

ผลของการใช้รังสียูวีซีต่อคุณภาพของพริกแห้งและการเกิดของ สารอะฟลาทอกซิน

Influence of UV-C Radiation Treatments on Dried Chilli Qualities and Aflatoxin Production

นัยวัฒน์ สุขทั้ง¹ ปิยะมาศ จานนอก¹ จันทนา สันตุดพร้อม¹
นาฏชนก ปรางปรุ¹ วีรกุล มีกกลางแสน¹ พัทชรินทร์ เพ็ญขุนทด¹
และ เพลงพิณ เพียรภูมิพงศ์^{1*}

Naiyawat Sukthang¹, Piyamart Jannok¹, Jantana Suntudprom¹,
Nartchanok Prangpru¹, Weerakul Meeklangsan¹,
Patchrin Phoengkunthod¹ and Plengpin Pianpumepong^{1*}

Received: 12 January 2024

Revised: 2 February 2024

Accepted: 3 July 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้รังสียูวีซีร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งพันธุ์ซูเปอร์ฮอท การทดลองประกอบด้วย 3 ชุดทดลอง ได้แก่ พริกสดนำไปทำให้แห้ง พริกสดฉายรังสียูวีซีก่อนนำไปทำให้แห้ง และพริกสดนำไปทำให้แห้งก่อนนำไปฉายรังสียูวีซี การทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง การฉายรังสียูวีซีใช้ระยะเวลาที่ 5 10 และ 20 นาที พริกแห้งปริมาณ 100 กรัม บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์คุณภาพทุก 60 วัน เป็นระยะเวลา 180 วัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่า ความชื้นของพริกแห้งมีค่าระหว่าง 6.91-9.33 เปอร์เซ็นต์หลังการเก็บรักษาระยะเวลา 180 วัน ค่าความชื้น

¹สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ประเทศไทย 30000

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

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: plangpin.pi@rmuti.ac.th

และปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การทำแห้งมีผลทำให้ค่า L^* และ b^* ลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ค่า L^* a^* และ b^* ของทุกชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจากก่อนการเก็บรักษา การเก็บรักษามีผลทำให้ค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ค่า pH ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น การตรวจสอบสารเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินภายใต้ Black Light และวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินด้วยชุดทดสอบ ScreenEZ Aflatoxin ELISA Test Kit พบว่าพริกแห้งทุกชุดทดลองไม่พบสารอะฟลาทอกซิน

คำสำคัญ: พริกแห้ง อะฟลาทอกซิน รังสียูวีซี การอบแห้ง

ABSTRACT

This study investigated the effect of UVC combined with hot air oven drying on physical quality, chemical quality and aflatoxin formation in Superhot dried chili. The experiment consisted of 3 treatments: fresh chili dried, fresh chili irradiated with UVC rays before being dried, and fresh chili dried before being irradiated with UVC rays. Drying was used a hot air oven at 70°C for 18 hours, UVC irradiated for 5, 10 and 20 minutes. 100 grams of dried chilies were packed in Poly Propylene bags and stored at room temperature for 180 days. The results of the quality analysis revealed that the moisture content of dried chili ranged from 6.91% to 9.33%. After being stored for 180 days, the moisture content and water activity of all treatment were increased significantly. Drying resulted in a decrease in L^* a^* and b^* values, and at the end of study, L^* , a^* , and b^* values of all treatment were probably lower than their initial values. Storage had the effect of reducing pH significantly, which was associated with an increase in titratable acidity. The detection of fluorescence from aflatoxin under black light, and quatitative of aflatoxin using ScreenEZ Aflatoxin ELISA Test Kit revealed that all treatments did not found aflatoxin.

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

บทนำ

ประเทศไทยในฐานะเป็นผู้ผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญเพื่อเลี้ยงประชากรภายในประเทศและส่งออกในอันดับต้นของโลก แต่ที่ผ่านมาสินค้าเกษตรและอาหารโดยเฉพาะสินค้าเกษตรด้านพืชยังขาดความเอาใจใส่ด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีสารเคมีตกค้าง มีศัตรูพืชและจุลินทรีย์ปนเปื้อน ความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety) จึงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ในขณะเดียวกันการค้าสินค้าเกษตรระหว่างประเทศมีมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS) จึงถูกนำมาใช้เป็นข้อกีดกันทางการค้าสินค้าเกษตรสำหรับการค้าระหว่างประเทศ อีกทั้งผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพและรับประทานอาหารที่มีสรรพคุณเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายเพิ่มขึ้น ถือเป็นโอกาสดีสำหรับสินค้าเครื่องเทศและสมุนไพรไทยในการขยายตลาดส่งออกได้เพิ่มขึ้น [1] การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลทาง

การเกษตรถูกนำมาใช้เป็นเครื่องตอร์รอรากในการซื้อขาย จึงทำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในอาหารชนิดต่างๆไม่เท่ากัน จากรายงานการตรวจสอบสินค้าเกษตรและอาหารจากประเทศไทยที่ถูกปฏิเสธการนำเข้าโดยประเทศออสเตรเลียระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน 2563 พบว่าน้ำพริก (curry paste) เป็นสินค้าที่ถูกปฏิเสธการนำเข้าสาเหตุจากการตรวจพบสารอะฟลาทอกซิน [2] และจากสถิติสินค้าส่งออกที่สำคัญปี 2564 เครื่องเทศกลุ่มพริกแห้งและพริกป่นมีการขยายตัว 65 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่า 2.5 ล้านเหรียญสหรัฐ [3] ซึ่งกล่าวได้ว่าพริกมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ พริกสดมีข้อจำกัดคืออายุการเก็บรักษาที่สั้นทำให้เกิดการเน่าเสียเกษตรกรจึงหันมาแปรรูปพริกแห้งเพื่อขายนอกฤดูกาล การทำพริกแห้งตามท้องถิ่นส่วนใหญ่มีข้อเสียคือความไม่สม่ำเสมอของความชื้น ระยะเวลาในการทำแห้งนานเนื่องจากสภาวะอากาศที่ร้อนชื้นและพื้นที่การตากอาจไม่เหมาะสมซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนจากแมลง นก หนูและโดยเฉพาะเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสารพิษที่ชื่อว่าอะฟลาทอกซิน

สารอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราพบได้ในผลผลิตทางการเกษตรทั้งที่ยังไม่ได้แปรรูปและผ่านการแปรรูปมาแล้ว เช่น พริกแห้ง พริกไทย เป็นต้น ปัจจุบันคนไทยขาดข้อมูลความเสี่ยงจากการบริโภคพริกและพริกป่นจากการสำรวจและเก็บตัวอย่างพริกแห้ง พริกป่น และผลิตภัณฑ์จากพริก จำนวน 75 ตัวอย่าง พบว่าผู้ผลิตระดับโรงงานที่มีกำลังการผลิตมากสามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ได้ ส่วนการขายเฉพาะในท้องถิ่นมักขาดแรงจูงใจในการผลิตที่ดี ทำให้ขาดสัญลักษณ์ที่ดีของผู้ผลิตและสถานที่ผลิตไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์มีผลทำให้มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในพริกแห้งและพริกป่นได้ [4] เมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งพริกในระบบปิดด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและการตากแดด พบว่าการทำแห้งด้วยระบบปิดส่งผลให้การเพิ่มขึ้นของอะฟลาทอกซินน้อยกว่าตากแดด เนื่องจากการงอกของสปอร์ของเชื้อราลดลง [5] จากการศึกษาการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในพริกป่นละเอียดพบการปนเปื้อนสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.6-43.9 ppb รองลงมาได้แก่พริกป่นหยาบและพริกแห้งพบการปนเปื้อน 99.28 และ 96.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีปริมาณปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.5-60.4 ppb และ 0.4-175.3 ppb ตามลำดับ [6] ซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้คือไม่เกิน 20 ppb [7] เนื่องจากสารอะฟลาทอกซินเป็นสารที่ทนต่อความร้อนได้สูง ความร้อนที่ใช้ประกอบอาหารในครัวเรือน เช่น หุง ต้ม นึ่ง หรือแม้แต่วิธีพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไรส์ก็ไม่สามารถทำลายพิษของมันได้ จึงได้มีการศึกษาเพื่อลดหรือกำจัดสารอะฟลาทอกซิน ทั้งวิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ การใช้รังสีเป็นวิธีการทางกายภาพที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน (non-thermal processing) แต่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ก่อโรคและทำให้อาหารเสื่อมเสีย การใช้รังสีเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารเริ่มมาตั้งแต่ปี 1945 รังสียูวีซีมีข้อดีในแง่ของความปลอดภัยกับอาหาร ไม่มีรังสีตกค้างแม้ใช้ในระดับที่สูงมาก การใช้รังสียูวีซีเพื่อทำลายเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำดื่มได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลกในปี 1993 ว่ามีความปลอดภัยและเป็นวิธีการที่นำเชื่อถือ สามารถทำลายเชื้อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้น้ำดื่มปราศจากจุลินทรีย์ได้ในระดับ sterilization [8] นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้รังสียูวีซีเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ผลไม้สดและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น แอปเปิ้ล [9] เห็ดกระดุม [10] สับปะรด [11] กล้วยไข่ [12] เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของการฉายรังสียูวีซีที่ 5 10 และ 20 นาที ร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพเคมีและตรวจสอบการเกิดสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งพันธุ์ซูเปอร์ฮอทที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP ทุก 60 วัน เป็นเวลา 120 วัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษามูลของการฉายรังสียูวีซีที่เวลาต่างกันต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการเกิดสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP (Poly Propylene) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยมีวิธีการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมชุดทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือพริกสดสีแดงพันธุ์ซูเปอร์ฮอทแบบมีขี้แบ่งพริกออกเป็น 3 ชุดทดลอง ชุดทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) คือพริกสดที่ลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นต่ำกว่า 13.5 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) [7] ชุดทดลองที่ 2 คือพริกสดลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนเช่นเดียวกับชุดทดลองที่ 1 หลังจากนั้นนำพริกแห้งที่ได้ไปฉายรังสียูวีซีและชุดทดลองที่ 3 คือพริกสดฉายรังสียูวีซี หลังจากนั้นนำพริกสดที่ผ่านการฉายรังสียูวีซีไปทำแห้งเช่นเดียวกับชุดทดลองที่ 1

2. การฉายรังสียูวีซี

ชุดทดลองที่ 2 (พริกแห้ง) ชั่งน้ำหนัก 500 กรัม และชุดทดลองที่ 3 (พริกสด) ชั่งน้ำหนัก 1000 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียมขนาดกว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 5.5 เซนติเมตร เคลือบพริกให้สม่ำเสมอทั้งถาด นำถาดวางในกล่องฉายรังสี (Figure 1) โดยถาดที่ใส่ตัวอย่างพริกวางได้หลอดยูวีซีระยะห่างจากหลอดยูวีซีถึงพริกสด 7.3-7.7 เซนติเมตร ทำการฉายรังสียูวีซีเป็นเวลา 5 10 และ 20 นาที โดยทำการกลับด้านพริกทุก 1 นาที จนกว่าจะครบเวลาฉายรังสี



Figure 1 UV-C boxlight (left) and chili treated under UV-C light (right)

3. การเก็บรักษาพริกแห้ง

พริกแห้งจากชุดทดลองที่ 1 มีจำนวน 1 ตัวอย่าง ชุดทดลองที่ 2 มีจำนวน 3 ตัวอย่างและชุดทดลองที่ 3 มีจำนวน 3 ตัวอย่างซึ่งพริกแห้งแต่ละตัวอย่าง 100 กรัม บรรจุลงถุงพลาสติกชนิด PP ขนาด 8×12 นิ้ว แล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกแบบร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ถุงต่อตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี การปรากฏสารเรืองแสงภายใต้ Black Light และปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ทุกๆ 60 วัน เป็นเวลา 180 วัน

4. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ค่าความชื้น (Moisture Content)

วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2000) [13] สุ่มตัวอย่างพริกแห้งจากแต่ละถุงประมาณ 3 กรัม บดและเทใส่ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนัก นำเข้าตู้อบลมร้อน อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง คำนวณปริมาณความชื้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ดังสมการที่ 1

$$M_w = \frac{W - d}{W} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) W คือ มวลของวัสดุ (กรัม) d คือ มวลของวัสดุแห้ง (กรัม)

4.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w)

สุ่มตัวอย่างพริกแห้งจากแต่ละถุง 1 กรัม บดละเอียด เทพริกบดใส่ลงในถ้วยสำหรับการวิเคราะห์ นำถ้วยที่ใส่ตัวอย่างพริกใส่ลงในเครื่อง Water Activity (รุ่น HD-3A) บันทึกค่า

4.3 สีผิวของผลพริก

ใช้เครื่องวัดสี HunterLab (รุ่น MiniScan EZ) รายงานผลเป็นค่า Hunter Scale ซึ่งประกอบด้วยค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (สีเขียว ถึง สีแดง) และ b^* (สีน้ำเงิน ถึง สีเหลือง) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังสมการที่ 2

$$(\Delta E) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

เมื่อ ΔL^* Δa^* Δb^* คือผลต่างของค่าต่างๆ หลังการเก็บรักษาและก่อนการเก็บรักษา

4.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง [14]

สุ่มตัวอย่างพริกแห้งแต่ละถุง 2 กรัม บดละเอียดนำพริกที่บดแล้วใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปกวนด้วยเครื่อง Hotplate Stirrers โดยไม่ใช้ความร้อน ปั่นด้วยความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter บันทึกค่า

4.5 ปริมาณกรด (Titratable Acidity: TA)

ชั่งพริกบด 2 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปกวนด้วยเครื่อง Hotplate Stirrer โดยไม่ใช้ความร้อน ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดูดสารสกัด 5 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 0.1 normal NaOH โดยใช้สารฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นสารบ่งชี้ ค่าที่ได้นำไปคำนวณดังสมการที่ 3

$$TA (\%) = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (ml)} \times 0.064 \times 100}{\text{ปริมาณสารสกัด (ml)}} \quad (3)$$

0.064 คือ milliequivalent weight of citric acid (anhydrous)

4.6 การปรากฏสารเรืองแสงภายใต้ Black Light

นำตัวอย่างฟริกทั้งแบบเมล็ดและแบบบดหยาบบรรจุลงในจานแก้ว (Petri Dish) วางจานแก้วในกล่องสีดำภายในมีหลอดยูวี ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร (Figure 2) สังเกตการณ์เกิดสารเรืองแสง บันทึกระยะเวลาการเก็บรักษาที่ปรากฏสารเรืองแสงครั้งแรก



Figure 2 Screening aflatoxin production box

4.7 การหาปริมาณสารอะฟลาทอกซิน โดยใช้ชุดทดสอบ ScreenEZ Aflatoxin ELISA Test Kit จากบริษัทสยามอินเตอร์คออลิตี้ จำกัด ประเทศไทย

4.8 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ นำข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณภาพของฟริกแห้งแต่ละชุดทดลองใส่ลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีเปรียบเทียบเชิงพหุคูณแบบ DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ผลการวิจัย

การทดลองแบ่งฟริกเป็น 3 ชุดทดลองคือชุดทดลองที่ 1 ฟริกสดทำแห้งไม่ผ่านการฉายรังสียูวีซี(TD) ชุดทดลองที่ 2 ฟริกสดทำแห้งแล้วนำไปฉายรังสียูวีซีเป็นเวลา 5 10 และ 20 นาที (TDUV5, TDUV10, TDUV20) และ ชุดทดลองที่ 3 ฟริกสดฉายรังสียูวีซี เป็นเวลา 5 10 และ 20 นาที แล้วนำไปทำแห้ง(TUV5D, TUV10D, TUV20D) ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ พบว่าฟริกสดนำไปลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ค่าความชื้นของฟริกแห้งที่ได้มีค่าระหว่าง 6.91-9.33 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาเก็บรักษามีผลทำให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ค่าความชื้นของฟริกแห้งทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 10.04-10.68 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1 Moisture content (%) of dried chili during storage at room temperature 180 days

Samples	Storage Time (Days)			
	0	60	120	180
TD	7.14±0.03 ^{aA}	7.98±0.27 ^{abB}	8.39±0.18 ^{aC}	10.41±0.37 ^{nsD}
TDUV5	6.91±0.18 ^{aA}	8.11±0.53 ^{abB}	9.07±0.33 ^{abC}	10.04±0.23 ^{nsD}
TDUV10	6.91±0.18 ^{aA}	7.85±0.09 ^{aB}	9.18±0.57 ^{abC}	10.55±0.76 ^{nsD}
TDUV20	6.91±0.18 ^{aA}	8.79±1.10 ^{abB}	8.82±0.39 ^{abC}	10.07±0.40 ^{nsD}
TUV5D	8.51±0.66 ^{bA}	8.51±0.33 ^{abB}	9.52±0.61 ^{bC}	10.49±0.24 ^{nsD}
TUV10D	9.33±0.71 ^{cA}	9.09±0.66 ^{bB}	10.60±0.60 ^{cC}	10.68±0.54 ^{nsD}
TUV20D	8.48±0.84 ^{bA}	8.17±0.58 ^{abB}	9.06±0.25 ^{abC}	10.07±0.44 ^{nsD}

Note: Letters ^{A-D} in the same row and ^{a-c} in the same column differ statistically significantly ($p<0.05$) in storage time and treatment, respectively. ^{ns} indicates no statistically significant difference.

ปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้ง ตลอดการเก็บรักษาปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าความชื้น โดยปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งก่อนการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 0.06-0.19 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งทุกตัวอย่างมีค่าแตกต่างจากก่อนการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าระหว่าง 0.54-0.57 (Table 2) ด้วยคุณสมบัติการดูดความชื้นจากอากาศของพริกแห้ง (Hygroscopic Property) การเก็บรักษาที่สภาวะแวดล้อมปกติมีผลทำให้พริกแห้งดูดน้ำจากสภาวะแวดล้อม ประกอบกับคุณสมบัติของถุงพลาสติก PP ซึ่งยอมให้อากาศจากภายนอกสามารถซึมผ่าน (Permeability) เข้าไปในถุงได้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุทำให้ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระพบว่าพริกแห้งในถุงพลาสติกชนิด PP ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 180 วันพริกแห้งยังมีคุณภาพได้มาตรฐาน เนื่องจากค่าความชื้นไม่เกินค่ามาตรฐาน คือ 13.5 เปอร์เซ็นต์และปริมาณน้ำอิสระอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาหารแห้ง

Table 2 Water activity of dried chili during storage at room temperature 180 days

Samples	Storage Time (Days)			
	0	60	120	180
TD	0.15±0.00 ^{dA}	0.29±0.00 ^{dB}	0.48±0.01 ^{aC}	0.54±0.00 ^{aD}
TDUV5	0.11±0.00 ^{bA}	0.27±0.01 ^{bB}	0.48±0.01 ^{aC}	0.54±0.00 ^{abD}
TDUV10	0.12±0.01 ^{bA}	0.27±0.00 ^{bB}	0.48±0.00 ^{aC}	0.55±0.00 ^{bD}
TDUV20	0.11±0.01 ^{bA}	0.27±0.01 ^{bB}	0.48±0.00 ^{aC}	0.55±0.00 ^{bD}
TUV5D	0.12±0.00 ^{cA}	0.27±0.01 ^{bB}	0.51±0.00 ^{bC}	0.56±0.00 ^{cD}
TUV10D	0.19±0.00 ^{fA}	0.28±0.01 ^{cB}	0.52±0.00 ^{bC}	0.57±0.00 ^{dD}
TUV20D	0.06±0.00 ^{aA}	0.26±0.01 ^{aB}	0.51±0.00 ^{bC}	0.57±0.00 ^{dD}

Note: Letters ^{A-D} in the same row and ^{a-f} in the same column differ statistically significantly ($p < 0.05$) in storage time and treatment, respectively. ^{ns} indicates no statistically significant difference.

จากการวิเคราะห์ค่าสีผิวพริกแห้ง พบว่าการทำแห้งมีผลทำให้ค่า L^*a^* และ b^* ลดลง โดยค่าสีเริ่มต้นของพริกสด L^*a^* และ b^* มีค่า 25.25 40.45 และ 30.00 ตามลำดับ หลังจากลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่า L^*a^* และ b^* ของทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 10.68-25.07 9.70-19.80 และ 5.31-15.27 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ณ วันที่ 180 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่า L^*a^* และ b^* ของทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงจากค่าเริ่มต้นก่อนเก็บรักษา โดยค่าสี L^*a^* และ b^* มีค่าอยู่ในช่วง 15.88-20.58 7.21-18.56 และ 3.44-12.40 ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*) มีค่าอยู่ในช่วง 1.84-60.29 (Table 3) พริกแห้งมีค่า L^* ต่ำกว่าพริกสด แสดงว่ากระบวนการทำแห้งทำให้สารสีน้ำตาลของผิวพริกเพิ่มขึ้น ซึ่งสารสีน้ำตาลนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นคาราเมลของน้ำตาล (Caramelization) อีกทั้งกระบวนการทำแห้งไม่สามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีรายงานว่า การใช้อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียสจึงจะมีผลทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ได้ ด้วยเหตุนี้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ยังคงดำเนินอยู่ จึงมีผลทำให้ค่า L^* ของพริกแห้งมีค่าต่ำกว่าก่อนการเก็บรักษา ส่วนค่า a^* และ b^* ภายหลังการทำแห้งและการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่าพริกสดและก่อนการเก็บรักษา เนื่องจากสารแคปแซนทินที่เป็นสารประกอบหลักที่ให้สีแดงในพริกลดลง [15]

Table 3 Color of fresh chili peel and dried chili peel during storage at room temperature 180 days

Samples	Storage Time (Days)			
	0			
	L*	a*	b*	ΔE^*
Fresh chili	25.25±0.10	40.45±0.12	30.00±0.09	-
TD	19.48±0.64 ^{eC}	13.37±0.19 ^{cB}	11.40±0.38 ^{dC}	-
TDUV5	25.07±0.44 ^{fA}	19.80±0.23 ^{fD}	15.27±0.79 ^{fD}	-
TDUV10	16.97±1.08 ^{bcA}	10.91±0.31 ^{bA}	10.08±0.82 ^{cB}	-
TDUV20	10.68±1.00 ^{aA}	14.69±0.80 ^{dB}	8.66±0.67 ^{bB}	-
TUV5D	18.53±0.85 ^{deB}	16.49±0.23 ^{eC}	12.74±0.63 ^{eC}	-
TUV10D	17.96±0.43 ^{cdNS}	14.74±0.73 ^{dC}	7.57±0.54 ^{bC}	-
TUV20D	15.92±0.18 ^{bA}	9.70±0.59 ^{aB}	5.31±0.46 ^{aB}	-

Samples	Storage Time (Days)			
	60			
	L*	a*	b*	ΔE^*
Fresh chili	25.25±0.10	40.45±0.12	30.00±0.09	
TD	16.43±0.78 ^{aA}	13.89±0.26 ^{bB}	8.72±0.75 ^{bcB}	8.41
TDUV5	18.87±0.46 ^{bcdA}	14.95±0.85 ^{bB}	9.70±0.48 ^{cdB}	46.49
TDUV10	18.33±0.57 ^{bAB}	16.67±0.87 ^{dC}	10.08±0.58 ^{dB}	17.50
TDUV20	19.29±0.23 ^{bcdB}	16.26±0.04 ^{dB}	7.59±0.21 ^{bB}	38.88
TUV5D	19.55±0.49 ^{cdBC}	13.12±0.63 ^{bB}	8.42±0.40 ^{bB}	15.56
TUV10D	18.56±0.62 ^{bcNS}	11.64±0.21 ^{aA}	6.12±0.51 ^{aB}	6.03
TUV20D	19.90±0.56 ^{dC}	12.93±0.04 ^{bC}	7.86±0.33 ^{bC}	16.37

Table 3 Color of fresh chili peel and dried chili peel during storage at room temperature 180 days (continued)

Samples	Storage Time (Days)			
	120			
	L*	a*	b*	ΔE^*
Fresh chili	25.25±0.10	40.45±0.12	30.00±0.09	
TD	15.88±0.52 ^{aA}	13.83±0.28 ^{cB}	7.80±0.37 ^{bB}	13.08
TDUV5	18.34±0.15 ^{cA}	18.56±0.02 ^{eC}	12.40±0.26 ^{dC}	27.56
TDUV10	18.12±0.79 ^{bcAB}	13.24±0.45 ^{bcB}	7.55±0.21 ^{bA}	6.57
TDUV20	20.58±0.16 ^{dB}	12.75±0.24 ^{bB}	7.59±0.11 ^{bB}	51.41
TUV5D	17.20±0.19 ^{bA}	10.55±0.41 ^{aA}	5.94±0.04 ^{aA}	41.67
TUV10D	17.18±0.23 ^{bNS}	12.99±0.62 ^{bcAB}	7.41±0.33 ^{bcC}	1.84
TUV20D	18.89±0.67 ^{cB}	14.85±0.72 ^{dD}	9.85±0.86 ^{cD}	27.93

Samples	Storage Time (Days)			
	180			
	L*	a*	b*	ΔE^*
Fresh chili	25.25±0.10	40.45±0.12	30.00±0.09	
TD	18.31±0.22 ^{abB}	9.04±0.23 ^{bA}	5.87±0.70 ^{cA}	25.39
TDUV5	18.13±0.84 ^{abA}	10.28±0.85 ^{cdA}	4.91±0.68 ^{bcA}	60.29
TDUV10	18.88±0.33 ^{bcB}	14.34±0.30 ^{eB}	7.80±0.01 ^{dA}	10.28
TDUV20	19.72±0.04 ^{cdB}	9.89±0.43 ^{bcA}	5.94±0.35 ^{cA}	56.11
TUV5D	20.38±0.35 ^{dC}	11.36±0.40 ^{dA}	8.30±0.84 ^{dB}	24.75
TUV10D	17.73±0.40 ^{aNS}	14.24±0.45 ^{eBC}	3.44±0.48 ^{aA}	8.71
TUV20D	18.58±0.30 ^{bB}	7.21±0.55 ^{aA}	3.96±0.39 ^{abA}	7.55

Note: Letters ^{A-D} in the same row and ^{a-f} in the same column differ statistically significantly ($p < 0.05$) in storage time and treatment, respectively. ^{ns} indicates no statistically significant difference.

ค่า pH ของทุ่ตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 5.15-5.19 หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน ค่า pH ของตัวอย่าง TD (ชุดควบคุม) และ TUV10D ลดลงแตกต่างจากตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทุ่ตัวอย่างมีค่า pH ลดลงจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.22-4.97 (Table 4) ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการลดลงของค่า pH การเปลี่ยนแปลงของค่า pH นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wissanee และคณะ [16] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ของพริกที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าหลังจากเก็บรักษาพริกแห้งที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ค่า pH ลดลงเป็น 4.9 จาก 5.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดของพริกหลังจากทำแห้งมีค่า 0.07-

0.08 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน ปริมาณกรดของทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากก่อนเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในวันที่ 180 ปริมาณกรดของทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากก่อนเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าระหว่าง 0.13-0.15 เปอร์เซ็นต์ (Table 5)

Table 4 pH of dried chili during storage at room temperature 180 days

Samples	Storage Time (Days)			
	0	60	120	180
TD	5.16±0.01 ^{nsD}	5.07±0.01 ^{abD}	4.90±0.02 ^{aC}	4.22±0.01 ^{aA}
TDUV5	5.19±0.01 ^{nsD}	5.12±0.01 ^{cC}	5.02±0.04 ^{nsB}	4.93±0.05 ^{cA}
TDUV10	5.17±0.00 ^{nsC}	5.11±0.01 ^{cC}	5.02±0.04 ^{nsB}	4.93±0.03 ^{cA}
TDUV20	5.15±0.01 ^{nsC}	5.04±0.01 ^{aB}	5.00±0.04 ^{nsBA}	4.97±0.02 ^{cA}
TUV5D	5.18±0.01 ^{nsC}	5.08±0.02 ^{bB}	5.01±0.05 ^{nsB}	4.92±0.07 ^{cA}
TUV10D	5.15±0.00 ^{nsD}	5.07±0.02 ^{abC}	4.94±0.03 ^{aB}	4.83±0.03 ^{bA}
TUV20D	5.15±0.11 ^{nsB}	5.12±0.02 ^{cB}	5.04±0.02 ^{nsB}	4.92±0.01 ^{cA}

Note: Letters ^{A-C} in the same row and ^{a-c} in the same column differ statistically significantly (p<0.05) in storage time and treatment, respectively. ^{ns} indicates no statistically significant difference.

Table 5 Titratable acidity (%) of dried chili during storage at room temperature 180 days

Samples	Storage Time (Days)			
	0	60	120	180
TD	0.08±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.10±0.00 ^{aB}	0.13±0.00 ^{aC}
TDUV5	0.08±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.11±0.00 ^{aB}	0.14±0.00 ^{aC}
TDUV10	0.08±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.12±0.00 ^{bB}	0.15±0.00 ^{bC}
TDUV20	0.08±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.10±0.00 ^{aB}	0.13±0.00 ^{aC}
TUV5D	0.07±0.00 ^{nsA}	0.07±0.00 ^{nsA}	0.10±0.00 ^{aB}	0.13±0.00 ^{aC}
TUV10D	0.08±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.12±0.00 ^{bB}	0.15±0.00 ^{bC}
TUV20D	0.07±0.00 ^{nsA}	0.08±0.00 ^{nsA}	0.10±0.00 ^{aB}	0.13±0.00 ^{aC}

Note: Letters ^{A-C} in the same row and ^{a-b} in the same column differ statistically significantly (p<0.05) in storage time and treatment, respectively. ^{ns} indicates no statistically significant difference.

ผลการตรวจการปรากฏสารเรืองแสงภายใต้ Black Light และวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ด้วยชุดทดสอบ ScreenEZ Aflatoxin ELISA Test Kit พบว่าพริกแห้งทุกตัวอย่างไม่พบการเกิดสารเรืองแสง และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน พบว่าพริกแห้งทุกตัวอย่างตรวจไม่พบสารอะฟลาทอกซิน

ทั้งนี้อาจเนื่องจากพริกแห้งมีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำในระดับที่เชื่อว่าไม่สามารถเจริญได้ จึงทำให้ไม่มีการสร้างสารอะฟลาทอกซินขึ้น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของรังสียูวีซีต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมีและการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 3 ชุดทดลอง (7 ตัวอย่าง) สรุปได้ว่าค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งทุกชุดทดลองตลอดการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาคือ 180 วัน ความชื้นของพริกแห้งยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานสินค้าเกษตร “พริกแห้ง” (มกษ.30041-2553) และปริมาณน้ำอิสระของพริกแห้งจนสิ้นสุดการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 0.54-0.57 แต่การเพิ่มขึ้นของทั้ง 2 ค่านี้ อาจเนื่องมาจากในระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิเกิดการสูญเสียคุณสมบัติการเป็นตัวกีดขวาง จึงทำให้พริกแห้งที่เก็บรักษาภายในถุงเกิดการดูดความชื้นจากบรรยากาศ [17] กระบวนการทำแห้งและการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีผิวของพริก การทดลองนี้ค่าสีผิวของพริกแห้งค่อนข้างมีความแปรปรวน ในภาพรวมค่า L^* a^* b^* ของทุกชุดทดลองมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การใช้รังสียูวีซีร่วมกับการลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีผลทำให้พริกแห้งมีสีดำนเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากค่า L^* กระบวนการทำแห้งทำให้สารสีน้ำตาลของผิวพริกเพิ่มขึ้น ซึ่งสารสีน้ำตาลนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นคาราเมลของน้ำตาล (Caramelization) อีกทั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งไม่สูงพอที่จะทำให้ลายกิจกรรมของเอนไซม์ได้ทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ยังคงดำเนินอยู่ การทำแห้งและการเก็บรักษาก็ยังมีการลดลงของสารแคปแซนทินที่เป็นสารประกอบหลักที่ให้สีแดงในพริก จึงทำให้ค่า a^* และ b^* ของพริกแห้งระหว่างการเก็บรักษามีค่าลดลง การเก็บรักษายังมีผลทำให้ค่า pH ของพริกแห้งทุกชุดทดลองลดลงจาก 5.15-5.19 เป็น 4.22-4.93 ค่า pH มีผลต่อค่าสีผิวของพริก จากงานวิจัยของ Mangarai และคณะ [18] และ Martin และคณะ [19] พบว่าที่ pH 5-7 ปฏิกิริยาเมลลาร์ดยังสามารถเกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สีผิวของพริกแห้งในระหว่างการเก็บรักษายังคงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของทุกชุดทดลองเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ จากการตรวจและวิเคราะห์การเกิดสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งตลอดการเก็บรักษา 180 วัน การตรวจการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินภายใต้ Black Light ไม่พบการเรืองแสงและเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบ ELISA test kit ไม่พบสารอะฟลาทอกซินเช่นกันจากงานทดลองของ Sukchum และคณะ [20] พริกป่นที่ผลิตจากพริกสดที่ผ่านกระบวนการเตรียมโดยการลวกและแช่สารเคมีก่อนนำไปคั่วและบรรจุถุง PP เก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ตรวจพบปริมาณสารอะฟลาทอกซิน แต่ตรวจไม่พบยีสต์และรา แสดงว่าการใช้ความร้อนและสารเคมีไม่มีผลทำลายสารอะฟลาทอกซินได้ ซึ่งสารอะฟลาทอกซินที่พบอาจจะมียูอยู่ในพริกสดก่อนที่จะนำมาทดลอง จากกระบวนการเตรียมพริกในการศึกษานี้ซึ่งประกอบด้วย การล้างทำความสะอาด การคัดเลือกผลพริกที่เน่าเสีย มีตำหนิ เกิดโรคออก พริกที่นำมาทดลองมีคุณภาพดี ซึ่งตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกสดที่นำมาทดลองและการอบแห้งในตู้อบลมร้อนสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตพริกแห้งคุณภาพดีได้

โดยสรุปจากการศึกษานี้ พริกที่ผ่านกระบวนการฉายรังสียูวีซีก่อนนำไปลดความชื้น หรือพริกที่ลดความชื้นก่อนแล้วจึงนำไปฉายรังสียูวีซีการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ค่าที่ได้อาจไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างพริกที่ไม่ผ่านการฉายรังสียูวีซี แต่ก็ไม่พบผลเชิงลบของการใช้รังสียูวีซีต่อคุณภาพของพริกแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2566INC020 และสาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปภาพคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ ห้องปฏิบัติการรวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำการทดลองครั้งนี้

References

- [1] National agricultural big data center. (2021). Thai Food Export: Thai Instant Curry Paste Industry Fights Against COVID-19. *Journal of Agricultural Economics*, 67(780), 4-10. (in Thai)
- [2] Office of the permanent secretary for ministry of agriculture and cooperatives. (2020). *Summary report on inspection of imported food in Australia on January to June*. Available from <https://www.moac.go.th/foreignagri-news-files-421691791056>. Accessed date: 20 January 2023. (in Thai)
- [3] Department of trade negotiations. (2021). *Thai spices and herbs go well. FTA supports exports in the first 3 months, soaring 93%*. Available from <https://www.ryt9.com/s/beco/3223891>. Accessed date: 10 February 2022. (in Thai)
- [4] Banmuang News. (2008). *Chili Powder from Neighboring Countries Contaminated with Harmful Fungi*. Available from <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=7&ID=136>. Accessed date: 10 February 2022. (in Thai)
- [5] Techawongstien, S. et al. (2015). *Development of Model Community in Production Management of Safe Dried-chilli for Food Industry* (Reserch report). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- [6] Chinputi, A., et al. (2006). *Evaluating the Efficiency of Afltoxin ELISA Test Kit for Eventual Use by Farmer and Exporter* (Research reports). Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- [7] 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)
- [8] Vatanasuchart, N. (2003). How Does UV Radiation Benefit Food Technology?. *Food Journal*, 33(1), 15-22. (in Thai)
- [9] Gomez, P. L., et al. (2010). Effect of Ultraviolet-C Light Dose on Quality Of Cut-apple: Microorganism, Color and Compression Behavior. *Journal of Food Engineering*, 98, 60-70.
- [10] Guan, W., et al.(2012). Effects of UV-C Treatment on Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, Microbial Loads, and Quality of Button Mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 64, 119-125.
- [11] Pan, Y. & Zu, H. (2012). Effect of UV-C Irradiation on the Quality of Fresh-cut

- Pineapples. *Procedia Engineering*, 37, 113-119.
- [12] Suktawee, S., et al. (2012). Effect of UV-B irradiation on quality of cavendish banana. *Agricultural Science Journal*, 43(3 Suppl.). 388-391. (in Thai)
- [13] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. VA: AOAC.
- [14] 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.
- [15] Luhadiya, A. P. & Kulkarni, P. R. (1978). Polyphenoloxidase of *Capsicum Frutescens* var. *grossa* sendt. *Journal of Food Science and Technology*, 15, 214-215.
- [16] Wissanee, P., et al. (2021). Color appearance and physico-chemical changes in dried chili as affected by modified atmosphere packaging and temperature during storage. *Journal of Food Process and Preservative*, 45(11), e15967.
- [17] Chetti, B.M., et al. (2014). Influence of vacuum packaging and long-term storage on quality of whole chilli (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2827-2832.
- [18] 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.
- [19] Martin, S. I. F. S., et al. (2001). A review of Maillard reaction in food and implication to kinetic modeling. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 364-373.
- [20] Sukchum, N., et al. (2021). Influence of Processing and Storage Conditions on Physicochemical Properties of Chili Powder and Roasted Chili Powder. *RMUTP Research Journal Sciences and Technology*, 16(1), 83-94. (in Thai)