วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.2) May – August 2022 บทความวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

Improvement of Color Quality in Northern Thai Green Chili Paste (Nam Prik Num) Product

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี[1] วิจิตรา แดงปรก[1] วิวัฒน์ หวังเจริญ[1] กนกวรรณ ตาลดี[1] จิตราพร งามพีระพงศ์[1] ศรัญญา สุวรรณอังกูร[1] วชิระ ชุ่มมงคล[2] และ ธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Ratchadaporn Linruesee[1], Wichittra Daengprok[1], Wiwat Wangcharoen[1], Kanokwan Tandee[1], Chitraporn Ngampeerapong[1], Saranya Suwanangul[1], Vachira Choommongkol[2] and Theeraphol Senphan[1*]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[1]Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

[2] Chemistry Program, Faculty of Science, Maejo University

Received : 12 July 2021

Revised : 19 October 2021

Accepted : 26 October 2021

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือในประเทศไทยที่ได้รับความนิยมอย่างสูง แต่ปัญหาของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มคือมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสีน้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยศึกษากระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยสารละลายกรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ที่มีผลต่อลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม พบว่าการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความสูงขึ้นถึงระดับร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะมีผลทำให้น้ำพริกหนุ่มมีลักษณะปรากฏดีขึ้น มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ขณะที่ ค่าร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) และ ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (%water release) ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริกส่งผลทำให้ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การแช่พริกหนุ่มด้วย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลทำให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในน้ำพริกหนุ่มเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นกระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก หรือ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มได้ดีที่สุด

คำสำคัญ : กรดซิตริก ; คุณภาพสี ; โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ; น้ำพริกหนุ่ม

Abstract

Northern Thai green chili paste (Nam Prik Num) is a very popular food and a traditional food in the northern part of Thailand. The problem of Nam Prik Num product is a dark brown color that is not appetizing. The objective of this research is to improve the color quality of Nam Prik Num to be more bright green color. The effect of the soaking process of Prik Num with citric acid and sodium metabisulfite ($Na_2S_2O_5$) solution at the concentrations of 0.0, 0.1, 0.3 and 0.5 %(w/v) prior production of Nam Prik Num on appearance quality, %yield, chemical composition, and physicochemical characteristics of Nam Prik Num were studied. Soaking of Prik Num with citric acid and $Na_2S_2O_5$ solution at concentration of 0.5% (w/v) had a good appearance and increasing in bright green color of product. Nevertheless, the lightness (L*), greenness (-a*) and yellowness (b*) values were increased when compared with control sample ($p \leq 0.05$). No different in %yield, chemical composition, water activity values (a_w) and %water release of all treatments of Nam Prik Num products were observed ($p>0.05$). Soaking of Prik Num with citric acid in Nam Prik Num slightly decreased in the pH values of Nam Prik Num products. However, soaking of Prik Num with $Na_2S_2O_5$ at higher concentrations increased the residual sulfur dioxide content in Nam Prik Num products. Therefore, the process of soaking Prik Num with citric acid or $Na_2S_2O_5$ at concentration of 0.5 % prior production of Nam Prik Num could improve the best color quality of Nam Prik Num product.

Keywords : citric acid ; color quality ; sodium metabisulfite ; Northern Thai green chili paste

***Corresponding author. E-mail:** theeraphol_s@mju.ac.th

บทนำ

พริกหนุ่ม (*Capsicum annuum Linn. Var. acuminatum Fingerh*) เป็นพริกที่มีสีเขียวขนาดใหญ่ เป็นวัตถุดิบสำคัญที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นเครื่องปรุง และใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลากหลายชนิด ซึ่งพริกหนุ่มเป็นพริกที่มีความเผ็ดอยู่ในระดับปานกลาง พริกหนุ่มยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแคปไซซิน (capsaicin) ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และสามารถบรรเทาอาการปวดได้ (Nantakornsuttanan *et al.,* 2014) ปัจจุบันน้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของชาวล้านนาที่อาศัยอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ในจังหวัดเชียงใหม่มีการผลิตและจำหน่ายน้ำพริกหนุ่มแก่นักท่องเที่ยว โดยมียอดจำหน่ายรวมกันปีละหลายล้านบาท (Suthisak, 2009) โดยผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีกรรมวิธีการผลิตที่ง่ายไม่ซับซ้อน ใช้วัตถุดิบเพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ พริกหนุ่ม กระเทียม และหอมแดง มาผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยการย่างไฟให้ไหม้หรืออบจนกระทั่งสุก หลังจากนั้นบดผสมให้เข้ากัน ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำปลา อาจปรุงแต่งด้วยมะเขือเทศ เนื้อปลาสุก น้ำปลาร้าต้มสุกที่กรองแล้ว หรือปลาร้าสับที่ทำให้สุกด้วยก็ได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. มผช.293/2547) แต่ปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม คือ ภายหลังกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน สีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความสม่ำเสมอ และไม่มีความคงตัวในแต่ละครั้งการผลิต ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัส และทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มของผู้บริโภคลดลง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ผู้ประกอบการที่ขายผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมียอดขายผลิตภัณฑ์ที่ลดลง มีรายงานว่าพริกหนุ่มมีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่มีสีเขียวอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งคลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล (Joslyn & Mackinney, 1938) และยังพบว่ามีรงควัตถุที่ให้สีเขียวชนิดอื่นๆ ได้แก่ วิโอลาแซนทิน (violaxanthin) และแคปโซรูบิน (capsorubin) ซึ่งการกระจายตัวของรงควัตถุในผลพริกจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ โดยส่วนใหญ่พบในเนื้อสูงกว่าเม็ด (Grubben *et al.,* 1977) และพริกหนุ่มยังมีรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ คือ แคปแซนทิน (capsanthin) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ซึ่งเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเปอร์ออกซิเดส (POD) ซึ่งเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการไฮดรอกซิเลชันของโมโนฟีนอลเป็นไดฟีนอลซึ่งค่อนข้างช้าส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดลง และจะเกิดการออกซิเดชันของไดฟีนอลกับควินินเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำ (Ioannou, 2013) โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าพีเอช ความชื้น ออกซิเจน โลหะ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Ajandouz & Puigserver, 1999) Arroyo-López และคณะ (2008) ศึกษาผลของการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก และโซเดียมคลอไรด์ ต่อคุณภาพด้านสีของของผลมะกอกตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถรักษาคุณภาพสีของผลมะกอกตัดแต่งพร้อมบริโภคให้เขียวสดคงเดิม และยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ Charoenphun & Puttha (2020) ได้ศึกษาการใช้กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ในการยับยั้งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแก่นตะวันสดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีประสิทธิภาพในการรักษาความ

คงตัวของสีเขียวสดในแก่นตะวันตัดแต่งพร้อมบริโภค ไม่ให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ โดยมีรายงานอีกว่ากรดซิตริกมีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งช่วยลดค่าความเป็นกรดด่าง และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) ที่บริเวณที่เร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO ทำให้ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ (Ibrahim, 2004; Ahvenainen, 1996) ขณะที่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารที่ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์และยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) โดยทำปฏิกิริยากับตัวกลาง carbonyl ซึ่งจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการสร้างและป้องกันการเกิดรงควัตถุ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอาหารเพื่อเป็นสารกันเสีย (preservative) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารฟอกขาว (bleaching agent) (Sayavedra-Soto & Montgomery, 1986; Wedzicha, 1987) เมื่อสารซัลไฟต์ตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหาร ถ้าอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไปจะไม่ก่อให้เกินอันตราย ทั้งนี้เพราะสารซัลไฟต์จะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟตแล้วขับออกมาทางปัสสาวะ แต่ถ้าบริโภคเข้าไปมากเกินไป จะลดการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย และมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่มีอาการแพ้สารประกอบซัลไฟต์ ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดค่า ADI (acceptable daily intake) ของสารซัลไฟต์ไว้ที่ระดับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (Nair & Elmore, 2003) เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีอายุการเก็บสั้นถ้าเก็บในอุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 – 2 วัน หรือ ถ้าเก็บในตู้เย็นจะมีอายุเก็บรักษา 3 – 5 วันเท่านั้น ปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มเน่าเสียเร็ว ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา (Pichai & Khanteekul, 2015) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มยังจัดอยู่ในกลุ่มอาหารกรดต่ำ (pH ≥ 4.6 และ a_w ≥ 0.85) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (Nawat & Theerachai, 2016) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดซิตริก ไม่เพียงแต่การปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มเท่านั้น ยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้อีกด้วย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ สำหรับปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสด คงตัว และดึงดูดใจผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบและการผลิตน้ำพริกหนุ่ม

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยาม ขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำพริกหนุ่มมาล้างน้ำสะอาดก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลาย 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายข้างต้นมาอบย่างไฟด้วยหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาลอกเปลือกนอกออก ก่อนนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ในเครื่องผสม (Model FDP302SI, Kenwood, Tokyo) โดยมีอัตราส่วนผสม ดังนี้ พริกหนุ่ม 100 กรัม ซีอิ๊วขาว 1.8 กรัม ผงปรุงรส 1.2 กรัม ผงชูรส 0.2 กรัม และเกลือป่น

0.5 กรัม หลังจากนั้นบดผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมจนได้เป็นน้ำพริกหนุ่มแล้วนำไปบรรจุใส่ถุงโพลีเอสทีลีนปิดสนิทแบบสุญญากาศ นำน้ำพริกหนุ่มที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพต่อไป

2. วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model α5000, Sony, Tokyo)

3. วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต (%Yield)

คำนวณหาร้อยละผลผลิต (%Yield) ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพสี โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่ม และน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ตามสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละผลผลิต (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำพริกหนุ่ม}}{\text{น้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้น+น้ำหนักส่วนผสมต่างๆ}} \times 100 \quad (1)$$

4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย ส่วนค่าร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรตหาได้จากการนำค่าหนึ่งร้อยมาหักลบกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (ร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน) ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05, 984.13 และ 935.5 ตามลำดับ (AOAC, 2000)

5. วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab , ColorFlex® EZ. U.S.A.) ในระบบ CIE โดยวิเคราะห์ค่า L* -value (ค่าความสว่าง), a* -value (สีแดง/เขียว), b* -value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) และวัดค่าความต่างของสี ΔE^* โดยคำนวนด้วยสมการที่ 2

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta E^*)^2} \quad (2)$$

โดยที่ ΔL^*, Δa^* และ Δb^* คือ ความต่างระหว่างพารามิเตอร์สีของตัวอย่าง และพารามิเตอร์สีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม

6. วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาหาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Water activity (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, USA) ใช้ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 1 กรัม ใส่ลงในเซลล์ของเครื่องเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ที่อุณหภูมิ 25 ºC

7. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามวิธีของ Benjakul และคณะ (1997) โดยนำน้ำพริกหนุ่มมา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปโฮโมจีไนส์ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA T-25 Ultra Turrax Homogenizer, Dispersers, Germany) แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (FiveEasy plus, Mettler-Toledo, Switzerland)

8. ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (%water release)

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาตามวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) โดยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัมในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา โดยคำนวนด้วยสมการที่ 3

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (\%water release)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100 \qquad (3)$$

9. วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิเคราะห์หาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Wu et al., 2021) ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธีการกลั่น โดยชั่งตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มประมาณ 2 กรัม ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร ต่อเข้าชุดกลั่นทันทีซึ่งชุดกลั่นมีสารละลายร้อยละ 0.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 10 มิลลิลิตร และเติม methylene blue indicator 1 หยด ได้สารละลายสีเขียว กลั่นโดยใช้ความร้อนจากตะเกียงเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เก็บได้ที่มีการเปลี่ยนเป็นสีม่วงไปไตเตรทกับ 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วจึงนำปริมาตรของ NaOH ที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม โดยคำนวณด้วยสมการที่ 4

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (mg/kg)} = \frac{\text{ปริมาตรของ NaOH (ml) X ความเข้มข้นของ NaOH (N) X 32.03 X 1000}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}} \quad (4)$$

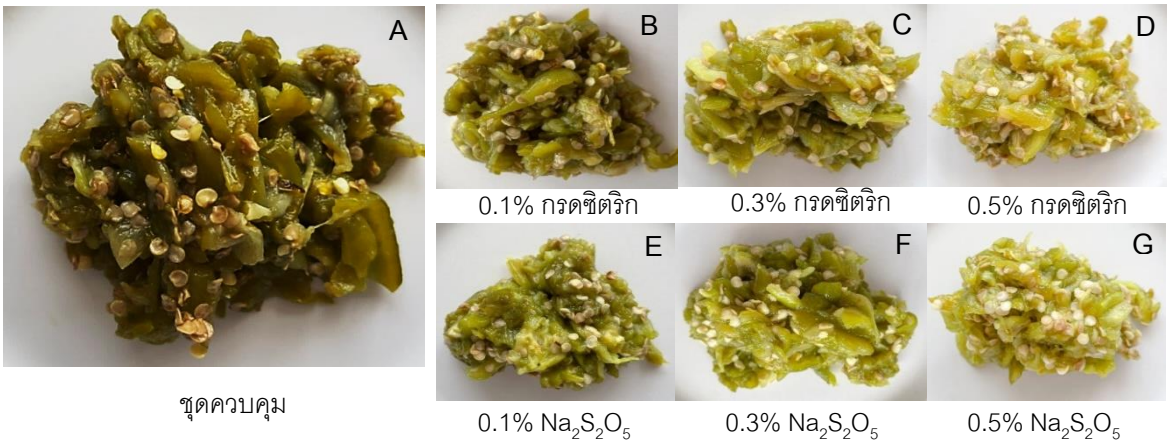
9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for windows, SPSS Inc, Chicago IL USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (ภาพที่ 1A) มีสีของผลิตภัณฑ์ที่เขียวคล้ำกว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก (ภาพที่1B, 1C และ 1D) และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ภาพที่ 1E 1F และ 1G) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ สูงขึ้นจะทำให้น้ำพริกหนุ่มที่ได้มีสีที่เขียวสดสว่างมากขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายทั้งสองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2 พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่า -a*เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สาร (A) ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1 % (B) 0.3% (C) 0.5% (D) และผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 % (E) 0.3% (F) 0.5% (G)

2. ร้อยละผลผลิต (%yield)

ค่าร้อยละผลผลิต (%yield) ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ค่าผลผลิตร้อยละของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วงร้อยละ 68.29-69.92 ซึ่งค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3. องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดตรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยค่าร้อยละความชื้นของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วงร้อยละ 82.24-83.37 ค่าร้อยละปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.01-1.12 ค่าร้อยละปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03-0.04 ค่าร้อยละปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.29-0.33 ค่าร้อยละปริมาณเยื่อใยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.12-0.18 และค่าร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดตรอยู่ในช่วงร้อยละ 15.64-16.08

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิต (%yield) และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

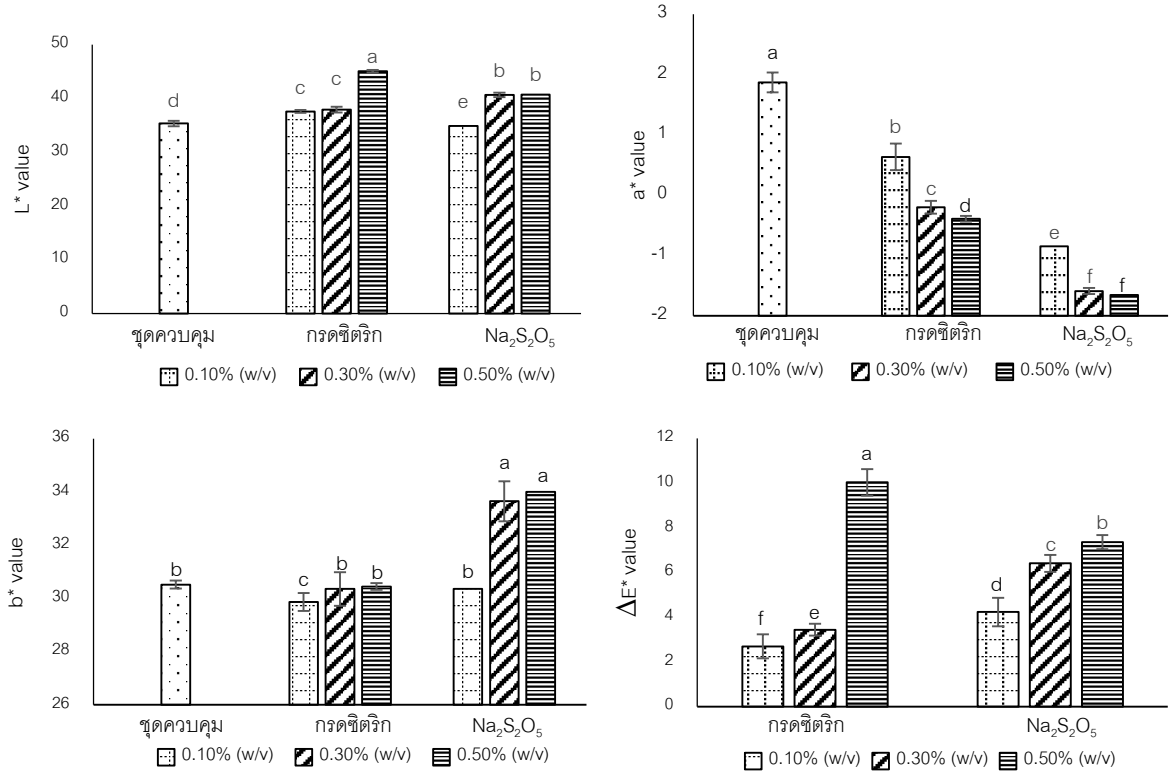
องค์ประกอบทางเคมี (% wet basis)	ชุดควบคุม	กรดซิตริก			โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)		
		0.1%	0.3%	0.5%	0.1%	0.3%	0.5%
ร้อยละผลผลิต	68.99±1.42* ns**	69.72±3.51 ns	69.81±2.07 ns	68.37±0.78 ns	68.29±3.51 ns	69.92±3.98 ns	68.53±1.43 ns
ความชื้น	83.37±1.25 ns	83.09±0.65 ns	82.61±0.35 ns	82.30±0.35 ns	82.73±0.19 ns	82.29±0.57 ns	82.24±0.90 ns
โปรตีน	1.12±0.10 ns	1.10±0.10 ns	1.01±0.20 ns	1.09±0.16 ns	1.04±0.05 ns	1.11±0.19 ns	1.10±0.04 ns
เถ้า	0.03±0.01 ns	0.04±0.01 ns	0.03±0.01 ns	0.04±0.01 ns	0.03±0.01 ns	0.04±0.01 ns	0.04±0.01 ns
ไขมัน	0.29±0.05 ns	0.32±0.02 ns	0.30±0.06 ns	0.29±0.03 ns	0.33±0.01 ns	0.29±0.01 ns	0.31±0.03 ns
เยื่อใย	0.12±0.02 ns	0.17±0.02 ns	0.15±0.02 ns	0.18±0.02 ns	0.15±0.02 ns	0.15±0.04 ns	0.16±0.03 ns
คาร์โบไฮเดรต	15.73±1.42 ns	15.64±0.71 ns	15.85±0.53 ns	16.08±0.53 ns	15.76±0.19 ns	15.94±0.47 ns	15.64±0.85 ns

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน

** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ค่าสี

ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าสว่าง (L*) ของน้ำพริกหนุ่ม พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ทำให้ค่า L* ของน้ำพริกหนุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ค่า L* ของ $Na_2S_2O_5$ เข้มข้นร้อยละ 0.1 ต่ำกว่าชุดควบคุม ขณะที่เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเขียว (-a*) เห็นได้ว่าเมื่อแช่พริกหนุ่มในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น น้ำพริกหนุ่มมีค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ไปทางลบเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าสีเหลืองของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ($p > 0.05$) ขณะที่เมื่อวิเคราะห์ค่าความต่างของสี (ΔE^*) พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ค่า ΔE^* มีค่าสูงขึ้นด้วยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม



ภาพที่ 2 ค่าสี (L* a* b* และ ΔE^*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

5. ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) และค่าพีเอช (pH)

ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ และค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 2 เห็นได้ว่าค่า a_w ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ทุกชุดการทดลองมีค่า a_w เท่ากับ 0.99 และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ขณะที่ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่มีการแช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกทุกระดับความเข้มข้นมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.69-5.70 ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ $Na_2S_2O_5$ ทุกระดับความเข้มข้นต่างๆ มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.72

6. ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (%water release)

ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 5.81-6.34 ซึ่งน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

7. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_4)

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 80.77±15.82 142.74±16.05 และ 309.00±30.55 ตามลำดับ โดยเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_5$ เพิ่มขึ้น ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกัน ขณะที่น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่พบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง

ตารางที่ 2 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าพีเอช ค่าการแยกตัวของน้ำ และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ความเข้มข้นต่างๆ

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	กรดซิตริก			โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์		
		0.1%	0.3%	0.5%	0.1%	0.3%	0.5%
a_w	0.99±0.00*^{ns***}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}
pH	5.74±0.03^{a**}	5.70±0.01^{b}	5.69±0.01^{b}	5.69±0.02^{b}	5.72±0.02^{a}	5.72±0.01^{a}	5.72±0.02^{a}
% Syneresis	6.08±1.90^{ns}	6.11±2.20^{ns}	6.34±2.21^{ns}	5.98±1.57^{ns}	5.81±1.72^{ns}	6.04±2.74^{ns}	5.92±1.22^{ns}
SO_4 (ppm)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	80.77±15.82^{c}	142.74±16.05^{b}	309.00±30.55^{a}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน ** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05) *** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม แสดงดังภาพที่ 1A พบว่า น้ำพริกหนุ่มมีสีน้ำตาลคล้ำเนื่องจากพริกหนุ่มมีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุ หรือสารสีที่มีสีเขียว ซึ่งคลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจากการย่างไฟจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลคล้ำ (Joslyn & Mackinney, 1938) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผักและผลไม้ยังสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิคที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; POD) ซึ่งสีน้ำตาลในผักผลไม้หลายชนิดเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างการผลิต การแปรรูป และระหว่างการเก็บรักษา (Ioannou, 2013) ดังนั้นการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีวิธีที่หลากหลายได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำ การใช้ความร้อนในรูปของน้ำร้อน และการใช้อุณหภูมิสูง รวมทั้งการใช้สารละลายกรดบางชนิด เช่น กรดซิตริก และการใช้สารเคมีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Lueangprasert et al., 2006) โดยกรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ช่วยลดค่าพีเอช และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) ที่บริเวณแร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO (Ahvenainen, 1996; Ibrahim et al., 2004) ขณะที่ $Na_2S_2O_5$เป็นสารที่ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ และไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งกลไกการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของพริกหนุ่มเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนจะถูกยังยั้งโดยปฏิกิริยาของซัลไฟต์ไอออนกับ quinone ทำให้ quinone ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นเมลานินซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้ (Subanmanee, 2020) โดยจากภาพที่ 1B 1C 1D 1E 1F และ 1G เห็นได้ว่าน้ำพริกหนุ่มที่แช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้สีของน้ำพริกหนุ่มมีสีเขียวสดสว่างมากขึ้นด้วย

ร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าค่าร้อยละผลผลิตอยู่ในช่วง 68.37-69.92 เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มมีขั้นตอนในการอบย่างไฟ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อน (Getahun et al., 2021) น้ำในพริกหนุ่มระเหยออกพริกหนุ่มจึงสูญเสียน้ำหนักไปในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสูง รวมทั้งขั้นตอนการลอกเปลือกพริกหนุ่ม และตัดขั้วพริกออกในขั้นตอนการอบย่างไฟ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (ตารางที่ 1) พบว่า การแช่พริกหนุ่มในละลายกรดซิตริก และ$Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม เนื่องจากปริมาณการใช้สารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ กรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ มีปริมาณน้อย และใช้ในปริมาณที่ไม่เกินค่าความปลอดภัยต่ออาหาร (Kitcharoenwong & Uetrongchit, 2015)

จากค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (ภาพที่ 2) พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยกรด

ซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว ค่าความเป็นสีเหลือง และค่าความแตกต่างของสีเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากกรดซิตริกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ (Yue-Ming et al., 1997) ยังมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะ สารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Yang et al., 2000) และมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีค่าความสว่างมากขึ้น ส่วนสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารที่ใช้ในการฟอกสี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น (Thipayarat, 2007) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ และค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (ดังตารางที่ 2) พบว่า กระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ แต่กระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริกมีผลต่อค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มเล็กน้อย เนื่องจากกรดซิตริกเป็นกรดอ่อนใช้ประโยชน์เพื่อการถนอมอาหารโดยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้มีรสเปรี้ยวและทำให้ค่าพีเอชของอาหารลดลง (Liew et al., 2018)

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ $Na_2S_2O_5$ มีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มในปริมาณที่กฎหมายกำหนด ดังนั้น การแช่พริกหนุ่มด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำไปอบย่างไฟสามารถปรับปรุงและรักษาคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้ ซึ่งจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ.2547 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร มีการกำหนดปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ดังนี้ ปริมาณ SO_2 ในผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Thanakorn, 2004)

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ก่อนกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสว่างสดใส และไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) 2/2561 เลขที่สัญญา MSD62I0083 และห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านครัวไทย และขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, *7*(6), 179-187.

Ajandouz, E. H. & Puigserver, A. (1999). Nonenzymatic browning reaction of essential amino acids: effect of pH on caramelization and maillard reaction kinetics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47*(5), 1786-1793.

Arroyo-López, F., Bautista-Gallego, J., Durán-Quintana, M. & Garrido-Fernández, A. (2008). Effects of ascorbic acid, sodium metabisulfite and sodium chloride on freshness retention and microbial growth during the storage of Manzanilla-Aloreña cracked table olives. *LWT-Food Science and Technology, 41*(4), 551-560.

Charoenphun, N. & Puttha, R. (2020). Effects of methods on delay browning of ready-to-eat fresh pre-cut Jerusalem artichokes. *Thai Journal of Science and Technology, 28*(3), 468-481.

Getahun, E., Delele, M. A., Gabbiye, N., Fanta, S. W. & Vanierschot, M. (2021). Studying the drying characteristics and quality attributes of chili pepper at different maturity stages: experimental and mechanistic model. *Case Studies in Thermal Engineering, 26*(1), 10-52.

Grubben, G. J. H., Tindall, H. & Williams, J. T. (1977). Tropical vegetables and their genetic resources. *International Board for Plant Genetic, 13*(1), 58-62.

Ibrahim, R., Osman, A., Saari, N. & Rahman, R. A. (2004). Effects of anti-browning treatments on the storage quality of minimally processed shredded cabbage. *Journal of Food Agriculture and Environment, 2*(54-58).

Ioannou, I. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal, 9*(30), 310-340.

Joslyn, M. & Mackinney, G. (1938). The rate of conversion of chlorophyll to pheophytin. *Journal of the American Chemical Society, 60*(5), 1132-1136.

Kitcharoenwong, J. & Uetrongchit, Y. (2015). The exposure assessment of sulfur dioxide intake from imported dried vegetable and fruit in Thai populations 2005 – 2014. *Bulletin of the Department of Medical Sciences, 57*(1), 58-68.

Liew, S. Q., Ngoh, G. C., Yusoff, R. & Teoh, W. H. (2018). Acid and Deep Eutectic Solvent (DES) extraction of pectin from pomelo (*Citrus grandis (L.) Osbeck*) peels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 13*(1), 1-11.

Lueangprasert, K., Saengnil, K., Whangchai, K. & Uthaibutra, J. (2006). Effects of oxalic acid and temperature storage on browning of 'hong huay'lychee pericarp. *ScienceAsia,* 345-350.

Nair, B. & Elmore, A. R. 2003. Final report on the safety assessment of sodium sulfite, potassium sulfite, ammonium sulfite, sodium bisulfite, ammonium bisulfite, sodium metabisulfite and potassium metabisulfite. *International Journal of Toxicology*, 63-88.

Nantakornsuttanan, N., Phanyotha, T., Thuphairo, K., Charoenkiatkul, S. & Suttisansanee, U. (2014). Antioxidant activities and total phenolic contents from different varieties of chili peppers extracts. *Agricultural Science Journal,* 365-368. (in Thai)

Nawat, K. & Theerachai, T. (2016). Screening of lactic acid bacteria from Thai's chilli pastes. *Thai Journal of Science and Technology, 5*(1), 67-76. (in Thai)

Pichai, P. & Khanteekul, N. (2015). Exposure assessment of benzoic acid in nam prig noom sold in Chiang Mai since 2010 - 2013. *Bulletin of the Department of Medical Sciences, 57*(2), 198-207.

Puvanenthiran, A., Williams, R. & Augustin, M. (2002). Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal, 12*(4), 383-391.

Sayavedra-Soto, L. & Montgomery, M. (1986). Inhibition of polyphenoloxidase by sulfite. *Journal of Food Science, 51*(6), 1531-1536.

Subanmanee, N. (2020). Effect of soaking banana in various solutions and application of banana flour in madeleine cake. *Journal of Food Technology, Siam University, 15*(2), 110-121.

Suthisak, J. 2009. Effects of Ultra-High pressure and hermetical seal on short-storage shelf life of Nam Prik Num from Chilli cv. Chakrapad. *Food Science and Technology*. 86-95. (in Thai)

Thanakorn, B. (2004).Bleaching of mung bean starch and vermicelli by using some organic acids or hydrogenperoxide as a substitute for sulphur dioxide. *National Research Council of Thailand*, 1-13.

Thai Industrial Standards Institute (TISI). (2000). Thai Industrial Standards. *Nam Prik Num*. Retrieved January 8, 2016, from http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps293_47.pdf. (in Thai)

Thipayarat, A. (2007). Quality and physiochemical properties of banana paste under vacuum dehydration. *International Journal of Food Engineering, 3*(4), 101-121.

Wedzicha, B., Goddard, S. & Garner, D. (1987). Enzymic browning of sulphocatechol. *International Journal of Food Science and Technology, 22*(6), 653-657.

Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W. & Liu, G. (2021). Food additives: From functions to analytical methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 1-21.

Yang, W., Yu, A., Dai, Y. & Chen, H. (2000). Separation and determination of di-and tricarboxylic acids in fruits by capillary zone electrophoresis with amperometric detection. *Analytica Chimica Acta, 415* (1-2), 75-81.

Yue-Ming, J., Zauberman, G. & Fuchs, Y. (1997). Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp. *Postharvest Biology and Technology, 10*(3), 221-228.