซนติเมตร ขนาด 61 x 41 x 52.6 เซนติเมตร กำลังไฟฟ้า 1,500 วัตต์ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

2.1 หาความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างลำไยที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยเลือกอุณหภูมิในการลวกร่วมกับความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ใช้ในการแช่ที่สามารถลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีจากขั้นตอนที่ 1 โดยในแต่ละการทดลองใช้เนื้อลำไยสด 300 กรัม นำมาอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 18 บันทึกน้ำหนักของเนื้อลำไยทุก 30 นาที และเก็บข้อมูลระยะเวลาและอัตราการอบแห้งของเนื้อลำไย โดยทำการทดลองอบแห้งเนื้อลำไย จำแนกตามประเภทการใช้อุณหภูมิและระดับอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 2

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 2 ประเภทการใช้อุณหภูมิและระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

ประเภทการใช้อุณหภูมิ	ระดับอุณหภูมิ (°C)
แบบขั้นเดียว	60°C
	70°C
	80°C
แบบหลายขั้น	60°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C
	60°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C
	70°C (60 นาที) ตามด้วย 60°C
	70°C (120 นาที) ตามด้วย 60°C
	80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C
	80°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C

3. การทดสอบด้านประสาทสัมผัส โดยใช้แบบประเมินให้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง 5 คุณลักษณะ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 1-5 คะแนน (5 Points hedonic scale) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมาก 4 คะแนน หมายถึง ชอบ 3 คะแนน หมายถึงเฉย ๆ 2 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบ 1 คะแนน หมายถึง = ไม่ชอบมาก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของการทดสอบด้านประสาทสัมผัสทั้ง 5 คุณลักษณะ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยใช้ Package agricolae (Mendiburu, 2020) ของโปรแกรมอาร์ (R core team, 2025)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของเนื้อลำไยสดพันธุ์อีดอที่นำมาใช้ในการทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 3 พบว่า มีค่าสี L* เท่ากับ 34.837 ค่าสี a* เท่ากับ 7.113 ค่าสี b* เท่ากับ 4.227 แสดงว่าลำไยมีเนื้อสีขาวขุ่น ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 0.042 ความชื้นร้อยละ 81.165 ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.415 แสดงให้เห็นว่าเนื้อลำไยมีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Menzel and Waite (2005) ซึ่งรายงานว่าในเนื้อลำไยสดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 19 °Bx สอดคล้องกับ Lapsongphol et al. (2007) ที่พบว่าลำไยสดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อยู่ระหว่าง 17-20°Bx ซึ่งลำไยโดยทั่วไปจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ อยู่ในช่วง 16-25°Bx และส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส (รัตนา และคณะ, 2552) สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง เท่ากับ 20.600 ppm ต่ำกว่าปริมาณสูงสุดของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่เนื้อลำไยควรมีไม่เกิน 30 ppm ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสดที่จะส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน เล่มที่ 119 ตอนพิเศษ105ง และยังสอดคล้อง กับการศึกษาของ พรรัตน์ และจันทร์ฉาย (2540) ในการสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยจากปากคลองตลาดและตลาดเทเวศน์ พบว่าในเนื้อลำไยสดที่มีค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 10 ppm อีกทั้งยังสอดคล้องกับ พัชรา และคณะ (2552) ที่พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยต่ำกว่าที่เปลือกลำไยและมีค่าต่ำกว่า 30 ppm

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ของเนื้อลำไยสด

รายการ	ค่าที่ได้ / ปริมาณ
สมบัติทางกายภาพ	
ค่าสี L*	34.837 ± 0.246
a*	7.113 ± 0.095
b*	4.227 ± 0.057
ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI)	0.042 ± 0.006
สมบัติทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	81.165 ±1.044
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.415 ± 0.020
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	19.000 ± 1.414
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm)	20.600 ± 0.536

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมจากการลวกในอุณหภูมิที่ต่างกัน การแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ที่ต่างกัน และอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิในการลวกและแช่สารละลาย KMS ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลำไยที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในตารางที่ 4 พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการลวกสูงขึ้น (70, 80, 90°C) ส่งผลให้ค่าสี L* เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยและค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการลวกที่อุณหภูมิสูงช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล เช่น เอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ การยับยั้งเอนไซม์นี้ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง ทำให้ผิวหรือเนื้อผลไม้มีความสว่างมากขึ้น (ค่าดัชนี L* เพิ่มขึ้น) อีกทั้งการลวกด้วยน้ำเป็นการตัดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลออกไป ส่งผลให้ค่าสี L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้น สีผลไม้จึงมีความใสและสดใสมากขึ้น (Nguyen et al., 2025) อีกทั้งการลวกที่อุณหภูมิสูงยังช่วยชะล้างสารพวกฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซิง ทำให้ลดสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อลำไย (Lin et al., 2022) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ พัชรมณี (2560) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะถึงขีดจำกัดของประสิทธิภาพ KMS ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล หรือมีปัจจัยอื่น เช่น การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning) ที่ KMS ไม่สามารถควบคุมทั้งหมดได้ ส่งผลให้ดัชนีเกิดสีน้ำตาลไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (Kouakou et al., 2024)

ส่วนการแช่เนื้อลำไยในสารละลาย KMS (500 1000 และ1500 ppm) พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลาย KMS สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าสี L* เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีค่าลดลง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจาก KMS ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเข้าสู่ปฏิกิริยากับควิโนน (Quinones) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟีนอลิกส์ในเนื้อผลไม้ ทำให้ควิโนนไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นเมลานินสารสีน้ำตาลที่ทำให้เนื้อสีคล้ำ จึงลดกระบวนการเกิดสีน้ำตาลลง อีกทั้งการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย KMS ทำให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่กระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลแบบเอนไซม์ (Enzymatic browning) ยิ่งความเข้มข้นสูงเอนไซม์จะถูกยับยั้งมากขึ้น ทำให้ค่าสี L* เพิ่มขึ้น (สีสว่างขึ้น) (Moon et al., 2020) อย่างไรก็ตาม การลดลงของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะถึงจุดขีดจำกัดของประสิทธิภาพ KMS ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล หรือมีปัจจัยอื่น เช่น การเกิดปฏิกิริยา Non-enzymatic browning ที่ KMS ไม่สามารถควบคุมทั้งหมดได้ ส่งผลให้ดัชนีเกิดสีน้ำตาลไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (Kouakou et al., 2024)

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

และเมื่อพิจารณาอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิในการลวกและแช่สารละลาย KMS พบว่า ค่าสี L* ค่าสี a* ค่าสี b* และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปรากฏว่าการลวกและการแช่สารละลาย KMS รวมกันส่งผลต่อสีของเนื้อลำไยอบแห้งสีทองทำให้สีเนื้อลำไยมีความสว่างและออกโทนสีน้ำตาลแดงและออกเหลืองดีกว่าการลวกอย่างเดียว หรือแช่สารละลาย KMS อย่างเดียว เพราะลำไยเป็นพืชที่มีน้ำตาลสูงถ้านำไปอบโดยที่ไม่มีสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ในลำไยที่เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวส์ทำให้เกิดการสร้างสีและกลิ่นของเนื้อลำไย (ณัฐกฤตา, 2548; ศรันย์, 2566)

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพ และการเกิดสีน้ำตาล ของเนื้อลำไยสดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในแต่ละหน่วยทดลอง

หน่วยทดลอง	สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี			
	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	BI (OD)
ลวกน้ำที่อุณหภูมิ (°C)				
70	35.257 ^{b} ± 0.466	7.433 ^{b} ± 0.301	4.487 ^{ns} ± 0.305	0.056 ^{a} ± 0.060
80	39.010 ^{a} ± 1.123	7.486 ^{b} ± 0.055	4.000 ^{ns} ± 0.278	0.030 ^{b} ± 0.014
90	40.390 ^{a} ± 0.689	8.090 ^{a} ± 0.423	3.960 ^{ns} ± 0.707	0.051 ^{ab} ± 0.012
แช่สารละลาย KMS (ppm)				
500	34.360 ^{b} ± 0.234	7.273 ^{ns} ± 0.272	4.207 ^{ns} ± 0.191	0.041 ^{ns} ± 0.009
1000	36.030 ^{a} ± 0.603	7.393 ^{ns} ± 0.329	4.183 ^{ns} ± 0.184	0.052 ^{ns} ± 0.019
1500	36.597 ^{a} ± 0.752	7.700 ^{ns} ± 0.190	4.033 ^{ns} ± 0.129	0.052 ^{ns} ± 0.011
ลวกน้ำที่อุณหภูมิ (°C) และ แช่สารละลาย KMS (ppm)				
70 และ 500	35.760 ^{d} ± 0.312	7.343 ^{ab} ± 0.137	4.067 ^{ab} ± 0.089	0.031 ^{b} ± 0.001
80 และ 500	41.190 ^{a} ± 0.702	7.170 ^{bc} ± 0.046	3.970 ^{ab} ± 0.046	0.014 ^{c} ± 0.004
90 และ 500	40.460 ^{ab} ± 0.806	7.040 ^{c} ± 0.030	3.223 ^{c} ± 0.107	0.031 ^{b} ± 0.008
70 และ 1000	36.047 ^{cd} ± 0.467	6.983 ^{c} ± 0.247	4.410 ^{a} ± 0.098	0.046 ^{a} ± 0.003
80 และ 1000	39.827 ^{ab} ± 0.496	7.113 ^{bc} ± 0.060	3.113 ^{c} ± 0.060	0.030 ^{b} ± 0.004
90 และ 1000	39.567 ^{ab} ± 0.147	7.133 ^{bc} ± 0.067	3.180 ^{c} ± 0.154	0.030 ^{b} ± 0.007
70 และ 1500	37.255 ^{c} ± 1.405	7.193 ^{bc} ± 0.127	3.893 ^{b} ± 0.555	0.037 ^{b} ± 0.008
80 และ 1500	39.865 ^{ab} ± 0.643	7.360 ^{ab} ± 0.057	3.040 ^{c} ± 0.085	0.034 ^{b} ± 0.001
90 และ 1500	40.040 ^{ab} ± 0.918	7.503 ^{a} ± 0.205	3.103 ^{c} ± 0.055	0.027 ^{b} ± 0.008

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของลำไยสดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในตารางที่ 5 พบว่า ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 80-88 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในหน่วยทดลองแช่สารละลาย KMS ที่ความเข้มข้น 500 1000 และ 1500 ppm และอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิในการลวกและแช่สารละลาย KMS ส่วนการลวกน้ำที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90°C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกหน่วยทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 6.357–6.973 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าอยู่ในช่วง 12.167-18°Bx และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกหน่วยทดลอง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในหน่วยทดลองอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิในการลวกและแช่สารละลาย KMS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเนื้อลำไยสดที่แช่ในสารละลาย KMS ความเข้มข้น 1000 ppm มีความชื้นสูงสุด และมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด เมื่อเทียบกับความเข้มข้น 500 และ 1500 ppm ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารละลาย KMS ที่ความเข้มข้น 1000 ppm เกิดการสร้างสมดุลที่เหมาะสมระหว่างการดูดซึมน้ำ และการแพร่กระจายของสารละลายเข้าไปในเนื้อลำไย ส่วนความเข้มข้นต่ำกว่า (500 ppm) ไม่สร้างความชัน (Gradient) ที่เพียงพอสำหรับการดูดซึมน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ความเข้มข้นสูงขึ้น (1500 ppm) สร้างความดันออสโมติกที่มากเกินไป ซึ่งอาจทำให้เนื้อเสื่อมคุณภาพหรือถูกดึงน้ำออกมาก (Kasnazany et al., 2017; Yadav and Singh, 2012) อีกทั้ง KMS เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และแตกตัวให้กรดซัลฟิวรัส การแช่เนื้อลำไยในสารละลาย KMS ที่ความเข้มข้น 1000 ppm อาจเป็นจุดที่ปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ปลดปล่อยออกมาและแพร่เข้าสู่เนื้อลำไยมีความเหมาะสมที่สุด ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยรวมของเนื้อลำไยลดลงต่ำที่สุด (Corte et al., 2012)

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีของลำไยสดที่ผ่านการเตรียมด้วยการลวกและแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

หน่วยทดลอง	สมบัติทางเคมี			
	Moisture (%)	pH	TSS (°Brix)	residual of SO_2
ลวกน้ำที่อุณหภูมิ (°C)				
70	81.991 ^{ns} ± 1.721	6.570 ^{a} ± 0.017	16.867 ^{a} ± 0.231	12.333 ^{ns} ± 0.712
80	83.046 ^{ns} ± 0.950	6.543 ^{a} ± 0.064	15.000 ^{b} ± 0.000	11.826 ^{ns} ± 0.304
90	83.901 ^{ns} ± 0.159	6.357 ^{b} ± 0.012	15.000 ^{b} ± 0.000	12.407 ^{ns} ± 0.488
แช่สารละลาย KMS (ppm)				
500	81.907 ^{b} ± 0.175	6.850 ^{a} ± 0.020	17.000 ^{b} ± 0.000	12.927 ^{ns} ± 0.452
1000	83.864 ^{a} ± 1.128	6.770 ^{b} ± 0.017	17.000 ^{b} ± 0.000	13.183 ^{ns} ± 1.026
1500	80.769 ^{b} ± 1.009	6.820 ^{a} ± 0.026	18.000 ^{a} ± 0.000	12.883 ^{ns} ± 0.565
ลวกน้ำที่อุณหภูมิ (°C) และแช่สารละลายKMS(ppm)				
70 และ 500	88.737 ^{a} ± 0.330	6.853 ^{c} ± 0.006	12.167 ^{c} ± 0.289	4.423 ^{i} ± 0.087
80 และ 500	86.293 ^{cde} ± 0.099	6.460 ^{f} ± 0.010	13.333 ^{b} ± 0.289	12.070 ^{h} ± 0.085
90 และ 500	85.976 ^{def} ± 0.223	6.627 ^{e} ± 0.012	14.000 ^{a} ± 0.000	32.550 ^{d} ± 0.361
70 และ 1000	86.984 ^{b} ± 0.467	6.927 ^{b} ± 0.006	13.333 ^{b} ± 0.289	38.827 ^{c} ± 0.328
80 และ 1000	86.884 ^{bc} ± 0.404	6.747 ^{d} ± 0.012	13.000 ^{b} ± 0.000	14.920 ^{g} ± 0.348
90 และ 1000	85.558 ^{f} ± 0.477	6.973 ^{a} ± 0.029	14.333 ^{a} ± 0.289	19.413 ^{f} ± 0.405
70 และ 1500	85.807 ^{ef} ± 0.152	6.613 ^{e} ± 0.153	14.000 ^{a} ± 0.000	23.316 ^{e} ± 0.257
80 และ 1500	86.487 ^{bcd} ± 0.418	6.747 ^{d} ± 0.006	14.167 ^{a} ± 0.289	50.333 ^{a} ± 0.493
90 และ 1500	86.052 ^{def} ± 0.237	6.733 ^{d} ± 0.006	13.167 ^{b} ± 0.289	46.117 ^{b} ± 0.117

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

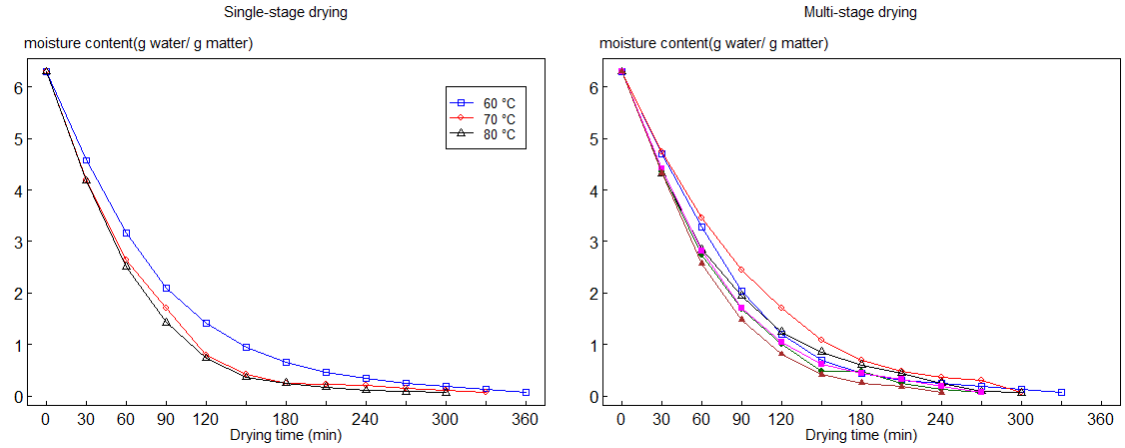
จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สภาวะการเตรียมเนื้อลำไยขั้นต้นที่เลือกนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนการอบแห้ง คือ การใช้อุณหภูมิในการลวกเนื้อลำไย 80°C ร่วมกับการแช่เนื้อลำไยภายหลังการลวกในสารละลาย KMS ที่ความเข้มข้น 500 ppm เนื่องจากสภาวะการเตรียมเนื้อลำไยขั้นต้นดังกล่าว ให้ค่าสี L* ของเนื้อลำไย (41.190 ± 0.702) สูงกว่าเนื้อลำไยสด (34.833 ± 0.246) และมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำสุด

การศึกษาเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสม โดยกำหนดให้ลำไยอบแห้งสีทองมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของผลไม้แห้ง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549) แสดงผลดังตารางที่ 6 พบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นของเนื้อลำไยที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีค่า 6.296 ± 0.024 g water/ g dry matter และเนื้อลำไยมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 0.215 ± 0.122 g water/ g dry matter ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิแบบขั้นเดียว (Single-stage drying temperature) 60 70 และ 80°C ใช้เวลาอบแห้งรวมอยู่ระหว่าง 300-360 นาที และมีอัตราการอบแห้งอยู่ระหว่าง 0.036–0.055 (g water/ g dry matter) ส่วนการอบที่อุณหภูมิแบบหลายขั้น (Multi-stage drying temperature) แบ่งเป็น 3 แบบ คือ 1) ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วงแรก 60°C และช่วงที่สอง 70°C และกำหนดเวลาการอบแห้งในช่วงแรก 2 ระดับ ได้แก่ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบ 330 นาที และ 300 นาที ตามลำดับ และมีอัตราการอบแห้งอยู่ระหว่าง 0.041-0.065 (g water/ g dry matter) 2) ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วงแรก 70°C และช่วงที่สอง 60°C และกำหนดเวลาการอบแห้ง ในช่วงแรก 2 ระดับ ได้แก่ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบแห้งรวม 300 และ 270 นาที ตามลำดับ และมีอัตราการอบแห้งอยู่ระหว่าง 0.054-0.058 (g water/ g dry matter) 3) ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วงแรก 80°C และช่วงที่สอง 70°C และกำหนดเวลาการอบแห้งในช่วงแรก 2 ระดับ ได้แก่ 60 และ 120 นาที ใช้เวลาอบแห้ง รวม 270 และ 240 นาที ตามลำดับ และมีอัตราการอบแห้งอยู่ระหว่าง 0.036 - 0.058 (g water/ g dry matter) นั่นคือ เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น อัตราการอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอระหว่างอาหารและอากาศภายนอก ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลและความร้อนได้ดีขึ้น และเมื่อโมเลกุลน้ำภายในอาหารได้รับพลังงานที่เพิ่มขึ้นจนสามารถเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลได้ทำให้ระเหยน้ำได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นลง ซึ่งการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแบบหลายขั้นจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่า อีกทั้งการเตรียมลำไยด้วยการลวกเนื้อลำไยมีผลทำให้เซลล์ของเนื้อลำไยเกิดความเสียหาย (ณัฐพงษ์, 2553) และสอดคล้องกับการศึกษาของ พัชรมณี (2560) ที่พบว่าเมื่ออบแห้งความชื้นภายในเนื้อลำไยจึงระเหยออกมาสู่นอกเซลล์ได้ง่ายขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ได้แก่ สภาพธรรมชาติของอาหาร ขนาด รูปร่าง การจัดเรียง สภาวะในขณะทำแห้งลำไย อุณหภูมิอากาศร้อนในตู้อบลมร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะทำแห้ง ความเร็วลมในขณะทำแห้งลำไย เป็นต้น (วิไล, 2546)

ตารางที่ 6 ระยะเวลาและอัตราการอบแห้งของเนื้อลำไยที่ผ่านการเตรียมขั้นต้น จำแนกตามประเภทการใช้อุณหภูมิ

ประเภทการใช้อุณหภูมิ	ระดับอุณหภูมิ	ระยะเวลา (นาที) (Drying time)	อัตราการอบแห้ง (Drying rate) (g water/ g dry matter)
แบบขั้นเดียว	60°C	360	0.036
	70°C	330	0.040
	80°C	300	0.055
แบบหลายขั้น	60°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C	330	0.040
	60°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C	300	0.066
	70°C (60 นาที) ตามด้วย 60°C	300	0.054
	70°C (120 นาที) ตามด้วย 60°C	270	0.058
	80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C	270	0.057
	80°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C	240	0.058

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY



(ก) การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแบบขั้นเดียว (ข) การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแบบหลายขั้น

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบแห้งเนื้อลำไย (ก) การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแบบขั้นเดียว และ (ข) การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแบบหลายขั้น

จากภาพที่ 1 พบว่า ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความชื้นและระยะเวลาในการอบแห้งเนื้อลำไย ความชื้นจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 0-150 นาที ของการอบแห้งโดยใช้อุณภูมิแบบขั้นเดียว(ก) และการใช้อุณภูมิแบบหลายขั้น(ข) เนื่องจากช่วงแรกเนื้อลำไยสัมผัสกับลมร้อนและเกิดการถ่ายเทความร้อนจนอุณหภูมิของลำไยมีค่าสูงขึ้น และมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของลมร้อน โดยความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นค่าความร้อนที่ทำให้มวลความชื้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปโดยที่น้ำไม่เกิดการเปลี่ยนสถานะ ต่อมาเมื่อน้ำที่ผิวเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ถูกถ่ายเทมวลความชื้นและถูกพาออกไปพร้อมกับความร้อนที่ไหลผ่าน พลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ คือ ความร้อนแฝง มวลความชื้นที่ผิวของเนื้อลำไยจะสูญเสียสมดุล ส่งผลให้มวลความชื้นภายในเนื้อเยื่อเคลื่อนที่ออกมาทดแทนความชื้นที่สูญเสียไป จึงต้องมีการแพร่มวลความชื้นมาทดแทนยังผิวหน้าเซลล์ที่เท่ากับอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวหน้า โดยกลไกที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (Constant rate period) และหลังจากการอบหลัง 240 นาที ความชื้นมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ เรียกช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (Falling rate period) ทำการอบแห้งไปจนกระทั่งอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเซลล์แพร่มาทดแทนที่ผิวหน้าช้ากว่าอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าของลำไย (ผดุงศักดิ์ 2551; เนาวนิตย์ และคณะ, 2556; พัชรมณี, 2560; นรินทร์ และคณะ, 2560)

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ประเภทการอบแห้งแบบหลายขั้น ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียว โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C ใช้เวลาอบแห้งรวมน้อยที่สุด 240 นาที และมีอัตราการอบแห้ง 0.058 g water/ g dry matter รองลงมาคือ 80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C และ 70°C (120 นาที) ตามด้วย 60°C ใช้เวลาอบแห้งรวมเท่ากันนาน 270 นาที แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C มีอัตราการอบแห้งต่ำกว่า ซึ่งการอบแห้งที่มีอัตราการอบแห้งสูงจะส่งผลให้ลำไยมีเนื้อสัมผัสแข็งและแห้งขึ้น นั่นคือเนื้อลำไยอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า

การทดสอบประสาทสัมผัส แสดงผลดังตารางที่ 7 พบว่า คุณลักษณะ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้น กลิ่น และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ย พบว่า ลำไยอบแห้งตัวอย่างที่ 8 คือ ลำไยอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลา 60 นาที ตามด้วย 70°C มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด 4 คุณลักษณะโดยความชอบโดยรวม มีคะแนนสูงสุด รองลงมาคือ สี กลิ่น และรสชาติ ตามลำดับ ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเป็นอันดับที่สอง รองจากลำไยอบแห้งตัวอย่างที่ 6 ซึ่งอบแห้งด้วย อุณหภูมิ 70°C ใช้เวลา 60 นาที ตามด้วย 60°C ที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ซึ่งความชอบของผู้ทดสอบชิมเกี่ยวกับสีของลำไยอบแห้งสีทองมีความสัมพันธ์

JSET LRU
วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบค่าสี L* (ตารางที่ 4) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Tassanaudom and Kengkhetkit (2009) ที่พบว่า ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสจะมีความขัดแย้งกับผลการวัดสีด้วยเครื่องมือ ส่วนคุณลักษณะเนื้อสัมผัสก็อาจกล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับระยะเวลาในการอบแห้งและอัตราการอบแห้งเช่นกัน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 7 คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสของลำไยอบแห้งสีทองที่อบด้วยระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

ลำไยอบแห้งสีทอง อบด้วยระดับอุณหภูมิ	คุณลักษณะ				
	สี color	กลิ่น ns ordor	รสชาติ taste	เนื้อสัมผัส texture	ชอบโดยรวม overall
1. 60°C	3.40 ^{c} ± 0.65	3.40 ± 0.65	3.36 ^{abc} ± 0.64	3.32 ^{ab} ± 0.48	3.40 ^{c} ± 0.64
2. 70°C	3.44 ^{c} ± 0.51	3.52 ± 0.77	3.40 ^{abc} ± 0.65	3.36 ^{ab} ± 0.70	3.44 ^{c} ± 0.65
3. 80°C	3.44 ^{c} ± 0.58	3.48 ± 0.77	3.48 ^{abc} ± 0.59	3.40 ^{ab} ± 0.65	3.44 ^{c} ± 0.59
4. 60°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C	4.12 ^{ab} ± 0.53	3.80 ± 0.76	3.76 ^{a} ± 0.83	3.68 ^{a} ± 0.63	3.96 ^{ab} ± 0.84
5. 60°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C	3.76 ^{bc} ± 0.60	3.80 ± 1.04	3.72 ^{ab} ± 0.54	3.40 ^{ab} ± 1.12	3.68 ^{bc} ± 0.56
6. 70°C (60 นาที) ตามด้วย 60°C	3.60 ^{c} ± 1.04	3.56 ± 0.82	3.24 ^{bc} ± 0.88	3.80 ^{a} ± 0.65	3.40 ^{c} ± 1.00
7. 70°C (120 นาที) ตามด้วย 60°C	3.56 ^{c} ± 0.82	3.76 ± 1.01	3.32 ^{abc} ± 1.07	3.48 ^{ab} ± 1.05	3.28 ^{c} ± 1.10
8. 80°C (60 นาที) ตามด้วย 70°C	4.24 ^{a} ± 0.78	3.88 ± 0.73	3.80 ^{a} ± 0.71	3.72 ^{a} ± 0.46	4.28 ^{a} ± 0.46
9. 80°C (120 นาที) ตามด้วย 70°C	3.44 ^{c} ± 0.51	3.52 ± 1.08	3.08 ^{c} ± 0.81	3.08 ^{b} ±0.70	3.56 ^{bc} ± 0.51

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างในสดมภ์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

ในกระบวนการแปรรูปลำไยสีทองจังหวัดเลย สภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเนื้อลำไยสดพันธุ์อีดอ คือ การลวกเนื้อลำไยที่อุณหภูมิ 80°C และแช่ในสารละลายโพแทสเซียมแมตาซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งทำให้เนื้อลำไยมีค่าสี L* สูงสุด ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำสุด นำเนื้อลำไยผึ่งให้แห้งมาดก่อนนำไปอบแห้งโดยใช้การอบแห้งแบบหลายขั้น ขั้นแรกใช้อุณหภูมิ 80°C นาน 60 นาที แล้วตามด้วยอุณหภูมิ 70°C ใช้เวลาอบแห้งรวม 270 นาที คือ ลำไยอบแห้งตัวอย่างที่ 8 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบชิมในการทดสอบประสาทสัมผัสในด้านคุณลักษณะ สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งสีทองของจังหวัดเลยจำหน่ายเพื่อเพิ่มมูลค่าลำไยให้กับเกษตรกรในจังหวัดเลยได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของลำไยอบแห้งหลังการเก็บรักษา
2. ควรศึกษาวิธีการปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการใช้สารละลายโพแทสเซียมไบซัลไฟต์
3. ในการศึกษาการอบแห้งแบบหลายขั้น ควรศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งในช่วงแรกในช่วงเวลาที่แคบลงเป็น 30 60 90 และ 120 นาที

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2566 จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ศักดิ์ชาย พวงจันทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือต่อความสำเร็จของงานวิจัยนี้ รวมทั้งกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ลำไยหมู่ที่ 2 ตำบลน้ำสวย อำเภอเมืองเลย และสำนักงานเกษตรอำเภอเมืองเลย ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลสนับสนุนด้านต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

ณัฐกฤตา พงศ์สกุล. (2548). **การยับยั้งโพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อลำไยอบแห้ง**. ค้นจาก https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2548/biot0548nps_abs.pdf

ณัฐพงษ์ กีพงษ์. (2553). **ผลกระทบของการลวกด้วยน้ำร้อนต่ออัตราการอบแห้งลำไย**. ค้นจาก https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/228541

นรินทร์ เจริญพันธ์, เพราเพ็ญ รัตนดี, และชัยพร แพภิรมย์รัตน์. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากลำไยของกลุ่มเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว**. ค้นจาก https://digital_collect.lib.buu.ac.th/research/2566_184.pdf

เนาวนิตย์ โพธิ์ศรี, พิมลพรรณ คงบุตร, เกียรติศักดิ์ อุตตมะติง, และฤทธิชัย อัศวราชันย์. (2556). อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นและสีของสะระแหน่ในระหว่างการอบแห้งด้วยลมร้อน. **วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ**, 1(2), 103-114.

ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. (2551). **พื้นฐานการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พรรัตน์ สินชัยพานิช, และ จันทร์ฉาย แจ้งสว่าง. (2540). การสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไย. **อาหาร**, 27(2), 100-107.

พัชรมณี อุณหพิพัฒพงศ์. (2560). **ขั้นตอนการอบแห้งและการลดการเกิดสีคล้ำที่เหมาะสมในลำไยอบแห้งสีทอง**. ค้นจาก http://mdc.library.mju.ac.th/thesis/2563/patcharamanee_unhapipatpong/fulltext.pdf

พัชรา วุ้นประเสริฐ, วิทยา อภัย, และสุดชล วุ้นประเสริฐ. (2552). ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลลำไยสดหลังการรมและเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ. **วารสารวิชาการเกษตร**, 27(1), 26-41.

รัตนา ไชยมูล, อรุณี อภิชาติสรางกูร, และสถิระ หิรัญ. (2552). การแปรรูปลำไยในน้ำเชื่อมด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่งและการพาสเจอไรซ์. **วารสารเกษตร**, 25(3), 313-320.

วิไล เสือดี. (2541). **กระบวนการอบแห้งและการส่งออกลำไยอบแห้งของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน**. ค้นจาก https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ag228

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2547). **ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร**. ค้นจาก https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-281

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2568). **ตารางแสดงรายละเอียดลำไย 2567**. ค้นจาก https://oae.go.th/uploads/files/2025/06/18/7df60b2c73a1c0f2.pdf

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2549). **เนื้อลำไยสดอบแห้ง**. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

ศรัณย์ ปูริกา, นุแกว อุ่นอุดมวนา, และนักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่. (2566). เทคนิคการเตรียมพริกชี้ฟ้าแดงอบแห้งให้ได้มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารชุมชน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชุมชน**, 1(4), 1-18.

Chitbanchong, W., Sardsud, V., Whangchai, K., Koslanund, R., and Thobunluepop, P. (2009). Control of rotting and browning of longan fruit cv. Biew Kiew after harvest by sulphur dioxide treatment under various storage temperatures. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 12, 1438–1447.

Corte, L., Roscini, L., Zadra, C., Antonielli, L., Tancini, B., Magini, A., … Cardinali, G. (2012). Effect of pH on potassium metabisulphite biocidic activity against yeast and human cell cultures. **Food chemistry**, 134(3), 1327–1336.

Deng, Y., Lai, C., Zhang, Y., Zhou, P., Liu, G., Tang, X., and Wei, Z. (2023). Effects of pretreatment methods on the physicochemical properties of dried longan (Dimocarpus longan Lour.) pulps. **Journal of Food Science**, 88, 3474–3493.

Kasnazany, S. A. S., Salieh, F. M. H., and Aljabary, A. M. O. (2017). Effect of salicylic acid and potassium metabisulfite on postharvest quality of plum cv. Qadri. **Euphrates Journal of Agriculture Science**, 9(3), 79–91.

Kouakou, A. R. S., Nogbou, A. L. I., Akmel, D. C., Siapo, A. B., and Kouamé, A. F. (2024). Evaluation of the effect of blanching and drying temperature on the colour, browning and phenolic compounds of dried ripe plantain. **Food Science and Technology**, 12(6), 271–280.

Lapsongphol, S., Mahayothee, B., Phupaichitkun, S., Leis, H., Haewsungcharoen, M., Janjai, S., ..., Mueller, J. (2007). **Effect of drying temperature on changes in volatile compounds of longan (Dimocarpus longan Lour.) fruit**. Retrieved from https://www.tropentag.de/2007/abstracts/full/353.pdf

Lin, T., Zhou, Z., Xing, C., Zhou, J., Fan, G., and Xie, C. (2022). Effect of color protection treatment on the browning and enzyme activity of Lentinus edodes during processing. **Food Science & Nutrition**, 10, 2989–2998.

Mendiburu, F. (2020). **Agricolae: Statistical procedures for agricultural research (Version 1.4.0) [Computer software]**. Retrieved from https://CRAN.R-project.org/package=agricolae

Mendiburu, F. (2020). Agricolae : **Statistical procedures for agricultural research (Version 1.4.0)** [Computer software]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Menzel, C. M., and Waite, G. K. (Eds.). (2005). **Litchi and longan: Botany, production and uses**. Wallingford, UK: CABI Publishing.

Moon, K. M., Kwon, E.-B., Lee, B., and Kim, C. Y. (2020). Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. **Molecules**, 25(12), 1-15. doi: 10.3390/molecules25122754

Nguyen, T. N., Tran, T. T. T., and Le, V. V. M. (2025). Effects of blanching conditions on the enzyme inhibition and antioxidant loss in rambutan (Nephelium lappaceum L.) seeds. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, 75(1), 49–59.

Puwastien, P., Tee, E. S., Kantasubrata, J., Craven, G., Feliciano, R. R., & Judprasong, K. (Eds.). (2011). **ASEAN manual of food analysis**. Nakhon Pathom, Thailand: Institute of Nutrition, Mahidol University.

R Core Team. (2025). **R: A language and environment for statistical computing [Computer software]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing**.
Retrieved from https://www.R-project.org/

Tassanaudom, U., and Kengkhetkit, N. (2009). The color attribute improvement of dried longans. **NU Science Journal**, 6(1), 114–122.

Wilarom, W., Chitchanokrung, C., Sardaud, V., Whangchai, K., Koslanund, K., and Thobunluepop, P. (2009). Minimally of polyphenol oxidase activity and controlling of rotting and browning of longan fruits cv. DAW by SO_2 treatment under cold storage conditions. **International Journal of Agricultural Research**, 4(11), 349–361.

Yadav, A. K., and Singh, S. V. (2012). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. **Journal of Food Science and Technology**, 51(9), 1654–1673.