

ผลของแสงยูวีซีและการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนต่อคุณภาพ ของพริกแดง

Effect of UV-C Light and Hot Air Oven Drying on Qualities of Red Chili

เพลงพิน เพียรภูมิพงศ์¹ ปิยะมาศ จานนอก¹ จันทนา สันทัดพร้อม¹
นาฏชนก ปรางปรุ¹ นัยวัฒน์ สุขทั้ง¹ และ วีรกุล มีกลางแสน^{1*}
Plengpin Pianpumepong¹, Piyamart Jannok¹,
Jantana Suntudprom¹, Nartchanok Prangpru¹,
Naiyawat Sukthang¹ and Weerakul Meeklangsaen^{1*}

Received: 20 November 2025

Revised: 7 May 2026

Accepted: 25 May 2026

บทคัดย่อ

การลดความชื้นพริกสดด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อคุณภาพของพริกแห้ง การใช้อุณหภูมิต่ำต้องใช้เวลาในการทำแห้งนานและเสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ รังสียูวีซีมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 38-40 องศาเซลเซียส ร่วมกับการฉายรังสียูวีซีเป็นเวลา 10 และ 20 นาที การศึกษาพบว่าระยะเวลาในการลดความชื้นของพริกที่ฉายรังสียูวีซีก่อนนำลดความชื้นสั้นกว่า (144 วัน) ชุดทดลองอื่นๆ (168 วัน) ค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งทุกชุดทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 6.98-8.22 เปอร์เซ็นต์ และ 0.43-0.47 ตามลำดับเป็น 14.45-15.59 เปอร์เซ็นต์และ 0.63-0.65 ตามลำดับ การลดความชื้นร่วมกับการฉายรังสียูวีซีทั้ง 10 และ 20 นาที ไม่มีผลต่อค่า pH และ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ระยะเวลาการเก็บรักษา

¹สาขาวิศวกรรมนวัตกรรมอาหารและหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ประเทศไทย 30000

¹Department of Food and Postharvest Innovation Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology ISAN, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: weerakul.me@rmuti.ac.th

ส่งผลต่อค่า pH ที่ลดลงและค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น ค่าสีผิว L^* a^* และ b^* ของพริกแห้งทุกชุดทดลองลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและพริกสดที่ฉายรังสียูวีซีก่อนการลดความชื้นมีค่าต่ำกว่าชุดทดลองอื่นส่วนค่า a^* และ b^* ไม่แตกต่างกัน ผลการตรวจเชื้อราและยีสต์พบว่าการลดความชื้นร่วมกับการฉายรังสียูวีซีตรวจพบเชื้อราและยีสต์ต่ำกว่าชุดควบคุมพริกสดหลังจากทำการลดความชื้นแล้ว ถึงแม้ว่าจะยังตรวจพบเชื้อราและยีสต์แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วันตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์

คำสำคัญ: พริกแห้ง อะฟลาทอกซิน ยูวีซี การอบแห้ง

ABSTRACT

Dehumidification of fresh chili by a hot air oven at high temperatures has a degrading effect on both the physical and chemical properties of dried chili, whereas using low temperatures requires a longer drying time. UV-C irradiation is effective in destroying microorganisms. Therefore, this research aimed to investigate the effect of dehumidification using a hot air oven at 38-40°C combined with UV-C irradiation at 10 and 20 minutes, focusing on the quality and storage characteristics of dried chili. The results showed that the drying time of UV-C irradiated samples was shorter (144 days) than that of other treatments (168 days). Moisture content and water activity in dried chili increased during storage from 6.98-8.22 percent and 0.43-0.47 percent respectively to 14.45-15.59 percent and 0.63-0.65 respectively. UV-C irradiation for 10 or 20 minutes had no effect on pH and titratable acidity values; however, storage caused a decrease in pH and an increase in titratable acidity. L^* , a^* , and b^* skin color values of all treatments decreased over time. Mold and yeast counts were reduced after drying with UV-C irradiation and remained undetectable after 120 days of storage.

Keywords: Dried Chilli; Aflatoxin; UV-C; Drying Method

บทนำ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตพริกแห้งส่งออกที่สำคัญของโลก รองจากอินเดียและบังกลาเทศ ตามลำดับ [1] ปี 2565 ประเทศไทยส่งออกพริกแห้ง 905.78 ตัน มูลค่า 80.94 ล้านบาท [2] นอกจากการผลิตเพื่อการส่งออก พริกแห้งยังเป็นเครื่องเทศที่มีความสำคัญทั้งในชีวิตประจำวันและเศรษฐกิจของประเทศไทย กระบวนการทำพริกแห้งในอุตสาหกรรมครัวเรือนโดยทั่วไปใช้วิธีการทำแห้งด้วยแสงแดด วิธีการนี้มีข้อเสียคือ ความชื้นของพริกแห้งไม่สม่ำเสมอ ระยะเวลาในการทำให้แห้งนาน ใช้เวลามากกว่า 5 วัน และเนื่องจากการสัมผัสกับอากาศและแสงสว่างเป็นเวลานาน ทำให้คุณภาพของพริกแห้งที่ได้ลดลง เช่น สีแดงซีด การสูญเสียวิตามินซี และโปรวิตามินเอ [3] ส่วนในระดับอุตสาหกรรมใหญ่มีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในการทำพริกแห้ง เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และถูกสุขลักษณะ เช่น อากาศร้อน (hot air) อากาศร้อนหมุนเวียน (convective hot air) อากาศอุณหภูมิต่ำ (low-temperature air) เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (sun-drying) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตพริกแห้ง คือ การใช้ตู้อบลมร้อน (hot air drying หรือ oven drying) แต่การใช้ความร้อนในระดับสูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและรสชาติของ

ผลิตภัณฑ์แห้ง ซึ่งเกิดจากการเกิดสีน้ำตาลของสารเคมีเนื่องจากปฏิกิริยา Maillard [4] มีรายงานว่าการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำเกินไปในช่วง 20-50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบแห้งนาน จึงมีความเสี่ยงต่อการที่เชื้อราจะเจริญได้ โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เปลือกมีผิวมัน เช่น มะเขือเทศ พริก [5] นอกจากนี้ Klieber [5] พบว่าการนำพริกไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงและอบต่อที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พริกแห้งที่ได้จะมีสีคล้ำ จากที่กล่าวมาข้างต้นระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งติดตามจากแปลงปลูกและกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว โดยระยะเวลาในการทำแห้งที่นานมีผลทำให้เชื้อรามีโอกาสปรับตัวและเจริญเติบโตได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซิน ได้ โดยสารอะฟลาทอกซินนี้ทำให้เกิดการอักเสบของตับเรื้อรัง ภาวะตับแข็ง ก่อให้เกิดมะเร็งตับ และอาจมีผลต่อระบบไตและหัวใจ เนื่องจากสารอะฟลาทอกซินทนความร้อนได้ถึง 260 องศาเซลเซียส ดังนั้นการใช้ความร้อนระดับประกอบอาหาร หุง ต้ม ภายในครัวเรือนไม่สามารถทำลายสารอะฟลาทอกซินได้ [6] อมราและคณะ [7] ศึกษาการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในพริกป่นละเอียดพบการปนเปื้อนสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.6-43.9 ppb รองลงมาได้แก่ พริกป่นหยาบและพริกแห้ง พบมีการปนเปื้อน 99.28 และ 96.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีปริมาณอะฟลาทอกซินอยู่ระหว่าง 0.5-60.4 ppb และ 0.4-175.3 ppb ตามลำดับ ซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้คือไม่เกิน 20 ppb [8] และมาตรฐานสินค้าเกษตรพริกแห้งกำหนดไว้คือไม่เกิน 15 ppb [9]

ในปัจจุบันรังสียูวีซี (UV-C) ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีผลทำลายเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโควิด-19 โดยข้อดีของการใช้รังสียูวีซีคือปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคและไม่ทำลายคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร การใช้รังสียูวีซีเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำลายเชื้อที่อยู่บนผิวได้ โดยรังสียูวีซีจะทำลายกรดนิวคลีอิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ DNA ส่งผลให้ DNA ไม่สามารถเกิดกระบวนการจำลองตัวเองได้ (DNA replication) รังสียูวีซีเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร ซึ่งไม่พบในธรรมชาติ มีความสามารถในการทำลายเชื้อโรคเรียกว่า Ultraviolet Germicidal Irradiation ซึ่งทำลายเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็น แบคทีเรีย ไวรัส ราเส้นใย ยีสต์ เป็นต้น โดยช่วงความยาวคลื่น 260-265 นาโนเมตร จะเป็นช่วงความยาวคลื่นที่ DNA สามารถดูดซับได้ดีที่สุด [10]

คุณภาพด้านสีผิวของพริกแห้งส่งผลต่อราคาและการยอมรับของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคต้องการพริกแห้งที่มีสีแดง สีไม่ดำคล้ำ สีส้มำเสมอ การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินซึ่งเกิดจากการเก็บรักษาพริกในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เก็บในที่ที่มีความชื้นสูง ทำให้เชื้อราเจริญและเป็นสาเหตุให้เกิดการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ได้ โดยสารพิษชนิดนี้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องตอร์รอรากาในการซื้อขายผลิตภัณฑ์ทั้งในระดับประเทศและระหว่างประเทศ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการใช้รังสียูวีซีร่วมกับการลดความชื้นพริกสีแดงด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิในการลดความชื้นพริก คือ 38-40 องศาเซลเซียส สาเหตุของการเลือกใช้ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวเนื่องจากจำลองจากอุณหภูมิในสภาวะปกติ ด้วยอุณหภูมิต่ำนี้ทำให้ต้องใช้เวลานานในการทำแห้งและไม่สามารถฆ่าเชื้อราให้ตายได้ ซึ่งถ้าพริกมีการปนเปื้อนเชื้อราจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง อาจส่งผลทำให้เชื้อรามีการพัฒนาจนสามารถสร้างสารพิษขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาหรือการจำหน่ายได้ งานวิจัยนี้จึงมีการนำรังสียูวีซีมาใช้ร่วมกับกระบวนการทำแห้ง โดยศึกษาการใช้รังสียูวีซีกับพริกสดก่อนนำไปลดความชื้น และพริกหลังลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมชุดทดลอง

พริกสดสีแดงพันธุ์ซุเปอร์ฮอทแบบมีขั้วแบ่งออกเป็น 5 ชุดทดลอง ชุดทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) คือ พริกสดลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิที่ 38-40 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นไม่เกิน 13.5 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) (มกษ.3001-2553) ชุดทดลองที่ 2 และ 3 คือ พริกสดลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนเช่นเดียวกับ ชุดทดลองที่ 1 หลังจากนั้นนำพริกแห้งที่ได้ไปฉายรังสียูวีซีเป็นเวลา 10 และ 20 นาที ตามลำดับ และชุดทดลอง ที่ 4 และ 5 คือ พริกสดฉายรังสียูวีซี เป็นเวลา 10 และ 20 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นนำพริกที่ผ่านการฉาย รังสียูวีซีไปลดความชื้น โดยทำการลดความชื้นเช่นเดียวกับชุดทดลองที่ 1

การฉายรังสียูวีซี ชั่งน้ำหนักพริกแห้ง 500 กรัม (ชุดทดลองที่ 1 2 และ 3) สำหรับพริกสดชั่งน้ำหนัก 1000 กรัม (ชุดทดลองที่ 4 และ 5) ใส่ในภาชนะลูมิเนียมขนาดกว้าง 32x60x5.5 เซนติเมตร เคลือบพริกให้สม่ำเสมอ กันทั้งผิวด้านในภาชนะในกล่องฉายรังสี โดยภาชนะที่ใส่ตัวอย่างพริกวางใต้หลอดยูวีซี (GL 20 T8, 253.7 nm, 20W) ระยะห่างจากหลอดยูวีซีถึงพริก 7.3-7.7 เซนติเมตร ทำการฉายรังสียูวีซีนาน 10 นาที (6.37 กิโลจูลต่อตารางเมตร) และ 20 นาที (12.32 กิโลจูลต่อตารางเมตร) ระหว่างการฉายรังสีจะทำการเคลือบพริกทุกๆ 2 นาที จนกว่าจะครบเวลา เพื่อให้พริกได้รับการฉายรังสีทุกด้าน

การเก็บรักษา ชั่งพริกแห้ง 100 กรัม บรรจุลงถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ขนาด 8x12 นิ้ว แล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกแบบร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 24-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 71-92 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 120 วัน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

2.1 ค่าความชื้น (Moisture Content)

วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) [11] สุ่มตัวอย่างพริกแห้งประมาณ 3 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง คำนวณปริมาณความชื้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

2.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w)

พริกแห้งบดละเอียด 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยสำหรับการวิเคราะห์ นำถ้วยที่ใส่ตัวอย่างพริกใส่ลงในเครื่อง Water Activity (รุ่น HD-3A) บันทึกค่า

2.3 สีผิวของผลพริก

นำตัวอย่างพริกแห้ง จัดเรียงลงในถ้วยควอทซ์สำหรับการวัดสี ทำการวัดสีด้วยเครื่อง HunterLab รุ่น MiniScan EZ รายงานผลเป็นค่า Hunter Scale ซึ่งประกอบด้วยค่า L^* a^* b^* โดย L^* คือ ค่าความสว่าง 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว a^* คือ สีเขียว-แดง ($-a^*$ สีเขียว $+a^*$ สีแดง) และ b^* คือ สีน้ำเงิน-เหลือง ($-b^*$ สีน้ำเงิน $+b^*$ สีเหลือง)

2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ชั่งพริกบด 5 กรัม ใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปกวน ด้วยเครื่อง Hotplate Stirrers โดยไม่ใช้ความร้อนที่ความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารสกัด ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter [12]

2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA)

ชั่งพริกบด 5 กรัม ใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปกวน ด้วยเครื่อง Hotplate Stirrers โดยไม่ใช้ความร้อนที่ความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อแยกส่วนใส กรองเฉพาะส่วนใสผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารที่กรองได้ ไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH คำนวณปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก

$$TA(\%) = \frac{N \text{ of NaOH (Normal)} \times \text{Titer (ml)} \times \text{E.W. of Acid} \times \text{Vol Made Up} \times 100}{1000 \times \text{Aliquot Taken (ml)} \times \text{Weight of Sample}} \quad (1)$$

N of NaOH	คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)
Titer	คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา (มิลลิลิตร)
E.W. of Acid	คือ Equivalent weight ของกรดซิตริกมีค่าเท่ากับ 64
Vol Made Up	คือ ปริมาณน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
Aliquot Taken	คือ ปริมาณสารสกัดที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)
Weight of Sample	คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.6 เชื้อราและยีสต์ (Mold and Yeast) โดยวิธี 3MTM Petrifilm Yeast and Mold Count Plate ชั่งตัวอย่างฟริกแห้ง 25 กรัม เติม Phosphate Buffer pH 7.2 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และ เตรียม Serial Ten-Fold Dilution ดังนี้ 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} ปิเปตตัวอย่างแต่ละ Dilution 1 มิลลิลิตร ลงแผ่นเลี้ยงเชื้อ Petridish ปิดแผ่นฟิล์มเข้าๆ อย่าให้มีฟองอากาศ นำแผ่น Petrifilm ไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน โดยให้ด้านฟิล์มใสอยู่ด้านบน สามารถวางซ้อนกัน ได้ไม่เกิน 20 แผ่น จากนั้นอ่านผลที่ 3-5 วัน

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) พร้อมทั้งพิจารณาค่า P-value โดยหากมากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หากน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งหากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ก็นำมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีเปรียบเทียบเชิงพหุคูณแบบ DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ผลการวิจัย

ฟริกสดนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 38-40 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นให้มีความชื้นตามมาตรฐาน (มกษ. 3001-2553) ชุดทดลองที่ 1 2 และ 3 ใช้เวลา 168 ชั่วโมง ชุดทดลองที่ 4 และ 5 ใช้เวลา 144 ชั่วโมง การทดลองแบ่งฟริกเป็น 5 ชุดทดลอง คือ ชุดทดลองที่ 1 คือ ฟริกสดลดความชื้นโดยไม่ผ่านการฉายรังสียูวีซีหรือชุดควบคุม (Oven) ชุดทดลองที่ 2 และ ชุดทดลองที่ 3 คือ ฟริกสดลดความชื้นแล้วนำไปฉายรังสียูวีซีเป็นเวลา 10 นาที (Oven-UVC10) และ 20 นาที (Oven-UVC20) ตามลำดับ ชุดทดลองที่ 4 และ ชุดทดลองที่ 5 คือ ฟริกสดฉายรังสียูวีซีแล้วนำไปลดความชื้นเป็นเวลา 10 นาที (UVC-Oven10) และ 20 นาที (UVC-Oven20) ผลการศึกษาพบว่า

ค่าความชื้น (MC) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของฟริกสดและฟริกแห้งแสดงดังตารางที่ 1 ฟริกสดมีค่าความชื้น 43.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปลดความชื้น ฟริกแห้งก่อนการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 6.98-8.22 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความชื้น เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา (วันที่ 120) ค่าความชื้นของฟริกแห้งทุกชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าระหว่าง 14.45-15.59 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (มกษ.3001-2553) การใช้รังสียูวีซีร่วมกับการลดความชื้นไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระของฟริกสดมีค่า 0.98 และเมื่อนำไปลดความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระของฟริกแห้งก่อนเริ่มการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 0.43-0.47 และหลังจากการเก็บรักษา 30 60 90 และ 120 วัน ค่าปริมาณ

น้ำอิสระของทั้ง 5 ชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาเป็นลำดับ ณ วันที่ 120 ของการเก็บรักษาพริกแห้งทั้ง 5 ชุดทดลอง มีค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 0.63–0.65 ตามลำดับ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพริกสดอยู่ที่ 5.21 และเมื่อนำพริกสดไปลดความชื้น พบว่าพริกแห้งก่อนการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า 5.16–5.17 ซึ่งทั้ง 5 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลให้ค่า pH ลดลงในวันที่ 120 ค่า pH ของทั้ง 5 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยชุดควบคุมมีค่า pH 4.90 ชุดทดลองที่ 2 และชุดทดลองที่ 3 มีค่า pH ระหว่าง 4.88–4.91 ซึ่งมีค่า pH สูงกว่าชุดทดลองที่ 4 และชุดทดลองที่ 5 ซึ่งมีค่า pH ระหว่าง 4.83–4.86 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในพริกฉายงานในรูปของกรดซิตริก ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในพริกสดมีค่า 0.74 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพริกแห้งก่อนการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 1.69–2.03 เปอร์เซ็นต์ โดยชุดควบคุมมีค่า 1.93 เปอร์เซ็นต์ ชุดทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีค่า 2.03 1.98 1.69 และ 1.73 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ชุดควบคุมและชุดทดลองที่ลดความชื้นก่อนนำไปฉายรังสี (ชุดทดลองที่ 2 และ 3) มีค่าสูงกว่าพริกสดที่ผ่านการฉายรังสีวิธีชีก่อนลดความชื้น (ชุดทดลองที่ 4 และ 5) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การเก็บรักษามีต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 120) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทั้ง 5 ชุดทดลอง พบว่ามีค่าระหว่าง 2.24–2.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดย ชุดควบคุม ชุดทดลองที่ 4 และ ชุดทดลองที่ 5 มีค่าสูงกว่า ชุดทดลองที่ 2 และ ชุดทดลองที่ 3 เพียงเล็กน้อยแต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งค่าปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ลดลง

ตารางที่ 1 คุณภาพด้านต่างๆ ของพริกสดและพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพ	ชุดทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
		0	30	60	90	120
MC	พริกสด	43.10±2.08				
	Oven	7.31±1.41 ^{ns}	10.21±0.22 ^c	10.81±0.50 ^{ns}	13.11±0.73 ^{ns}	15.40±0.81 ^{ns}
	Oven-UVC ₁₀	7.94±0.17 ^{ns}	10.13±0.40 ^c	10.33±0.46 ^{ns}	11.86±0.11 ^{ns}	14.45±0.31 ^{ns}
	Oven-UVC ₂₀	8.22±0.80 ^{ns}	10.38±0.64 ^c	10.54±0.88 ^{ns}	12.46±0.51 ^{ns}	15.40±0.27 ^{ns}
	UVC ₁₀ -Oven	6.98±0.80 ^{ns}	9.04±0.34 ^a	10.30±0.12 ^{ns}	12.66±0.05 ^{ns}	15.59±1.00 ^{ns}
	UVC ₂₀ -Oven	7.10±0.43 ^{ns}	9.23±0.58 ^{ab}	9.79±0.37 ^{ns}	13.29±2.24 ^{ns}	15.29±0.47 ^{ns}
a _w	พริกสด	0.98±0.01				
	Oven	0.43±0.01 ^a	0.54±0.02 ^{bc}	0.54±0.01 ^a	0.59±0.01 ^a	0.64±0.00 ^b
	Oven-UVC ₁₀	0.45±0.00 ^{ab}	0.55±0.01 ^{bc}	0.57±0.00 ^c	0.61±0.01 ^b	0.65±0.00 ^c
	Oven-UVC ₂₀	0.45±0.00 ^{ab}	0.56±0.00 ^c	0.59±0.01 ^d	0.61±0.02 ^b	0.63±0.00 ^a
	UVC ₁₀ -Oven	0.43±0.01 ^a	0.52±0.01 ^a	0.58±0.00 ^d	0.63±0.01 ^b	0.65±0.00 ^c
	UVC ₂₀ -Oven	0.47±0.03 ^b	0.51±0.00 ^a	0.56±0.01 ^{bc}	0.62±0.00 ^b	0.65±0.00 ^c
pH	พริกสด	5.21±0.02				
	Oven	5.17±0.01 ^{ns}	5.09±0.01 ^{ns}	5.07±0.01 ^c	0.01±4.95 ^c	4.900.01± ^{cd}
	Oven-UVC ₁₀	5.16±0.02 ^{ns}	5.11±0.05 ^{ns}	5.04±0.01 ^a	0.01±4.97 ^c	4.880.02± ^{bc}
	Oven-UVC ₂₀	5.15±0.01 ^{ns}	5.10±0.01 ^{ns}	5.05±0.01 ^d	0.01±4.95 ^c	4.910.01± ^d
	UVC ₁₀ -Oven	5.17±0.01 ^{ns}	5.07±0.01 ^{ns}	5.06±0.01 ^{ab}	0.04±4.87 ^a	4.830.01± ^a
	UVC ₂₀ -Oven	5.17±0.01 ^{ns}	5.10±0.02 ^{ns}	5.07±0.01 ^c	0.01±4.91 ^b	4.80.02± ^b
TA	พริกสด	0.74±0.13				
	Oven	1.93±0.10 ^b	2.03±0.60 ^{ns}	2.38±0.47 ⁿ	0.03±2.38 ^d	2.42±0.01 ^b
	Oven-UVC ₁₀	2.03±0.02 ^b	2.08±0.03 ^{ns}	2.10±0.01 ^{ns}	2.13±0.01 ^{abc}	2.24±0.05 ^a
	Oven-UVC ₂₀	1.98±0.05 ^b	2.02±0.02 ^{ns}	2.11±0.02 ^{ns}	2.12±0.04 ^{abc}	2.34±0.07 ^{ab}
	UVC ₁₀ -Oven	1.69±0.09 ^a	2.00±0.01 ^{ns}	2.05±0.03 ^{ns}	2.06±0.04 ^a	2.43±0.01 ^b
	UVC ₂₀ -Oven	1.73±0.01 ^a	2.02±0.01 ^{ns}	2.11±0.01 ^{ns}	2.09±0.07 ^{ab}	2.35±0.06 ^b

หมายเหตุ : ตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษร a-d ในแนวตั้งของแต่ละค่า หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05);ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≥0.05)

ตารางที่ 2 แสดงค่าสีผิวของผลพริกสดและพริกแห้งโดยแสดงเป็นค่า L* a* และ b* จากการวิเคราะห์ค่า L* พบว่าพริกสดมีค่า L* 34.77 และเมื่อนำพริกสดไปลดความชื้น พริกแห้งชุดควบคุม (Oven) มีค่า L* 29.93 พริกแห้งชุดทดลองที่ 2 และ ชุดทดลองที่ 3 มีค่า 26.72 และ 24.04 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าชุดทดลองที่ 4 และ ชุดทดลองที่ 5 ซึ่งมีค่า 22.58 และ 22.89 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าในวันที่ 30 ทั้ง 5 ชุดการทดลองค่าสีมีแนวโน้มลดลงจากก่อนการเก็บรักษา ในวันที่ 120 ชุดควบคุมมีค่า 19.05 ชุดทดลองที่ 2 และชุดทดลองที่ 3 มีค่า 19.77 และ 20.26 ตามลำดับ และชุดทดลองที่ 4 และชุดทดลองที่ 5 มีค่า 19.06 และ 16.34 ตามลำดับ ตลอดการเก็บรักษาชุดทดลองที่ 4 และ ชุดทดลองที่ 5 ซึ่งเป็นพริกสดที่ผ่านการฉาย

รังสียูวีซีก่อนลดความชื้นค่า L^* มีแนวโน้มต่ำกว่าชุดควบคุม ชุดทดลองที่ 2 และ ชุดทดลองที่ 3 ค่า L^* ที่ลดลง แสดงว่าพริกมีสีผิวคล้ำขึ้น

ค่า a^* แสดงถึงสีแดง พริกสดมีค่า a^* 32.57 และเมื่อนำพริกสดไปลดความชื้น พริกแห้งมีค่า a^* 22.49–27.15 โดยชุดควบคุมมีค่า 25.88 ชุดทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีค่า 23.37 24.19 27.15 และ 22.49 ตามลำดับ วันสิ้นสุดการเก็บรักษา (วันที่ 120) ทั้ง 5 ชุดทดลอง มีค่า a^* ลดลง โดยชุดควบคุม มีค่า 14.97 ชุดทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีค่า 17.65 15.86 16.82 และ 16.12 ตามลำดับ ทั้ง 5 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยค่า a^* ของพริกแห้งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ค่า b^* แสดงถึงสีเหลือง พริกสดมีค่า b^* 15.39 และเมื่อนำพริกสดไปลดความชื้น พบว่าพริกแห้งทุกชุดการทดลองก่อนการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่า b^* ลดลง โดยมีค่าระหว่าง 13.19–14.79 ชุดทดลองที่ 2 และ ชุดทดลองที่ 3 มีค่าระหว่าง 13.58 และ 13.33 ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ 4 และชุดทดลองที่ 5 มีค่า 14.40 และ 13.19 ตามลำดับ โดยชุดควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 14.79 ทั้ง 5 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในวันที่ 30 60 90 และ 120 ค่า b^* ของพริกแห้งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ณ วันที่ 120 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีค่า 8.67 ชุดทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีค่า 7.44 8.78 7.04 และ 7.76 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การเปลี่ยนแปลงของค่าสี b^* แสดงถึงค่าสีเหลือง ถ้าค่า b^* ที่ต่ำ แสดงว่ามีสีเหลืองลดลง

ตารางที่ 2 ค่าสี L* a* และ b* พริกสดและพริกแห้งที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ค่าสี	ชุดทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
		0	30	60	90	120
L*	พริกสด	34.77±2.61				
	Oven	29.93±2.61 ^c	25.80±0.45 ^b	24.71±0.45 ^c	22.23±0.52 ^c	19.05±1.62 ^c
	Oven-UVC ₁₀	26.72±2.51 ^b	26.30±1.60 ^b	22.70±1.76 ^{bc}	22.27±1.06 ^c	19.77±0.45 ^{cd}
	Oven-UVC ₂₀	24.04±1.20 ^a	28.64±0.41 ^c	24.50±0.41 ^c	24.39±0.59 ^d	20.26±0.30 ^d
	UVC ₁₀ -Oven	22.58±1.17 ^a	21.40±1.00 ^a	21.81±1.13 ^b	20.02±0.37 ^b	19.06±0.27 ^c
	UVC ₂₀ -Oven	22.89±1.40 ^a	21.70±1.17 ^a	19.68±1.10 ^a	18.14±0.45 ^a	16.34±0.32 ^a
a*	พริกสด	32.57±2.80				
	Oven	25.88±1.06 ^{bc}	25.34±2.73 ^b	24.19±1.58 ^d	17.84±0.36 ^a	14.97±1.55 ^{ns}
	Oven-UVC ₁₀	23.37±1.17 ^a	23.29±3.76 ^{ab}	23.22±1.04 ^{cd}	20.02±0.28 ^a	17.65±0.55 ^{ns}
	Oven-UVC ₂₀	24.19±0.47 ^{ab}	23.28±1.73 ^{ab}	23.20±1.73 ^{cd}	17.99±0.56 ^a	15.86±0.65 ^{ns}
	UVC ₁₀ -Oven	27.15±1.43 ^c	26.21±3.06 ^b	22.16±2.03 ^{cd}	18.03±1.35 ^a	16.82±1.53 ^{ns}
	UVC ₂₀ -Oven	22.49±1.58 ^a	20.87±1.59 ^a	20.86±1.59 ^{ab}	18.89±0.45 ^a	16.12±0.94 ^{ns}
b*	พริกสด	15.39±1.57				
	Oven	14.79±1.95 ^{ns}	13.39±0.87 ^{ns}	12.88±0.63 ^c	12.09±0.34 ^{ns}	8.67±0.58 ^{ns}
	Oven-UVC ₁₀	13.58±1.65 ^{ns}	13.22±0.81 ^{ns}	10.48±0.55 ^a	10.27±0.64 ^{ns}	7.44±1.80 ^{ns}
	Oven-UVC ₂₀	13.33±1.50 ^{ns}	13.08±1.13 ^{ns}	12.24±0.29 ^c	11.98±1.48 ^{ns}	8.78±0.64 ^{ns}
	UVC ₁₀ -Oven	14.40±1.95 ^{ns}	13.89±1.56 ^{ns}	13.77±0.34 ^{dc}	12.20±2.23 ^{ns}	7.04±0.53 ^{ns}
	UVC ₂₀ -Oven	13.19±0.97 ^{ns}	11.09±1.01 ^{ns}	11.00±0.11 ^b	9.60±0.72 ^{ns}	7.76±1.04 ^{ns}

หมายเหตุ : ตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษร a-d ในแนวดิ่งของแต่ละค่า หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$); ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราและยีสต์ หลังจากเตรียมตัวอย่างเสร็จแล้ว นำพริกแห้งไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราและยีสต์ พบว่าปริมาณเชื้อราและยีสต์ของพริกแห้งชุดควบคุม 2.7×10^3 โคโลนีต่อกรัม พริกที่ฉายรังสียูวีซีร่วมกับกรดความเข้มข้นมีปริมาณเชื้อราและยีสต์ลดลง โดย Oven-UVC₁₀ Oven-UVC₂₀ UVC-Oven₁₀ และ UVC-Oven₂₀ ตรวจพบปริมาณเชื้อราและยีสต์ 4.0×10^2 2.0×10^3 1.2×10^3 และ 2.2×10^3 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ การลดความชื้นร่วมกับการฉายรังสียูวีซี ตรวจพบเชื้อราและยีสต์ต่ำกว่าชุดควบคุมพริกสดหลังจากทำการลดความชื้นแล้ว ถึงแม้ว่าจะยังตรวจพบเชื้อราและยีสต์ แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน ตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (โคโลนีต่อกรัม) ของพริกแห้ง

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	
	0	120
Oven	2.7×10^3	nd
Oven-UVC ₁₀	4.0×10^2	nd
Oven-UVC ₂₀	2.0×10^3	nd
UVC ₁₀ -Oven	1.2×10^3	nd
UVC ₂₀ -Oven	2.2×10^3	nd

หมายเหตุ :nd = not detected

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การลดความชื้น เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการรักษาผักและผลไม้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดน้ำในผลิตผลสด ออกให้เหลืออยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และผลิตผลเกิดการเสื่อมเสียน้อยที่สุด การผลิตพริกแห้ง โดยการใช้ตู้อบลมร้อนร่วมกับการใช้รังสียูวีซีซึ่งเป็นเทคโนโลยีแบบไม่ใช้ความร้อน (non-thermal technology) ที่มีคุณสมบัติในการลดและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และพริกแห้งที่ได้ปลอดภัยสำหรับการบริโภค เนื่องจากปลอดภัยจากสารเคมี การทดลองนำพริกสดไปลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำ คือ 38-40 องศาเซลเซียส ด้วยมีจุดมุ่งหมายที่จะใช้อุณหภูมิระดับเดียวกับอุณหภูมิของบรรยากาศปกติ พริกแห้งที่ผ่าน กระบวนการเตรียมเสร็จแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (PP) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ (24-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 71-92 เปอร์เซ็นต์) การลดความชื้นพริกสดให้เหลือความชื้นต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ชุดทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม: Oven) ชุดทดลองที่ 2 (Oven-UVC₁₀) และชุดทดลองที่ 3 (Oven-UVC₂₀) ใช้เวลา 168 ชั่วโมง (7 วัน) ชุดทดลองที่ 4 (UVC-Oven₁₀) และ ชุดทดลองที่ 5 (UVC-Oven₂₀) ใช้เวลา 144 ชั่วโมง (6 วัน) เวลาในการลดความชื้นของชุดทดลองที่ 4 และ ชุดทดลองที่ 5 สั้นกว่าอีก 3 ชุดทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากการฉายรังสียูวีซีมีผลทำลายความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ ทำให้ผิวของตัวอย่างเกิดการแตกและหยาบ น้ำและสารละลายที่อยู่ภายในเซลล์ถูกปลดปล่อยได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานการถ่ายเทความชื้นระหว่างกรอบแห้งลดลง [13] การลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนร่วมกับการฉายรังสียูวีซีถึงแม้ว่าจะไม่มีผลต่อค่าความชื้นของพริกแห้งก่อนเก็บรักษา (วันที่ 0) แต่เมื่อพิจารณาชุดควบคุม ชุดทดลองที่ 2 และชุดทดลองที่ 3 มีค่าความชื้น 7.31 7.94 และ 8.22 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าชุดทดลองที่ 4 และชุดทดลองที่ 5 ซึ่งมีค่าความชื้น 6.98 และ 7.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากรังสียูวีซีทำให้ผนังเซลล์ของพริกสดเกิดความเสียหาย จึงส่งผลทำให้ความชื้นในพริกเคลื่อนย้ายออกจากเซลล์ได้ง่ายในระหว่างอบลดความชื้น [13, 14] ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระที่ลดลง ด้วยคุณสมบัติการดูดความชื้นจากอากาศ (Hygroscopic Property) ของพริกแห้ง การเก็บรักษาที่สภาวะแวดล้อมปกติมีผลทำให้พริกแห้งดูดน้ำจากสภาวะแวดล้อม ประกอบกับคุณสมบัติของถุงพลาสติก PP ซึ่งอากาศจากบรรยากาศภายนอกถุงสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในถุงได้ (Permeability) จึงเป็นสาเหตุทำให้ค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นจะมีผลส่งเสริมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ [15] ตามมาตรฐานพริกแห้งความชื้นต้องมีค่าไม่เกิน 13.5 เปอร์เซ็นต์ (มกษ.3001-2553) และผลิตภัณฑ์อาหารแห้งต้องมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ตามเกณฑ์ของอาหารแห้ง [16] จากการศึกษาเมื่อพิจารณาจากค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระควรเก็บรักษาพริกแห้ง

เป็นระยะเวลาไม่เกิน 60 วัน โดยทุกชุดทดลองจะยังมีค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย คือค่าความชื้นอยู่ในช่วง 9.79-10.88 เปอร์เซ็นต์ และค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.54-0.59

กระบวนการลดความชื้นด้วยความร้อนหรือการอบแห้งมักส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์แห้ง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning) และไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Non-enzymatic browning) [4] สีของผลิตภัณฑ์แห้งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งเช่นกัน การใช้อุณหภูมิในการทำแห้งหรือลดความชื้นที่สูงเกินไปทำให้พริกสูญเสียสีเนื่องจาก การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุจากเอนไซม์ที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้เกิดการสลายสีและมีผลทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ อาหารเปลี่ยนแปลงไป จากการศึกษาของ นัยวัฒน์ และคณะ [17] ทำการลดความชื้นพริกสดสีแดงด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า L^* a^* และ b^* ของพริกสดมีค่า 25.25 40.45 และ 30.00 ตามลำดับ และเมื่อนำพริกสดไปลดความชื้น L^* a^* และ b^* มีค่าลดลงเป็น 19.48 13.37 11.40 ตามลำดับ (ค่าความแตกต่าง L^* a^* b^* ของพริกสดและพริกแห้งหรือ L^* a^* b^* เท่ากับ 5.77 27.08 และ 18.6 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับจากการศึกษานี้ ค่า L^* a^* และ b^* ของพริกสดหลังลดความชื้นที่อุณหภูมิ 38-40 องศาเซลเซียส มีค่า 29.93 25.88 และ 14.79 ตามลำดับ (L^* a^* b^* เท่ากับ 4.84 6.69 0.60 ตามลำดับ) แสดงว่าอุณหภูมิ ในการลดความชื้นที่ต่ำกว่ามีผลต่อการรักษาสีผิวของพริกแห้ง ค่า L^* ลดลงระหว่างการลดความชื้น เนื่องจากการก่อตัวของสารสีน้ำตาล (brown pigment formation) โดย Vega-Gálvez และคณะ [18] รายงานว่า การเกิดสีน้ำตาลในพริกแห้งเนื่องจากในพริกแห้งมีน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนในระดับสูง การใช้รังสีวิทยิ่วมกับการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน ค่า L^* a^* และ b^* ของพริกแห้งที่ได้ต่ำกว่าพริกแห้งที่ไม่มีการใช้รังสีวิทยิ่วมด้วย (ชุดควบคุม) ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาการลดความชื้นพริกสีแดงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำให้สารแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลงจาก 859 เป็น 791 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ 74 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อใช้รังสีวิทยิ่วมกับการลดความชื้นสารแคโรทีนอยด์ลดลงเพียง 688 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ 41 เปอร์เซ็นต์ [19] แคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่สำคัญของพริกสีแดง การลดความชื้นทำให้สารแคโรทีนอยด์ลดลงซึ่งเป็นอีกสาเหตุที่ส่งผลต่อค่า L^* และ a^* ที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ค่า L^* a^* และ b^* ของพริกแห้งยังมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้อาจเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ มีรายงานว่า การใช้อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จึงจะมีผลทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ ด้วยเหตุนี้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ยังคงดำเนินอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สีผิวของพริกแห้งที่ผ่านการเก็บรักษามีสีคล้ำขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา การใช้รังสีวิทยิ่วมกับการลดความชื้นไม่มีผลต่อค่า L^* a^* และ b^* แสดงว่ารังสีวิทยิ่วมในระดับที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อการทำลายเอนไซม์ จึงทำให้ค่า L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อีกตัวแปรหนึ่งซึ่งมีผลต่อการเกิดสีคล้ำขึ้นในพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษาคือค่าปริมาณน้ำอิสระ Rhim และ Hong [19] รายงานว่าพริกป่นสีแดงมีสีแดงคล้ำเมื่อมีค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.49 และสีแดงคล้ำมากขึ้นเมื่อมีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงกว่า 0.74 แต่ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ระดับ 50 องศาเซลเซียส ถึงแม้พริกป่นจะมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำๆ สีแดงของพริกป่นก็สามารถเกิดการซีดลงได้ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.21 พริกป่นมีสีแดงอมน้ำตาล แต่ถ้า 0.46 พริกป่นมีสีคล้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง โดยค่าปริมาณน้ำอิสระระดับปานกลางคือ 0.5-0.7 จะเร่งการเกิดปฏิกิริยา [20]

ค่า pH ของพริกแห้งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออายุและการเก็บรักษา [21] การลดความชื้นมีผลทำให้ค่า pH ลดลง ปริมาณกรดที่ใดเตรทได้เพิ่มขึ้น การลดความชื้นร่วมกับการใช้รังสีวิทยิ่วมไม่มีผลต่อค่า pH พริกสดมี

ค่า pH สูงสุด และปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ต่ำสุด ปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ลดลง มีรายงานจาก Kennao และคณะ [22] เปรียบเทียบค่า pH และค่าความเป็นกรดของพริกสดกับพริกแห้งที่ผ่านการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าพริกที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนทั้ง 2 อุณหภูมิ มีค่า pH ลดลงและค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจากพริกสด ซึ่งค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้สารแคปไซซินเกิดการแตกตัว [22] และมีรายงานว่า การลดลงของค่า pH ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดได้จึงทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น [23] เชื้อราและยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นและสารอาหารที่เหมาะสม โดยเฉพาะในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และสปอร์ของเชื้อราที่อยู่บนพื้นผิวของอาหารสามารถงอกและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วหากสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวย ส่งผลให้อาหารเสื่อมคุณภาพหรือเกิดการเน่าเสียได้ การใช้อุณหภูมิในการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ต่ำเกินไปในช่วง 20-50 องศาเซลเซียสทำให้การลดความชื้นใช้เวลานานและเชื้อราอาจเจริญได้ โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เปลือกมีไขมันเช่น มะเขือเทศ พริก [5] จากการทดลองพริกสดหลังจากทำการลดความชื้นแล้วถึงแม้ว่าจะยังตรวจพบเชื้อราและยีสต์ แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วันตรวจไม่พบประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อของรังสียูวีซีขึ้นอยู่กัระยะเวลา ความเข้มข้นและความยาวคลื่นของรังสี กลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยรังสียูวีซีเป็นการป้องกันการแพร่พันธุ์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยรังสียูวีซีจะทำลายกรดนิวคลีอิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ DNA ส่งผลให้ DNA ไม่สามารถเกิดกระบวนการจำลองตัวเองได้ (DNA replication) [10] ด้วยเหตุนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาต่างๆ ที่ค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งเพิ่มขึ้น

จากการทดลองนี้จะเห็นว่าการทำแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีของพริกสีแดง เมื่อเปรียบเทียบกับพริกสด แต่การใช้อุณหภูมิในการลดความชื้นที่ต่ำช่วยรักษาสีผิวของพริกได้ดีกว่า การเก็บรักษาก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง เมื่อนำรังสียูวีซีมาใช้ร่วมกับการลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ พบว่ารังสียูวีซีช่วยลดเวลาในการทำแห้ง เมื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าค่าการวิเคราะห์บางอย่างจะมีผลต่อความแตกต่างทางสถิติ การใช้รังสียูวีซีร่วมกับการทำแห้งมีผลลดปริมาณเชื้อราและยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางกายภาพและเคมีของพริกแห้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมควรมีการศึกษาความเข้มข้นของรังสียูวีซีในระดับที่เพิ่มขึ้น และศึกษาคุณสมบัติเชิงลึกทั้งทางด้านการเปลี่ยนแปลงสารประกอบสำคัญในพริกแดงและปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ถึงแม้ว่าวันสุดท้ายของการเก็บรักษาจะตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์ แต่ระหว่างการเก็บรักษาอาจมีการสร้างสารอะฟลาทอกซิน จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อรากับอะฟลาทอกซิน พบว่าปริมาณเชื้อราที่ปนเปื้อนในตัวอย่างกับการสร้างสารอะฟลาทอกซินมีค่าสหสัมพันธ์เพียง 0.18 [24] แสดงว่ามีความสัมพันธ์น้อยมากถึงแม้ไม่พบเชื้อราหรือมีเชื้อราในปริมาณต่างๆ ในตัวอย่างก็ไม่ได้แสดงว่าจะไม่มีสารอะฟลาทอกซินในตัวอย่างนั้น กล่าวคือเชื้อราอาจจะถูกทำลายไปแต่สารอะฟลาทอกซินที่สร้างไว้ยังคงอยู่

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องศึกษาผลการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการใช้รังสียูวีซีต่อการผลิตสารอะฟลาทอกซิน และคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษา ตามคำรับรองการปฏิบัติตามเงื่อนไขของการอนุมัติงบประมาณโครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ

พ.ศ. 2568 เลขที่ FF68/ NKR/138 ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับทุนวิจัย และห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอาหาร สาขาวิศวกรรมนวัตกรรมอาหารและหลังการเก็บเกี่ยว ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ ห้องปฏิบัติการรวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการทำการทดลองครั้งนี้

References

- [1] Mueanmart, A. (2022). *The Biggest Producers of Chili*. Available from <https://www.salika.co/2022/11/17/thailand-2nd-largest-chili-producer>. Accessed date: 25 October 2025. (in Thai)
- [2] Office of Agricultural Economics. (2025). *Chili*. Available from <https://agriman.doae.go.th/wp-content/uploads/2025/08/22>. Accessed date: 25 October 2025. (in Thai)
- [3] Artnaseaw, A., et al. (2010). Development of a Vacuum Heat Pump Dryer for Drying Chilli. *Biosystems Engineering*, 105(1), 130-138.
- [4] Gupta, P., et al. (2002). Drying Characteristics of Red Chilli. *Drying Technology*, 20, 1975-1987.
- [5] Klieber, A. (2000). *Chilli spice production in Australia : A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation*. Rural Industries Research & Development Corporation
- [6] National Food Institute. (2022). *Aflatoxin*. Available from <https://www.nfi.or.th/foodsafety/upload/damage/pdf/aflatoxin-2.pdf>. Accessed date: 20 January 2022. (in Thai)
- [7] Chinaphuti, A. (2006). *Evaluating the Efficiency of Aflatoxin ELISA Test Kit for Eventual Use by Farmer and Exporter* (Research report). Department of Agriculture. (in Thai)
- [8] Food Division. (2020). *Standards for Contaminations in Food (No.414)*. Available from https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/118/T_0017.PDF. Accessed date: 20 January 2022. (in Thai)
- [9] Thai Agricultural Standard. (2010). *Dried Chili Peppers*. Available from https://www.acfs.go.th/standard/download/dried_chili_peppers.pdf. Accessed date: 25 January 2024. (in Thai)
- [10] Wanapaisan, P. (2020). *UVC Disinfection*. Available from <https://pharmacy.mahidol.ac.th>. Accessed date: 20 January 2022. (in Thai)
- [11] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed.). AOAC International.
- [12] Zaki, N., et al. (2013). Quality Characteristics of Moroccan Sweet Paprika (*Capsicum annuum* L.) at Different Sampling Times. *Food Science and Technology*, 33(3), 577-585.
- [13] Toontom, N., & Therdthai, N. (2009). Preliminary Study of Chili Drying Using Microwave Assisted Vacuum Drying Technology. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(2), 80-86.

- [14] Tunde-Akintunde, T. Y., & Afolabi, T. J. (2009). Drying of Chili Pepper (*Capsicum frutescens*). *Journal of Food Process Engineering*, 33(4), 649–660.
- [15] Postharvest Technology Innovation Center. (2003). *Water Activity*. Available from http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF47/CF47_B7.pdf. Accessed date: 28 September 2025. (in Thai)
- [16] Jay, J. M., et al. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer Science+Business Media Inc.
- [17] Naiyawat, S., et al. (2024). Influence of UV-C Radiation Treatments on Dried Chilli Qualities and Aflatoxin Production. *Journal of Advances Development in Engineering and Science*, 14(1), 39–51. (in Thai)
- [18] Vega-Gálvez, A., et al. (2009). Effect of Air-Drying Temperature on Physicochemical Properties, Antioxidant Capacity, Color, and Total Phenolic Content of Red Pepper (*Capsicum annuum* L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647–653.
- [19] Rhim, J. W., & Hong, S. N. (2011). Effect of Water Activity and Temperature on the Color Change of Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Powder. *Food Science and Biotechnology*, 20(1), 215–222.
- [20] Lee, D. S., et al. (1991). Nonenzymatic Browning in Dried Red Pepper Products. *Journal of Food Quality*, 14(2), 153–163.
- [21] Faliarizao, N. T., et al. (2025). Total Phenolics, Antioxidant, and Physical Properties of Red Chili Peppers (*Capsicum annuum* L.) as Affected by Drying Methods. *International Journal of Food Properties*, 28(1), 2492823.
- [22] Kennao, E., et al. (2020). Effect of Drying on Physicochemical Characteristics of Bhut Jolokia (Chilli Pepper). *Journal of Food Process and Technology*, 11(3), 823.
- [23] Mangaraj, S., et al. (2001). Comparative Performance Evaluation of Different Drying Methods for Chillies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 38(3), 296–299.
- [24] Thitipetchrakul, S., et al. (2015). Contamination to Eat Nut Products. *Bulletin of the Department of Medical Sciences*, 57(2), 244–253. (in Thai)