การปรับปรุงคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

การปรับปรุงคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การปรับปรุงคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

พิจารณาเห็นชอบโดย อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เสนพันธุ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ ตาลดี)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.วชิระ ชุ่มมงคล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท
ชื่อผู้เขียน นางสาวรัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เสนพันธุ์

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือในประเทศไทยที่ได้รับความนิยมอย่างสูง แต่ปัญหาของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มคือมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน ดังนั้นควรมีการปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยศึกษาผลของกระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยสารละลายกรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ใช้กรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นถึงระดับร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะมีผลทำให้น้ำพริกหนุ่มมีลักษณะปรากฏดีขึ้น มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ขณะที่ ค่าร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) และค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (% water release) ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การใช้กรดซิตริกส่งผลทำให้ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การใช้ Na_2S_2O ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลทำให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในน้ำพริกหนุ่มเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นกระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก หรือ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มได้ดีที่สุด

นอกจากนี้น้ำพริกหนุ่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นและเน่าเสียง่าย ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทก่อนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจึงเป็นแนวทางที่จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มให้ยาวนานขึ้นหลายเดือน โดยพัฒนาและศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มร่วมกับการปรับกรด ($pH \leq 4.6$) ชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ก่อนบรรจุขวดแล้วฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บ

รักษา พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่มีการปรับค่าพีเอชด้วยกรดกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก จะมีลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสที่เนียน ละเอียด นุ่ม เละ และมีน้ำแยกออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการปรับค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดทั้งสี่ชนิดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย) และค่าสี (ความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*)) ค่าพีเอช ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (% water release) และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_4) ที่ตกค้าง ($p \leq 0.05$) แต่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดซิตริก จะมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงกว่าการปรับด้วยกรดชนิดอื่นๆ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นกรดซิตริกเป็นกรดที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นสารที่ควบคุมความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มก่อนบรรจุขวดฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ โดยจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

แต่อย่างไรก็ตามกลับพบปัญหาอีกว่าน้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิทมีเนื้อสัมผัสเละ และมีน้ำเยิ้มที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท โดยศึกษาผลของการเติมสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ต่อผลกระทบทางคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิทที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ มีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น เนื้อสัมผัสไม่เละ มีความคงตัว และไม่มีน้ำเยิ้มออกมาที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะแปรผันตรงตามปริมาณความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่ใช้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิทที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 0.3 มีค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิททุกชุดการทดลอง อย่างไรก็ตามการเติมสารให้ความคงตัวทั้งสามชนิดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณร้อยละความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย) ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ค่าพีเอช และค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเติมกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 สามารถปรับปรุงความคงตัวของเนื้อสัมผัส และลดการเยิ้มของน้ำที่ผิวหน้าในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดได้ดีที่สุด

ปัจจุบันกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทางการค้า นิยมใช้แก๊สหุงต้มและเตา

ไฟฟ้าในการย่างพริกหนุ่ม ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีกลิ่นควันที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำพริกหนุ่มต่างจากการย่างพริกหนุ่มด้วยเตาถ่าน ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลการปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สัก และไม้ลำไยก่อนบรรจุขวดปิดสนิทแล้วฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นด้วยการรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย จะมีสีเขียวคล้ำกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและน้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นด้วยควันผง นอกจากนี้กระบวนการแต่กลิ่นควันน้ำพริกหนุ่มทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิต ค่าพีเอช ค่าร้อยละการปลดปล่อยของน้ำ และองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย) แต่มีผลต่อการลดลงของร้อยละปริมาณความชื้น ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*)) และค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและแต่งกลิ่นด้วยควันผง อย่างไรก็ตามน้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นด้วยควันผงมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย ดังนั้นการแต่งกลิ่นด้วยควันผงเป็นแนวทางเหมาะสมที่สุดในการปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทให้มีคุณภาพเทียบกับกับการย่างพริกหนุ่มด้วยเตาถ่าน

คำสำคัญ : กลิ่นควัน, กลิ่นรส, คุณภาพสี, น้ำพริกหนุ่ม, สารให้ความคงตัว, อาหารปรับกรด

Title QUALITY IMPROVEMENT OF COLOR, TEXTURE AND FLAVOR OF ACIDIFIED NORTHERN THAI GREEN CHILI PASTE (NAM PRIK NUM) PRODUCT IN HERMETICALLY SEALED BOTTLE

Author Miss Ratchadaporn Linruesee

Degree Master of Science in Food Science and Technology

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Theeraphol Senphan

ABSTRACT

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 improvement of the color quality of Nam Prik Num to be brighter green color was investigrated. 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 Nam Prik Num production on appearance quality, %yield, chemical composition, and physicochemical characteristics of Nam Prik Num was studied. It was found that Nam Prik Num using citric acid and $Na_2S_2O_5$ solution at concentration of 0.5% (w/v) had a good appearance and was increased 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 difference in %yield, chemical composition, water activity values (a_w) and % water release of all treatments of Nam Prik Num products was observed ($p > 0.05$). Use of citric acid in Nam Prik Num slightly decreased the pH values of Nam Prik Num products. However, use of $Na_2S_2O_5$ 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 a concentration of 0.5 % (w/v) prior Nam Prik Num production had the best color quality of Nam Prik Num product.

Furthermore, Nam Prik Num contains a short shelf life and is considered as perishable foods. Therefore, the development of Nam Prik Num in hermetically sealed bottle is an alternative method to extend shelf life of product. Development and quality of acidified Nam Prik Num using different acids such as citric acid, malic acid, ascorbic acid, and lactic acid prior to packing in hermetically sealed bottle and pasteurizing for shelf-life extension were investigated. The pH-adjustment to 4.6 of Nam Prik Num with citric acid, malic acid, ascorbic acid, and lactic acid had finer and messier texture and higher water release than the control sample. Moreover, the pH adjustment of Nam Prik Num with both types of acids was not different on the % yield, chemical compositions (moisture, protein, ash, fat and fiber contents) and color values (lightness (L*), redness values (a*), yellowness value (b*) and color difference (ΔE^*)) pH values, water activity (a_w), %water release and sulphur dioxide content ($p \leq 0.05$) but Nam Prik Num using citric acid had higher sensory acceptance scores by panelist in appearance, color, taste and texture characteristics than other acidified products ($p \leq 0.05$). Therefore, citric acid is an appropriate acid for acidified Nam Prik Num product prior to packing in hermetically sealed bottle and pasteurizing which can extend the shelf life of the product but the product had slightly sour taste.

Nevertheless, Nam Prik Num in hermetically sealed bottle product has a messy texture and water separation on the product surface which was unacceptable by consumers. Therefore, the improvement of texture quality of Nam Prik Num in hermetically sealed bottle product by adding various stabilizers including carboxymethylcellulose (CMC), guar gum and xanthan gum at concentrations of 0.1 and 0.3% (w/v) were studies and appearance quality, %yield, chemical composition and the physicochemical characteristics of products were investigated. The result showed that Nam Prik Num in hermetically sealed bottle product using various types of stabilizers has a better of texture appearance, non messy texture, stability and inseparable water on surface of the product. In addition, the product with 0.3% guar gum had decreased in %water release compared to other treatments. However, the addition of all stabilizers had not affected % yield, chemical composition

(%moisture, %protein, %ash, %fat and %fiber contents), lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*) and ΔE* values, pH values and water activity (a_w). Therefore, the addition of 0.3% guar gum can improve the texture stability and reduce water separation on the surface of Nam Prik Num in hermetically sealed bottle product.

Currently, the commercial processing of Nam Prik Num commonly used gas and electric stoves for grilling green pepper. The product does not have the unique smell of Nam Prik Num, like green pepper grilling with a charcoal stove. Therefore, the effect of different smoke flavors in corparation including smoke powder, smoking woods of teak and longan in hermetically sealed bottled of Nam Prik Num products before packing and sterilization on qualities of the products was studied. Nam Prik Num flavored by smoking woods of teak and longan had a darker green color than control and Nam Prik Num flavored with powdered smoke. In addition, all smoke flavor products did not affect %yield, pH value, and % water release, and chemical composition (protein, ash, fat, and fiber contents). However, there was a decrease in moisture content, brightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*)) and water activity values (a_w) when compared to control and product with smoke powder. However, Nam Prik Num flavored with smoke powder had higher sensory scores in terms of appearance, color, smell, taste, and texture characteristies than the control, Nam Prik Num flavored by smoking woods of teak and longan. Therefore, flavoring with smoke powder in hermetically sealed bottled of Nam Prik Num products was the most suitable method to enhance the qualities of products as compared to grilling green pepper with charcoal.

Keywords : Smoke flavor, Flavor, Color quality, Nam Prik Num, Stabilizers, Acidified food

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ การให้คำแนะนำ และการให้คำปรึกษาที่ดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เสนพันธุ์ และรวมถึงรองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา แดงปรก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ ตาลดี และอาจารย์ ดร. วชิระ ชุ่มมงคล อีกทั้งคณะอาจารย์ที่เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน คำแนะนำในทุกขั้นตอนที่ได้ทำการศึกษารายวิชาวิทยานิพนธ์การวางแผนการศึกษา กระบวนการทำงานวิจัย และการนำเสนอผลงานที่ถูกต้องตามหลักวิชา ตลอดจนการเขียนรายงาน และรูปเล่มวิทยานิพนธ์เพื่อนำเสนอผลงาน การตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานทุกอย่าง รวมทั้งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท 2/2561 เลขที่สัญญา MSD62I0083 และห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านครัวไทย

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการทดลองจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะเจ้าหน้าที่และบุคลากรของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา

สุดท้ายผลอันจะเป็นประโยชน์ความดีความงามทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่คุณพ่อและคุณแม่ที่เคารพยิ่งและหากมีข้อบกพร่องด้วยประการใดๆ ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบพระคุณยิ่ง

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

สารบัญ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญ 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 4

2.1 น้ำพริก (Chili Paste) 4

2.2 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) 10

2.3 วัตถุเจือปนอาหาร 16

2.4 ความเป็นกรดด่างในอาหาร 26

2.5 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร 27

2.6 การฆ่าอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทด้วยความร้อน 30

2.7 บรรจุภัณฑ์แก้ว 31

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 35

3.1 ตอนที่ 1 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม 35

3.2 ตอนที่ 2 การศึกษาผลของกรดอินทรีย์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท 38
3.3 ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการเติมสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท 42
3.4 ตอนที่ 4 การพัฒนาและปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท 44
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 48
4.1 ผลการปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม 48
4.2 ผลการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท 56
4.3 ผลของสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท 63
4.4 ผลการพัฒนาและปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท 69
บทที่ 5 สรุปผล 79
บรรณานุกรม 81
ภาคผนวก 89
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 90
ภาคผนวก ข กระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวด 97
ภาคผนวก ค การเผยแพร่ผลงาน 101
ประวัติผู้วิจัย 137

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของพริกหนุ่ม 9

ตารางที่ 2 กลไกของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 10

ตารางที่ 3 ชนิดของสารปรับปรุงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร 17

ตารางที่ 4 สารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในควัน 25

ตารางที่ 5 ร้อยละผลผลิต (%yield) และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ 51

ตารางที่ 6 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าพีเอช ปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ Na_2S_2O ความเข้มข้นต่างๆ ... 55

ตารางที่ 7 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 58

ตารางที่ 8 ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 60

ตารางที่ 9 ลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 62

ตารางที่ 10 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 65

ตารางที่ 11 ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC กัวร์กัม และแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 68

ตารางที่ 12 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย..... 71

ตารางที่ 13 ลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย..... 73

ตารางที่ 14 ปริมาณสารประกอบที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย..... 76

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย 78

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 น้ำพริกหนุ่ม 5

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวด 7

ภาพที่ 3 พริกหนุ่ม 8

ภาพที่ 4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส 11

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด 14

ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน 16

ภาพที่ 7 โครงสร้างกรดซิตริก ($C_6H_8O_7$) 18

ภาพที่ 8 โครงสร้างโซเดียมเมตตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) 18

ภาพที่ 9 โครงสร้างกรดมาลิก ($C_4H_6O_5$) 20

ภาพที่ 10 โครงสร้างกรดแอสคอร์บิก ($C_6H_8O_6$) 21

ภาพที่ 11 โครงสร้างกรดแลคติก ($C_3H_6O_3$) 22

ภาพที่ 12 โครงสร้าง Carboxymethyl cellulose (CMC) 23

ภาพที่ 13 โครงสร้าง Guar gum 23

ภาพที่ 14 โครงสร้าง xanthan gum 24

ภาพที่ 15 ฝาลัก 32

ภาพที่ 16 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สาร (A) ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (B) 0.3 (C) 0.5 (D) และผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (E) 0.3 (F) 0.5 (G) 49

ภาพที่ 17 ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) 53

ภาพที่ 18 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่านการปรับกรด (A) ผ่านการปรับกรดด้วยกรดซิตริก (B) กรดมาลิค (C) กรดแอสคอร์บิก (D) และกรดแลคติก (E) ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 56

ภาพที่ 19 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (A) และน้ำพริกหนุ่มเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC ร้อยละ 0.1 (B) และ 0.3 (C) กัวร์กัมร้อยละ 0.1 (D) และ 0.3 (E) แซนแทนกัมร้อยละ 0.1 (F) และ 0.3 (G) ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 63

ภาพที่ 20 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน (ชุดควบคุม) และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย..... 70

ภาพที่ 21 ATR-FTIR spectrum ของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการแต่งกลิ่นด้วยควันผง รมควันด้วยไม้สัก และไม้ลำไย 74

ภาพที่ 22 กระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท..... 80

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

พริกหนุ่ม (*Capsicum annuum var. acuminatum Fingerh*) เป็นพริกที่มีสีเขียวขนาดใหญ่ มีความเผ็ดในระดับปานกลาง นิยมใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือในประเทศไทย นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นเครื่องปรุงและใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลากหลายชนิด พริกหนุ่มยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแคปไซซิน (capsaicin) ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และสามารถบรรเทาอาการปวดได้ (Nantakornsuttanan et al., 2016) ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีกรรมวิธีการผลิตที่ง่ายไม่ซับซ้อน ใช้วัตถุดิบเพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ พริกหนุ่ม กระเทียม และหอมแดง มาผ่านกระบวนให้ความร้อนด้วยการย่างไฟให้ไหม้หรืออบจนกระทั่งสุก หลังจากนั้นบดผสมให้เข้ากัน ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำปลา อาจปรุงแต่งด้วยมะเขือเทศ เนื้อปลาสุก น้ำปลาร้าต้มสุกที่กรองแล้ว หรือปลาร้าสับที่ทำให้สุกด้วยก็ได้ (Arun et al., 2019) แต่ปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มคือ ภายหลังกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพบว่าผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน สีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความสม่ำเสมอ และไม่มีความคงตัวในแต่ละครั้งการผลิต ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัส ทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มของผู้บริโภคลดลง รวมถึงผู้ประกอบการผลิตน้ำพริกหนุ่มมียอดขายผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ปัญหาต่อมาคือผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น ถ้าเก็บในอุณหภูมิห้องจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 – 2 วัน หรือ ถ้าเก็บในตู้เย็นจะมีอายุเก็บรักษา 3 – 5 วันเท่านั้น ปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มเน่าเสียเร็ว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบสูง ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต สุขลักษณะการผลิต และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา (Pichai and Khanteekul, 2015) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มยังจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีกรดต่ำ (pH ≥ 4.6 และ aw ≥ 0.85) นิยมนำมายืดอายุการเก็บรักษาโดยการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท (hermetically sealed container) เช่น บรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว เป็นต้น ก่อนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ ซึ่งหากใช้ปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ไม่เพียงพอก็จะทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (spoilage microorganism) และจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ที่สำคัญคือ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคโบทูลิซึม (botulism) ที่มีอันตรายร้ายแรงมาก สามารถ

สร้างสารพิษที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท (neurotoxin) ซึ่งการรับประทานสารพิษชนิดนี้ในขนาดน้อยมากเพียง 0.1 ไมโครกรัม ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ (Lorn et al., 2021) นอกจากนี้การใช้ความร้อนสำหรับฆ่าเชื้อน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทโดยใช้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์อุณหภูมิสูง และสภาวะฆ่าเชื้อที่รุนแรงเกินไปจะทำให้เกิดผลเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่ม เช่น ผลิตภัณฑ์สีดำคล้ำขึ้น มีน้ำเยิ้มออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ในปริมาณสูง ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเละเกินไป และมีกลิ่นรสที่หายไป เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทด้วยการใช้เทคโนโลยีการแปรรูปแบบผสมผสาน (hurdle technology) โดยการใช้เทคนิคการแปรรูปอาหารต่างๆ ร่วมกันจึงเป็นแนวทางที่สำคัญที่จะทำให้น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น มีความปลอดภัย มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดซิตริก ก่อนนำมาศึกษากระบวนการปรับกรดน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกให้มีค่าพีเอชต่ำกว่าพีเอช 4.6 หรือเรียกว่าอาหารปรับกรด (acidified food) นอกจากนี้ยังปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสโดยศึกษาผลของการใช้สารให้ความคงตัว (stabilizer) ชนิดต่างๆ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กัวร์กัม และแซนแทนกัม และพัฒนาการเสริมกลิ่นรสควันลงในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม รวมถึงการใช้บรรจุภัณฑ์ขวดแก้วปิดสนิท และการฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรซ์เที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะการฆ่าเชื้อที่ไม่รุนแรง ทำให้รักษาคุณภาพด้านคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มให้มีอายุการเก็บรักษายาวนาน 6 เดือน ถึง 1 ปี สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำพริกหนุ่มสดมากที่สุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงพัฒนาคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่ม

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

3. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทโดยการใช้สารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ

4. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มย่างเตาถ่านบรรจุขวดปิดสนิทด้วยการแต่งกลิ่นควันชนิดต่างๆ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 น้ำพริก (Chili Paste)

น้ำพริก เป็นอาหารที่คนไทยรู้จักกันมาอย่างยาวนาน เป็นอาหารไทยประเภทเครื่องจิ้มชนิดหนึ่ง ส่วนใหญ่ใช้รับประทานคู่กับผัก ที่มีส่วนประกอบสำคัญคือ พริก ที่ต้องตำละเอียด มีอยู่หลายอย่างเรียกตามส่วนประกอบที่ใส่ลงไป น้ำพริกถือเป็นอาหารที่เชื่อมโยงฐานทรัพยากรอาหารที่สำคัญ เป็นอาหารที่ใช้พื้นฐานจากเครื่องปรุงพื้นบ้านและผักพื้นเมืองเข้าด้วยกัน ในขณะที่ที่ตั้งของประเทศไทยเป็นศูนย์กลางสำคัญของข้าวและผักพื้นเมืองที่มีคุณค่าทางสมุนไพรและโภชนาการ จากภูมิปัญญาไทยจึงมีการทำน้ำพริกเพื่อนำผักพื้นเมืองมารับประทานพร้อมกับข้าวมากขึ้น จึงเป็นการใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรที่มีอย่างคุ้มค่า เครื่องปรุงที่สำคัญในน้ำพริกประกอบด้วยพริก หอม กระเทียม ฯลฯ ซึ่งมีสรรพคุณในการช่วยเจริญอาหาร ทำให้ระบบเลือดหมุนเวียนดี แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ และที่สำคัญคือทำให้ทานผักได้มากขึ้น ดังนั้นจึงมีการพัฒนาน้ำพริกให้มีหลากหลายรูปแบบเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคมากขึ้น เช่น น้ำพริกหนุ่ม น้ำพริกกะปิ น้ำพริกแมงดา เป็นต้น และยังมีการนำวัตถุดิบที่เป็นประเภทเนื้อสัตว์เติมลงไปเพื่อเพิ่มคุณค่าด้านอาหารให้สูงขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นล้วนแต่เป็นอาหารหรือส่วนประกอบในอาหารที่คนส่วนใหญ่รู้จักเป็นอย่างดี แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการแปรรูปให้สามารถเก็บไว้ได้นานมากขึ้นโดยใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมอาหารมาประยุกต์เพื่อยืดอายุการรับประทานและการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยผ่านกระบวนทางด้านอุตสาหกรรมอาหารกันอย่างแพร่หลาย (Chuleeporn, 2009)

2.1.1 น้ำพริกแบ่งออกตามภูมิภาค

1. น้ำพริกทางภาคกลาง เป็นภาคที่มีอาหารประเภทน้ำพริกหลายชนิด น้ำพริกที่นิยมรับประทาน เช่น น้ำพริกกะปิ น้ำพริกปลาย่าง น้ำพริกเผา น้ำพริกมะขาม เป็นต้น

2. น้ำพริกทางภาคใต้เรียกว่า น้ำชุบ องค์ประกอบหลักคือ พริก หอมและกะปิ มีเอกลักษณ์ คือ ไม่ผสมน้ำมะนาวหรือน้ำตาล จึงมีลักษณะแห้ง ถ้าผสมให้เข้ากันด้วยมือเรียกน้ำชุบหยำหรือน้ำชุบโจร ถ้าตำให้เข้ากันเรียกน้ำชุบเยาะ ถ้าตำแล้วผัดให้สุกเรียกว่าน้ำชุบผัดหรือน้ำชุบคั่วเคี่ยว น้ำชุบของภาคใต้นี้กินกับผักหลายชนิดทั้งผักสดและผักลวก เหตุที่ไม่ผสมน้ำมะนาว เนื่องจากชาวประมงในภาคใต้เมื่อออกเรือเป็นเวลาแรมเดือน หามะนาวได้ยาก จึงประกอบน้ำพริกโดยไม่ผสมน้ำมะนาว และเหตุที่เรียกว่า น้ำชุบ คือ การที่นำผักมาชุบกับน้ำพริกแห้ง

3. น้ำพริกภาคเหนือ เครื่องปรุงทุกอย่างต้องย่างหรือเผาให้สุกก่อน ปรุงรสด้วยเกลือเป็นหลัก เช่น น้ำพริกหนุ่ม น้ำพริกอ่อง เป็นต้น

4. น้ำพริกภาคอีสาน ที่สำคัญมีสามอย่างคือ ป่น เป็นน้ำพริกที่ประกอบด้วยพริกแห้ง หอมแดง กระเทียม โขลกผสมกับปลา เห็ด หรือเนื้อสัตว์อื่น ใส่น้ำปลาร้า ลักษณะค่อนข้างข้นเพื่อให้จิ้มผัก แจ่ว เป็นน้ำพริกพื้นฐานของภาคอีสาน ส่วนผสมหลักคือน้ำปลาร้าผสมกับพริก ใช้จิ้มทั้งผักและเนื้อสัตว์ ต่อมาจึงเพิ่มเครื่องปรุงอื่นเพื่อดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ เช่น หอม กระเทียม ข่า ตะไคร้ ซุบ เป็นอาหารที่พัฒนามาจากแจ่ว โดยมาจากคำว่า ซุบ ซึ่งหมายถึงจุ่มหรือจิ้ม มาจากการที่นำผักที่ใช้จิ้มแจ่วมาผสมลงในแจ่ว แล้วเติมข้าวคั่ว

2.1.2 น้ำพริกหนุ่ม

น้ำพริกหนุ่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคที่ทำจากพริกที่ยังไม่แก่ เช่น พริกหนุ่ม พริกอ่อน พริกใหญ่ หรือพริกยำ บดผสมให้เข้ากันกับกระเทียม หอม ที่เผา หรืออบให้สุกแล้วปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำปลา อาจปรุงแต่งด้วยมะเขือเทศ เนื้อปลาสุก น้ำปลาร้าต้มสุกที่กรองแล้ว หรือปลาร้าสับที่ทำให้สุก น้ำพริกหนุ่มทั่วไปควรมีส่วนประกอบที่ใช้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ สีกลิ่น และรสชาติต้องดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่น รสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสต้องมีเนื้อหยาบ มีความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 293/2547 (Arun et al., 2019)

ภาพที่ 1 น้ำพริกหนุ่ม

ที่มา : https://goodlifeupdate.com/healthy-food/recipe/24390.html

2.1.2.1 คุณลักษณะและมาตรฐานที่ต้องการของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม (มผช. 293/2547)

1. ลักษณะทั่วไป ส่วนประกอบที่ใช้ต้องกระจายตัวสม่ำเสมอ
2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3. กลิ่นและรส ต้องมีกลิ่นและรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่น และรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องมีเนื้อหยาบ นุ่ม ชุ่มฉ่ำ

5. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6. วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีสังเคราะห์ทุกชนิด

7. จุลินทรีย์

7.1 จุลินทรีย์รวมทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

7.2 *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

7.3 *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

7.4 *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

7.5 *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

7.6 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.1.2.2 กระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวด

ที่มา : Arun และคณะ (2019)

2.1.2.3 ส่วนประกอบในน้ำพริกหนุ่ม

2.1.2.3.1 พริก

พริกเป็นพืชที่ปลูกและใช้ประโยชน์กันอยู่ทั่วโลก นอกจากพริกจะเป็นเครื่องเทศที่ช่วยปรุงแต่งรสชาติอาหารให้ถูกปากแล้ว พริกยังเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ในผลพริกมีสารอาหารที่มีคุณค่าหลายพันธุ์ชนิด แต่สารที่เป็นจุดเด่นของพริกมี 2 ชนิด คือสาร carotenoid และสาร capsaicinoid (Govindarajan and Salzer, 1986) สาร carotenoid เป็นส่วนที่ทำให้พริกมีสีและมีคุณค่าอาหาร ส่วนสาร capsaicinoid โดยเฉพาะ capsaicin ทำให้พริกเผ็ด ความเผ็ดของพริกเป็นตัวกำหนดคุณภาพที่สำคัญของพริกที่ไม่สามารถทดแทนด้วยสารอื่นหรือพืชชนิดใดในโลก ความเผ็ดของพริกจะขึ้นกับสายพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการดูแลรักษา ในบรรดาปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาสายพันธุ์พริกมีผลต่อระดับความเผ็ดของพริกมากที่สุด โดยระดับความเผ็ดในระดับสากล สามารถแบ่งระดับความเผ็ดตามหน่วย Scoville Heat Unit (SHU) ออกเป็น 5 ระดับตั้งแต่ไม่เผ็ด (0-700 SHU) เผ็ดน้อย (700-3,000 SHU) เผ็ดปานกลาง (3,000-25,000) เผ็ดมาก (25,000-70,000 SHU) และเผ็ดมากที่สุด (>80,000 SHU) ความเผ็ดของพริกจะขึ้นกับปริมาณ capsaicin ในผล (Zewdie and Bosland, 2000)

ภาพที่ 3 พริกหนุ่ม

ที่มา : https://th.toluna.com/opinions/5094531

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของพริกหนุ่ม

Nutrients	Unit	Value per 100 g
Water	g	93.9
Energy	kcal	20.0
Protein	g	0.9
Total lipid (fat)	g	0.2
Carbohydrate, by difference	g	4.6
Fiber, total dietary	g	1.7
Sugars, total	g	2.4
Calcium, Ca	mg	10.0
Iron, Fe	mg	0.3
Magnesium, Mg	mg	10.0
Phosphorus, P	mg	20.0
Potassium, K	mg	175.0
Sodium, Na	mg	3.0
Zinc, Zn	mg	0.1
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	80.4
Thiamin	mg	0.1
Riboflavin	mg	0.1
Niacin	mg	0.5
Vitamin B-6	mg	0.2
Folate, DFE	µg	10.0
Vitamin A, RAE	µg	18.0
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.4

ที่มา : USDA, (2015)

2.2 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction)

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การเกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ (enzymatic browning) คือ เอนไซม์ฟีนอลเลส และการเกิดสีน้ำตาลแบบที่ไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด คาราเมลไลเซชัน และการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกแต่บางครั้งการเกิดสีน้ำตาลจากการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก อาจมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดจากปฏิกิริยาเคมี 4 แบบ คือ ปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (caramelization) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก (Damodaran et al., 2007) กลไกของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแสดงดังตาราง

ตารางที่ 2 กลไกของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

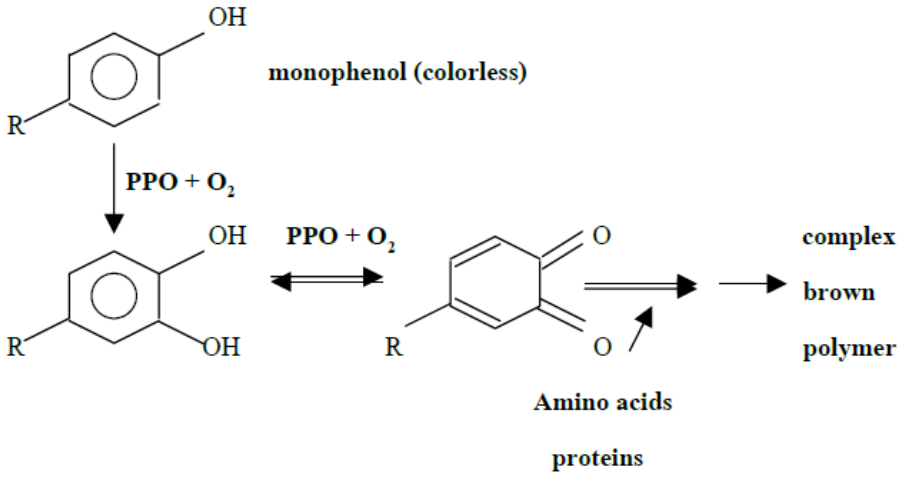
Mechanism	Requires oxygen	Requires amino group in initial reaction	pH optimum
Maillard	-	+	Alkaline
Caramelization	-	-	Alkaline, acid
Ascorbic acid oxidation	+	-	Slightly acid
Phenolase	+	-	Slightly acid

ที่มา : Damodaran และคณะ (2007)

2.2.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์ (enzymatic browning reaction)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์ เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากสารประกอบโมโนฟีนอล (monophenol) ในเซลล์พืชหรือสัตว์ในรูปที่มีออกซิเจน และมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิลทำให้เกิดเป็นสารออร์โท-ไดฟีนอล (***O***-diphenol) และจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (***O***-quinones) เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อเรียกว่า พอลิฟีนอลเลส ฟีนอเลส ไทโรซิเนส ออร์โท-ไดฟีนอลออกซิเดส (***O***-diphenol oxidase) หรือ แคตีคอลออกซิเดส (catechol oxidase) พีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์ PPO คือ ระหว่าง 5 -7 เอนไซม์ PPO นี้ค่อนข้างจะไม่ทนความร้อนและสามารถถูกยับยั้งด้วยกรดเฮไลด์ (halides) ฟีนอลแอซิค (phenol acids) ซัลไฟด์สารที่จับกับโลหะ (chelating agent) สารรีดิวซ์ (reducing agent) เช่น กรดแอสคอร์บิก สารจับควิโนน (quinine couplers) เช่น ซีสเตอีน และสารประกอบอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่สามารถจับกับสารที่เป็นสับสเตรทได้ สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลง และจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยา

เมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (Martinez and Whitaker, 1995) แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Reaction-for-Enzymatic-Browning

2.2.1.1 ออกซิเดชันของ polyphenols

กลไกปฏิกิริยาระหว่าง phenolase และสารประกอบออร์โทไดฟีนอลิค มีความซับซ้อนมากเนื่องจากทองแดงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ กิจกรรมของเอนไซม์ phenolase ขึ้นกับการเปลี่ยนทองแดงจากรูปคิวปริก (cupric) ไปเป็นคิวปรัส (cuprous) เมื่อเอนไซม์ถูกแยกออกมาทองแดงจะอยู่ในรูปคิวปรัส แต่ถ้ามีออร์โทไฮดรอกซีฟีนอลอยู่จะเกิดการออกซิไดส์ทองแดงไปเป็นคิวปริก (Volf et al., 2014) การเปลี่ยนแปลงแสดงได้โดยสมการที่ 1 และ 2

$4\ Cu^{++}$ (เอนไซม์) + 2 catechol $\longrightarrow$ $4\ Cu^{+}$ (enzyme) + 2 (***O***-quinone) + $4\ H^{+}$ (1)

$4\ Cu^{+}$ (เอนไซม์) + $4\ H^{+}$ + O_2 $\longrightarrow$ $4\ Cu^{++}$ (enzyme) + $2\ H_2O$ (2)

ซับสเตรทจะถูกออกซิไดส์โดยการสูญเสียอิเล็กตรอน 2 ตัว และโปรตอน 2 ตัว ทองแดงของเอนไซม์จะจับอิเล็กตรอน 2 ตัวไว้และเปลี่ยนไปเป็นคิวปรัส อิเล็กตรอน 2 ตัวนี้จะส่งผ่านไปให้ออกซิเจนอย่างรวดเร็วและทำปฏิกิริยากับโปรตอน 2 ตัว เกิดเป็นน้ำตาลดังสมการ จากนั้นเอนไซม์จะกลับสู่สภาวะคิวปริกและพร้อมที่จะเร่งปฏิกิริยารอบต่อไป ปฏิกิริยาของฟีนอเลสที่มีการศึกษากันมาก

ที่สุดคือ การออกซิไดส์สารรีดิวส์โดยทางอ้อมที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ฟีนอเลสกับออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอล (Belščak-Cvitanović et al., 2018) ดังสมการที่ 3 และ 4

$$\textit{O}\text{-dihydroxyphenol} + \tfrac{1}{2}\ O_2 \xrightarrow{\text{phenolase}} \textit{O}\text{-quinone} + H_2O \qquad (3)$$

$$\textit{O}\text{-quinone} + RH_2 \longrightarrow \textit{O}\text{-dihydroxyphenol} + R \qquad (4)$$

$$RH_2 + \tfrac{1}{2}\ O_2\ R + H_2O$$

RH_2 เปนสารรีดิวส์ (reducing agent) เช่น ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือ รีดิวส์ฟอสโฟไพริดินนิวคลีโอไทด์ (reduced phosphopyridine nucleotide) ส่วน R เป็นรูปที่ถูกออกซิไดส์ (oxidized form)

2.2.1.2 ออกซิเดชันของโมโนฟีนอล

ไฮดรอกซิเลชันของสารประกอบโมโนฟีนอล (monophenol) ไปเป็นออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอล (***O***-dihydroxyphenols) เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิที่ถูกเร่งโดยเอนไซม์ฟีนอเลส ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในโมเลกุลของเอนไซม์ ในกรณีนี้มีลักษณะที่ผิดจากปกติ คือ ช่วงการเหนี่ยวนำ (induction period) ของปฏิกิริยานี้ค่อนข้างยาวนาน และจะนานมากขึ้นขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของเอนไซม์ ปกติเอนไซม์ที่มีช่วงการเหนี่ยวนำจะใช้เวลาเพียงเสี้ยวของวินาที แต่ในกรณีนี้ต้องใช้เวลานานถึง 2 - 3 นาที ในช่วงการเหนี่ยวนำนี้จะลดลงถ้าเติมออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอลปริมาณเล็กน้อยลงไปและอัตราเร็วของออกซิเดชันหลังช่วงการเหนี่ยวนำจะเป็นแบบเชิงเส้น ฟีนอเลสจะออกซิไดส์ออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอลในอัตราที่เร็วกว่าโมโนไฮดรอกซีฟีนอลระหว่างออกซิเดชันของโมโนฟีนอล โดยฟีนอเลสมักมีออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอลจำนวนหนึ่งปนอยู่ โมโนฟีนอลสามารถถูกออกซิไดส์เป็นสารสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกับที่เกิดจากออกซิเดชันของออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอล (Kupchan et al., 1978)

2.2.1.3 ***O***-quinone

ออร์โทควิโนนเกิดจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ฟีนอเลสเป็นตัวเร่งเป็น precursor ของการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในการหั่นผักและผลไม้ ออร์โทควิโนนเป็นสารมีสีเล็กน้อยแต่เป็นสารตัวกลางที่พบในสิ่งมีชีวิต และมีความไวต่อปฏิกิริยามากที่สุดในปฏิกิริยาเหล่านี้มีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอยู่ด้วย ปฏิกิริยาของออร์โทควิโนนที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Heine et al., 1993) มีดังนี้

การเกิดไฮโดรควิโนน ซึ่งไม่เสถียรจากปฏิกิริยาสำคัญของออร์โทควิโนนในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลไฮโดรควิโนนเหล่านี้เกิดเป็นปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันได้ง่ายโดยไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องผลคือได้โพลิเมอร์สีน้ำตาลคล้ำละลายน้ำได้เล็กน้อย

สารควิโนนทำปฏิกิริยากับเอมีนได้อย่างรวดเร็ว เช่น ปฏิกิริยาของออร์โทเบนโซควิโนน (**O**-benzoquinone) กับ อะนิลีน (aniline) ดังสมการที่ 5

O-benzoquinone + 2 aniline ⟶ 4,5-dianilinino-1,2-benzoquinone (5)

เบนโซควิโนนยังทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนด้วย ตัวอย่างเช่น ดังสมการที่ 6

O-benzoquinone + glycine ⟶ 4-N-glycyl-**O**-benzoquinone (6)

ผลิตผลจากปฏิกิริยานี้เป็น intermediate ซึ่งทำให้เกิด deamination ของไกลซีนและทำให้รงควัตถุมีสีคล้ำ

ออร์โทควิโนน เกิดจากออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอลโดยมีเอนไซม์ฟีนอเลสเป็นตัวเร่ง ทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วกับสารประกอบซัลไฟดริลที่มีในธรรมชาติ เช่น ซิสเทอีน และกลูตาไธโอน ผลก็คือทำให้เกิดรงควัตถุที่มีลักษณะเฉพาะปฏิกิริยาเหล่านี้เกิดนอกเหนือจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Lee, 2012)

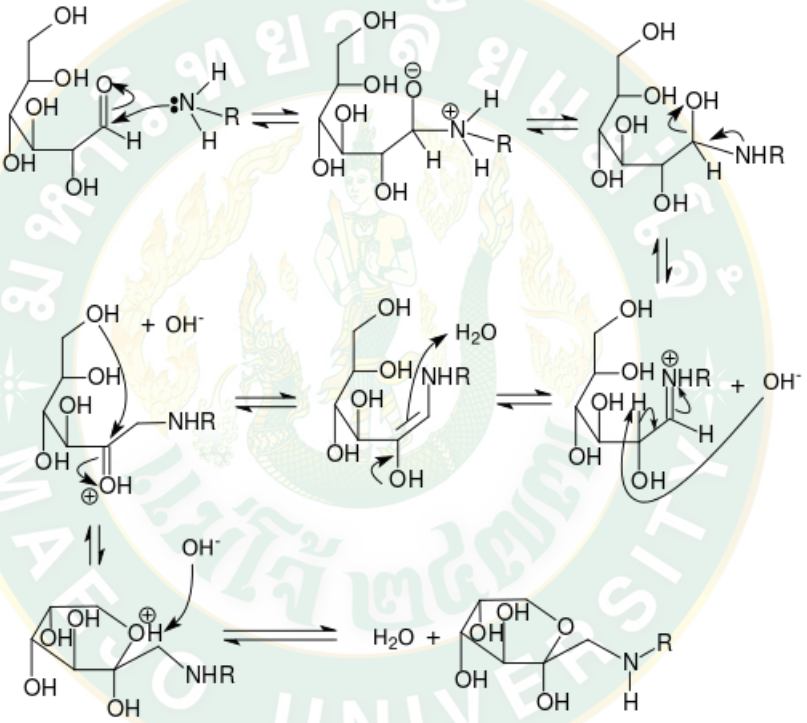
2.2.2 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction)

การเกิดสีน้ำตาลเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) และหมู่อะมิโนที่เป็นอิสระซึ่งนำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin) การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นการจำกัดอายุการเก็บของน้ำผักและผลไม้ ผักและผลไม้แห้งหลายชนิดและผลิตภัณฑ์จากส้ม นอกจากนี้ยังมีการเกิดสีน้ำตาลที่เป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของน้ำตาลเองหรือเกิดจากการออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิกแล้วเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอนิลโดยผ่านทางขบวนการอัลโดลคอนเดนเซชัน (aldol condensation) หรือเกิดปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนให้ผลลัพธ์เป็นสารสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ในอาหารนั้นจะเกิดได้มากน้อยขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard precursor) หรือวิตามินซี พีเอช ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ออกซิเจน เวลา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Ellis, 1959)

2.2.2.1 การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

น้ำตาลรีดิวส์ชิงทั้งคีโตสและแอลโดสจะรวมกับหมู่อะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imine) หรือ Schiffbase) จากนั้นมีการเรียงตัวใหม่ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือคีโตสเอมีน (Ketoseamine) เรียกว่า Amadori product เกิดปฏิกิริยา

enolization ของ Amadori products แล้วได้เป็นคีโตสเอมีนหรือไดอะมิโนซูการ์ เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันต่อไปได้เป็นอนุพันธ์ของฟูแรน (furan) ถ้าเป็นน้ำตาลเฮกโซส อนุพันธ์ฟูแรน คือ 5-ไฮดรอกซีเมทิล-2-เฟอรัลดีไฮด์ (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde หรือ (HMF) แสดงดังภาพที่ 5 อนุพันธ์ฟูแรนวงแหวน เช่น HMF จะเกิดพอลิเมอไรซ์อย่างรวดเร็วได้เป็นสารสีน้ำตาลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยและไม่ละลายน้ำ ซึ่งต่างจากการเกิดคาราเมลไลเซชันที่มีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว พบได้ในอาหารที่มีน้ำตาลรีดิวส์ซิง กรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจน สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า เมลานอยดิน (Damodaran et al., 2007)



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ที่มา : https://pubs.rsc.org/image/article/2012/fo/c2fo30089c/c2fo30089c-f2.gif

2.2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

น้ำตาล สารประกอบคาร์บอนิลและเอมีนที่มีความคงตัวต่ำ และสลายตัวได้ง่ายจึงเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ที่อุณหภูมิห้อง อาหารที่มีน้ำตาลรีดิวส์ซิงสูงจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้อย่างรวดเร็ว น้ำตาลเพนโตสจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าน้ำตาลเฮกโซส และน้ำตาลเฮกโซส

เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าน้ำตาลรีดิวส์ซิงที่เป็นไดแซ็กคาไรด์ น้ำตาลนอนรีดิวส์ซิง เช่น น้ำตาลซูโครสจะเกิดปฏิกิริยาได้ภายหลังการถูกย่อยแล้ว น้ำตาลฟรุกโทสเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด (Nursten, 2005)

กรดอะมิโน ชนิดของกรดอะมิโนมีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ด กรดอะมิโนชนิดแอลฟา (***α***-amino acids) เช่น ไกลซีน จะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดีที่สุด เมื่อกรดอะมิโนมีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นปฏิกิริยาจะเกิดช้าลง กรดอะมิโนชนิดโอเมก้า (***ω***-amino acids) เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้เร็วขึ้นเมื่อความยาวของสายในโมเลกุลเพิ่มขึ้น เช่น ออร์นิทีนเกิดได้รวดเร็วกว่าไลซีน หมู่อะมิโนในโมเลกุลของไลซีนจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด สำหรับกรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นด่าง เช่น ไลซีน และกรดอะมิโนที่เป็นอนุพันธ์เอไมด์ เช่น แอสพาราจีนและกลูตามีนจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่ากรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกรดและเป็นกลาง (Ajandouz and Puigserver, 1999)

อุณหภูมิ อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ภาวะที่สารมีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุดเนื่องจากเกิด autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 10 องศาเซลเซียส อาหารที่มีน้ำตาลฟรุกโทสจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่า และเพิ่มเร็วขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากขึ้น ความเข้มของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้ช้าลง (Benzing-Purdie et al., 1985)

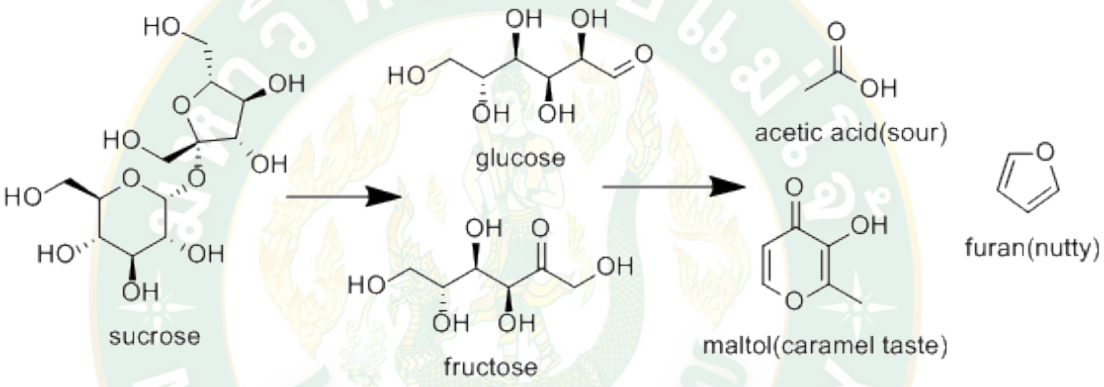
พีเอช การลดค่าพีเอชให้ต่ำลง เช่น ที่พีเอช 3 น้ำตาลจะมีความคงตัวมากที่สุดในรูป pyranose hemiacetal ring เมื่อพีเอชสูงขึ้นน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นรูป reactive acyclic aldehydo ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยารวมกันระหว่างน้ำตาลและเอมีนได้อย่างรวดเร็ว การที่พีเอชลดลงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดช้าลง (Ajandouz and Puigserver, 1999)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ในภาวะแห้งน้ำตาลกลูโคสกับกรดอะมิโนไกลซีนจะคงตัวและไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส แต่เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยปฏิกิริยาเมลลาร์ดก็จะเกิดขึ้นได้ทันที แต่ที่อุณหภูมิสูงการสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพราะทำให้มีน้ำเกิดขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงอีกครั้งเมื่อมีปริมาณน้ำมากจนทำให้สับสเตรทเจือจางลง ซึ่งปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือประมาณร้อยละ 30 (Wijewickreme and Kitts, 1998)

ออกซิเจน ปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้เกิดขึ้นได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนส่วนแร่ธาตุที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ได้แก่ ไอออนทองแดง เหล็กและสังกะสี (Yen and Hsieh, 1995)

2.2.3 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (caramelization reactions)

การเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากน้ำตาลเมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง และเกิดการสูญเสียน้ำโดยไม่มีสารประกอบพวกอะมิโนหรือโปรตีน น้ำตาลบริสุทธิ์จะเกิดคาราเมลไลเซชันอย่างเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้ คือ phosphate, alkalis, acids และเกลือของกรดคาร์บอกซิลิค เช่น citrate fumarate tartrate และ malate สำหรับกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นที่ทราบกันว่าคล้ายกับการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาล และกรดอะมิโนเปลี่ยนเป็น enolization dehydration และแตกตัวเป็น HMF (Ajandouz and Puigserver, 1999) แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน

ที่มา : https://chemistryofcupcakes.wordpress.com/reactions/

2.3 วัตถุเจือปนอาหาร

วัตถุเจือปนอาหาร หมายถึง วัตถุที่ตามปกติไม่ได้ใช้เป็นอาหารหรือส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร แต่ใช้เจือปนในอาหารเพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีการผลิต การแต่งสี การปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร การบรรจุการเก็บรักษา หรือการขนส่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพหรือมาตรฐานหรือลักษณะของอาหาร ทั้งนี้ให้หมายความรวมถึงวัตถุที่มิได้เจือปนในอาหาร แต่มีภาชนะบรรจุไว้เฉพาะใส่รวมกับอาหารเพื่อประโยชน์ ดังกล่าวข้างต้นด้วย เช่น วัตถุกันชื้น และวัตถุดูดออกซิเจน เป็นต้น แต่ไม่รวมสารอาหารที่เติมเพื่อเพิ่มหรือปรับให้คงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร สำหรับวัตถุแต่งกลิ่นรสมีรูปแบบการใช้ต่างจากวัตถุเจือปนอาหารประเภทอื่น กล่าวคือมีปริมาณการใช้ค่อนข้างต่ำและถูกควบคุมปริมาณการใช้โดยการยอมรับของผู้บริโภคเป็นสำคัญจึงได้แยกให้ มีมาตรการในการคุ้มครองความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภคที่แตกต่างไปจากวัตถุเจือปนอาหารกลุ่มอื่น โดยควบคุมตามประกาศ

กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 223) พ.ศ.2544 เรื่อง วัตถุแต่งกลิ่นรส (Siwawej and Suwanchewakorn, 1993)

2.3.1 สารปรับปรุงคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

สารเคมีที่มีการใช้แบ่งเป็น 5 หมวด ได้แก่ กลุ่มกรดคาร์บอกซิลิก กลุ่มกรดแอสคอร์บิก กลุมกรดฟีนอล กลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ และอื่นๆ (Rein and Heinonen, 2004) ดังแสดงในตารางที่ 3

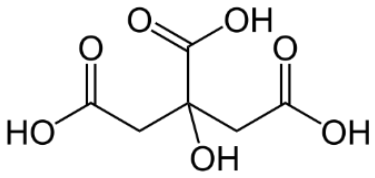
ตารางที่ 3 ชนิดของสารปรับปรุงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

Carboxylic acids	Ascorbic acid	Sulfur containing	Phenolic acid	Other
Acetic	Ascorbic	Cysteine	Caffeic	4-Hexyl resorcinol
Citric	Ca- ascorbate	Histidine	Chlorogenic	Honey
Formic	Fe- ascorbate	Glutathione	Cinnamic	NaCl
Fumaric	Mg-ascorbate	Methionine	Coumatic	
Lactic	Na-ascorbate		Ferulic	
Malic	Erythorbic		Gallic	
Malonic	Na-erythorbate		Kojjic	
pyruvic				
Oxalic				
Oxalacetic				
Succinic				

ที่มา : Rein และ Heinonen (2004)

2.3.1.1 กรดซิตริก

กรดมะนาวหรือกรดซิตริค (Citric acid) การใช้กรดซิตริกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ใช้เพื่อปรับปรุงกลิ่น รส และสี ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น นอกจากนี้กรดยังช่วยลดอุณหภูมิที่ต้องใช้ในการแปรรูป (Shu and Johnson, 1948)

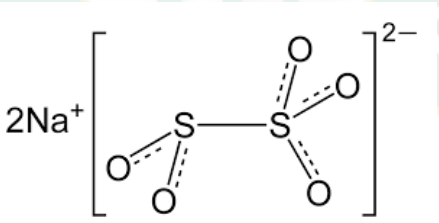


ภาพที่ 7 โครงสร้างกรดซิตริก ($C_6H_8O_7$)

ที่มา : https://chemistry.stackexchange.com/ citric-acid-deprotonated-while-the-carboxyl

2.3.1.2 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

สารประกอบซัลไฟต์เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีประสิทธิภาพดี ตัวอย่างสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการใช้กันมาก ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟต์ โปแตสเซียมซัลไฟต์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โปแตสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นต้น สารประกอบซัลไฟต์เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีความสำคัญต่อวงการอาหารมาก นอกจากจะมีการใช้เป็นวัตถุกันเสีย หรือฟอกสี หรือใช้ปรับปรุงคุณภาพแป้งแล้ว ยังมีการใช้สารประกอบซัลไฟต์เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในอาหารทั้งชนิดที่มีเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non enzymatic browning reaction) ในส่วนการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ สารประกอบซัลไฟต์จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนิลที่เกิดขึ้น ซึ่งจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการสร้างและป้องกันการเกิดรงควัตถุ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอาหารเพื่อเป็นสารกันเสีย (preservative) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารฟอกขาว (bleaching agent) (Sayavedrasoto and Montgomery, 1986; Wedzicha et al., 1987)



ภาพที่ 8 โครงสร้างโซเดียมเมตตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)

ที่มา : https://www.ambatraders.com/product/sodium-metabisulphite/

2.3.2 สารปรับกรดในผลิตภัณฑ์อาหาร

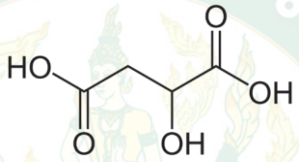
อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่ปรับกรด ตามประกาศฯ (ฉบับที่ 349) พ.ศ. 2556 หมายความว่าอาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลาย หรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อนภายหลังหรือก่อนบรรจุหรือปิดผนึก หรืออาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตและเงื่อนไขในทำนองเดียวกัน อาหารปรับกรดมีค่าพีเอช ≤ 4.6 และมี a_w > 0.85 เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่คงรูปหรือไม่คงรูป ที่สามารถป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในภาชนะบรรจุ และสามารถเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิปกติได้ (Deshwal et al., 2021)

2.3.2.1 กรดซิตริก

กรดอินทรีย์ชนิดกรดอ่อนถูกนำมาใช้ปรับความเป็นกรด ทำให้เกิดรสชาติ สามารถชะลอการเสื่อมเสียและการหืนได้ เช่น กรดแล็กติก กรดซิตริก กรดมาลิค และกรดอะซิติก ที่มีการนำมาใช้ใน น้ำสลัด เครื่องดื่ม น้ำผลไม้ และน้ำผลไม้เข้มข้น รวมทั้งเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยกรดดังที่กล่าวมาเป็นกรดอินทรีย์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ได้ในอุตสาหกรรมอาหารตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2547) ได้ประกาศไว้ในข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหารซึ่งให้ใช้ได้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามปริมาณที่กำหนดไว้ และได้มีการพบกลไกการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยกรดอินทรีย์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ได้แก่ pH ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาประสิทธิภาพของกรด เนื่องจากกรดอ่อนมากทำให้ความสามารถในการแตกตัวได้ตามค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยังยั้งจุลินทรีย์ โดยเมื่อค่า pH น้อยกว่าค่า pKa กรดอ่อนจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจึงสามารถแพร่เข้าสู่ชั้นเยื่อไขมันของเซลล์จุลินทรีย์ได้อย่างอิสระ เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วมีการแตกตัวส่งผลให้ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์จุลินทรีย์มีประมาณ anions และ protons มากขึ้น ซึ่งทำให้แบคทีเรียต้องพยายามรักษาสมดุลของเซลล์ ด้วยการขับ protons ออกจากเซลล์ซึ่งต้องใช้ ATP เซลล์จุลินทรีย์จึงสูญเสียพลังงานหรืออาจเกิดกลไกที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์โดยกรดอินทรีย์เข้าไปรบกวนโครงสร้างของเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึม และเยื่อหุ้มโปรตีนต่างๆ เช่น กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนและการผลิต ATP ลดลง ทำให้ค่า pH และ electron gradient ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติ อีกทั้ง anions ที่สะสมในเซลล์จุลินทรีย์ปริมาณมากมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ในเซลล์จุลินทรีย์ เช่น เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งการเกิดเมตาบอลิซึมของเซลล์ เกิดการสะสมสารพิษในเซลล์จาก anions รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในเซลล์ซึ่งส่งผลกับการเจริญของแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของกรดอ่อนชนิดต่างๆ สามารถเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ กรดโพรพริออนิก กรดอะซิติก กรดแล็กติก กรดซิตริก กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโดรคลอริก ตามลำดับ (Soccol et al., 2006)

2.3.2.2 กรดมาลิก

กรดมาลิกเป็นผงผลึกสีขาว ละลายได้ดีในน้ำ มีหมู่ไฮดรอกซิลสามชนิดในโครงสร้างทางเคมี พบในปริมาณที่ค่อนข้างสูงในผักและผลไม้หลายชนิด ในขณะที่มีเพียง L-isomer เท่านั้นที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (Marques et al., 2020) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจนในการทำความสะอาดโลหะ ยารักษาโรค และในการผลิตพลาสติก (Goldberg et al., 2006) แม้ว่าในขั้นต้นจะสกัดจากน้ำแอปเปิ้ล แต่ปัจจุบันกรดมาลิกถูกผลิตขึ้นโดยการสังเคราะห์ทางเคมี และการผลิตทั่วโลกอยู่ที่ประมาณ 40,000 ตันต่อปี กรดมาลิกสามารถผลิตได้โดยเชื้อรา *Aspergillus* เมื่อปลูกบนพื้นผิวที่หมักได้ พันธุวิศวกรรมถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงการผลิตกรดมาลิกโดย *Saccharomyces cerevisiae* และ *Escherichia coli* (Zelle et al., 2008)



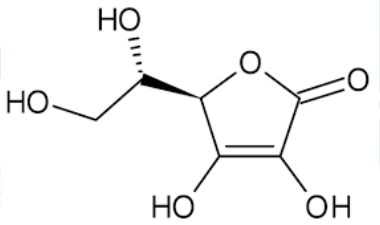
ภาพที่ 9 โครงสร้างกรดมาลิก ($C_4H_6O_5$)

ที่มา : https://www.differencebetween.com/difference-between-malic-acid-and-maleic-acid

2.3.2.3 กรดแอสคอร์บิก

กรดแอสคอร์บิก เป็นสารประกอบอินทรีย์สามารถละลายน้ำได้ เป็นกรดที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร มีความเสถียรและต้านอนุมูลอิสระ ชื่อกรดแอสคอร์บิกมาจากภาษาละติน a (ความหมายไม่) + scorbutus หมายถึงโรคเลือดออกตามไรฟัน (scurvy) โรคที่เกิดจากการขาดวิตามินซีโดยเฉพาะที่พัฒนาขึ้นในหมู่ลูกเรือและรู้จักกันดีในอดีต โรคนี้มักพบในกะลาสี ซึ่งคนไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซี ทำให้เกิดการขาดเอนไซม์ L-gulonolactone oxidase ที่มีหน้าที่ในกระบวนการเผาผลาญที่จำเป็นต่อการเปลี่ยนแปลงของกลูโคสเป็นวิตามินซี ดังนั้นการบริโภคกรดแอสคอร์บิกกับอาหารที่อุดมด้วยธาตุนี้ เช่น ผักและผลไม้ จึงมีความจำเป็น (Ferro-Luzzi et al., 1994) ลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของกรดแอสคอร์บิก คือความสามารถในการรีดิวซ์ ในที่ที่มีออกซิเจน นอกจากนี้วิตามินซีสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระจับปฏิกิริยาลูกโซ่ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น โรคมะเร็งช่องปาก และระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น (Liao and Seib, 1988) ช่วยรักษาองค์ประกอบสำคัญอื่นๆ ให้คงที่ เช่น วิตามินเอ วิตามินอี กรดโฟลิก และไทอามีน ในสิ่งมีชีวิตและอาหาร กรดแอสคอร์บิกยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันและการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ระหว่าง

การเก็บรักษา (Varvara et al., 2016) กรดแอสคอร์บิกช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ โดยการรีดิวซ์ออร์โท-ควิโนน มีบทบาทช่วยลดกิจกรรมของ dough conditioner ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน กำจัดอนุมูลอิสระ และกำจัดออกซิเจน ป้องกันไม่ให้สารอื่นถูกออกซิไดซ์ ยับยั้งการเกิดไนโตรซามีนในเนื้อหมัก (cured meat) กรดแอสคอร์บิกใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันทั้งในสารละลายที่เป็นน้ำและเป็นอิมัลชัน หากมีน้ำมันมากต้องใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับวิตามินอี เช่น ใช้แอลฟา-โทโคเฟอรอลร่วมกับแอสคอร์บิลปาลมิเทตจะให้ผลดีในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ เพราะแอสคอร์บิลปาลมิเทตเสริมฤทธิ์กับแอลฟา-โทโคเฟอรอลและสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารประกอบฟีนอลอื่นๆ (phenolic antioxidant) (Arrigoni and De Tullio, 2002)

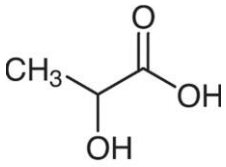


ภาพที่ 10 โครงสร้างกรดแอสคอร์บิก ($C_6H_8O_6$)

ที่มา : https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/meds/a682583-es.html

2.3.2.4 กรดแลคติก

กรดแลคติก เป็นกรดอินทรีย์มีชื่อทางเคมีว่า 2-hydroxypropanoic acid ประกอบด้วยหมู่แอลกอฮอล์ (OH) และหมู่คาร์บอกซิลิก (COOH) มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี และมีการระเหยต่ำ โดยทั่วไปกรดแลคติกจะพบอยู่ ในรูป L(+) –lactic acid และ D(-)-lactic acid ซึ่งต่างก็เป็นไอโซเมอร์กันและกัน การผลิตกรดแลคติกสามารถผลิตได้โดยกระบวนการทางเคมี และกระบวนการหมัก กรดแลคติกถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำกรดแลคติกมาใช้ในการปรับความเป็นกรด-ด่างของอาหาร และเติมแต่งกลิ่นของอาหาร เป็นบัฟเฟอร์ หรือใช้ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย เนื่องจากกรดแลคติกให้รสเปรี้ยวเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นรุนแรง (Anuradha et al., 1999)



ภาพที่ 11 โครงสร้างกรดแลคติก ($C_3H_6O_3$)

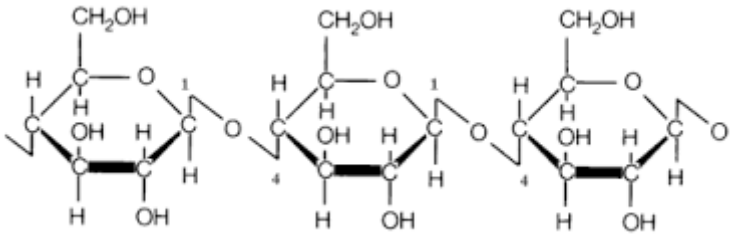
ที่มา : https://www.tcichemicals.com/TH/en/p/L0226

2.3.3 สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร

สารให้ความคงตัวมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ เป็นผลมาจากการเกิดพันธะไฮโดรเจน และการสร้างร่างแหสามมิติในส่วนของเหลว ทำให้น้ำไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา ชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็ง นอกจากนี้ยังช่วยให้ส่วนผสมมีความข้นหนืด ให้ความมันเมื่อบริโภค และการป้องกันการแยกตัวของน้ำ ชนิดและปริมาณของสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นกับส่วนประกอบธรรมชาติของส่วนประกอบ ตัวแปรในกระบวนการผลิต และอายุการเก็บรักษา ชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ (Garti and Reichman, 1993) ได้แก่

2.3.3.1 Carboxymethyl cellulose (CMC)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (Carboxymethyl cellulose, CMC) หรือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethylcellulose) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) คือพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (Modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล (Sebayang and Sembiring, 2017) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา ซักฟอก สี กาว สิ่งทอ กระดาษ และเซรามิก เนื่องจากซีเอ็มซีมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตราย ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ สำหรับการใช้ประโยชน์คาร์บอกซิเมธิลเซลลูโลสในอุตสาหกรรมอาหาร จะใช้เป็นสารให้ความหนืดในไอศกรีม ใช้เป็นสารเคลือบผิวแคปซูลยาหรือเป็นสารก่อเจลทางด้านเภสัชกรรม เป็นต้น (Riaz et al., 2020)

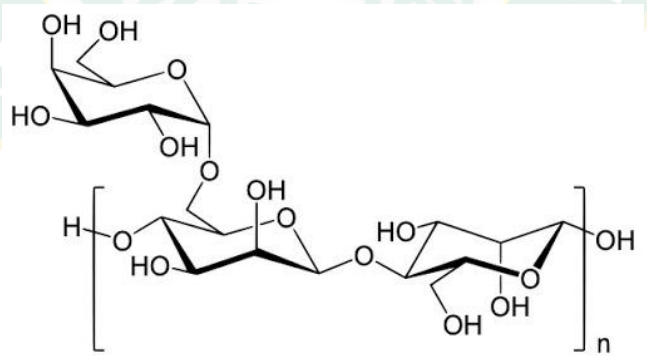


ภาพที่ 12 โครงสร้าง Carboxymethyl cellulose (CMC)

ที่มา : http://th.guoyucmc.com/news/the-structure-and-characteristic-of-cmc-15793407.html

2.3.3.2 กัวร์กัม (guar gum)

กัวร์กัม ได้มาจากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดจากต้น guar (*cyamopsis tetragonolobus*) ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่ว กัวร์กัมไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่อุ้มน้ำ และกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และให้ความหนืดสูงสุดภายหลังเวลานาน 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้น การกวน และขนาดอนุภาค การใช้กัวร์กัมทำให้ลักษณะเนื้อที่มีความข้นมาก แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะเป็นเมือกและยาง (Carlson et al., 2016)



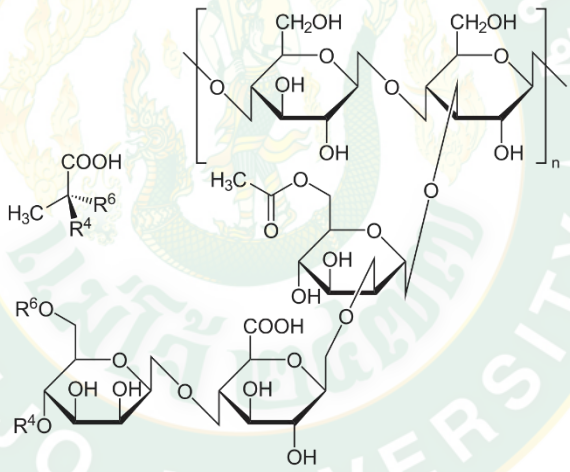
ภาพที่ 13 โครงสร้าง Guar gum

ที่มา : http://www.dichem.net/Guar_Gum.html

2.3.3.3 แซนแทนกัม (xanthan gum)

เป็นโครงสร้างเชิงซ้อนของ exopolysaccharide มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีแทนถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท แต่โดยทั่วไปนำมาใช้ในเครื่องปรุงรส เช่น น้ำสลัด

ซอส แยม และผลไม้กระป๋อง ช่วยให้เกิดความหนืดและช่วยรักษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีการนำไปใช้ในการทำไอศกรีมเพื่อรักษาเนื้อสัมผัสที่นุ่มลื่น และป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง สามารถนำมาใช้แทน gluten ในผู้เป็นโรคเซลีแอคได xanthan gum เป็น hetero-polysaccharide ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงตั้งแต่หนึ่งถึงหลายล้านดาลตัน โดยสายหลักเป็นโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส มีกิ่งก้านของโครงสร้าง (side chain) เป็น trisaccharide ที่ประกอบด้วย alpha-D-mannose (acetyl group), beta-D-glucuronic acid และส่วนปลาย (terminal) เป็น beta-D-mannose เชื่อมต่อกับ pyruvate group ซึ่ง xanthan gum ที่ผลิตจากเชื้อต่างชนิด หรือสภาวะแตกต่างกันจะมีปริมาณหมู่ไพรูวิลแตกต่างกัน โดย monosaccharides ที่พบใน xanthan gum ในหนึ่งหน่วยประกอบด้วย beta-D-glucose, alpha-D-mannose และ alpha-D-glucorunic acid ในอัตราส่วน 2:2:1 xanthan gum สามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูงแม้ใช้ความเข้มข้นต่ำ (Habibi and Khosravi-Darani, 2017)



ภาพที่ 14 โครงสร้าง xanthan gum

ที่มา : https://www.laboratoriumdiscounter.nl/en/xanthan-extra-pure.html

2.3.4 สารปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์อาหาร

สารปรุงแต่งกลิ่นควันถือเป็นสารเติมแต่งที่มีต้นกำเนิดจากธรรมชาติจากไม้ เป็นผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวด้วยความร้อนในสภาวะทางกายภาพที่ควบคุมได้ (อุณหภูมิ และออกซิเจน) ด้วยการควบแน่นควันสองเฟส (น้ำและทาร์) (Porter et al., 1965) เนื่องจากไม้หลายชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน (ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และอัตราส่วนระหว่างกัน) และสภาวะของไพโรไลซิส รวมถึงวิธีการแปรรูปอาจแตกต่างกันไป องค์ประกอบทางเคมี

ของกลิ่นควัน จึงแปรผันตามธรรมชาติ ความแปรปรวนของวัตถุดิบ และกระบวนการหลายขั้นตอนในการเตรียมกลิ่นควัน ส่งผลให้เกิดความซับซ้อนขององค์ประกอบทางเคมี ส่วนผสมของสารระเหยจำนวนมาก และสารที่ไม่ระเหยของโครงสร้างต่างๆ มี phenol syringol และ guaiacol เช่นเดียวกับคาร์บอนิล และสารประกอบอื่นๆ (ในฐานะอนุพันธ์ของ catechol และแนฟทาลีน (Guillén and Manzanos, 2002)

2.3.4.1 ควันเหลว (liquid smoke)

เป็นกลิ่นควันที่อยู่ในรูปของเหลว เพื่อให้กลิ่นรสของควันไฟกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน ปลา โดยใช้พ่นบนผิวของผลิตภัณฑ์ ใช้แทนการรมควัน (smoking) จากการเผาไม้เนื้อแข็ง ควันเหลวเตรียมได้จากไม้เนื้อแข็งซึ่งประกอบด้วย สารระเหยได้และมีสารประกอบฟีนอล (phenol) กรดอินทรีย์ (organic acid) สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compound) และแอลกอฮอล์ (alcohol) อย่างไรก็ตามควันเหลวต้องไม่มีสารพวกพอลิไซลิกไฮโดรคาร์บอนโดยเฉพาะเบนโซเอไพรีน ในการใช้ควันเหลวควรเจือจางกับน้ำ หรือน้ำส้มสายชู หรือกรดซิตริก ก่อนพ่นลงบนผลิตภัณฑ์ (Simon et al., 2005)

2.3.4.2 ควันผง

ควันผง ประกอบด้วยสารเคมีต่างๆมากกว่า 200 ชนิด ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อนซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิด กลิ่นรสและการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ (Müller, 2007) ดังนี้

ตารางที่ 4 สารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในควัน

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ppm)
ฟอร์มัลดีไฮด์	25 -40
กรดฟอร์มิก	90-125
กรดอะซิติก	460 - 500
ฟีนอล	20 - 30
คีโตน	190 - 200
เรซินและแวกซ์	> 1000

ที่มา : Müller (2007)

องค์ประกอบที่สำคัญในควันที่มีผลต่อการถนอมและช่วยให้เกิดกลิ่นรสขึ้นในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ฟีนอล (phenols) และฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) สารประกอบพวกฟีนอลจะทำหน้าที่เป็นตัว

ป้องกันการเกิดการเหม็นหืน (antioxidant) และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ส่วนฟอร์มัลดีไฮด์จะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์บนชิ้นเนื้อและผลิตภัณฑ์ (Müller, 2007)

2.3.4.3 การรมควัน

การรมควัน เป็นการใช้ความร้อนและควันไฟควบคู่กันไปเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและมีกลิ่นรสของควันไฟ ซึ่งในการรมควันนั้นต้องให้ควันแทรกซึมเข้าไปในเนื้อได้ทั่วถึง จึงต้องมีการควบคุมปริมาณควันให้พอเหมาะ ควันที่ใช้ในการรมควันเป็นสารผสมเชิงซ้อน ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากสำหรับการผลิตอาหารรมควัน เพื่อให้อาหารเกิดสีเกิดกลิ่น และเก็บได้นาน โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ มักทำร่วมกับการหมักเกลือและการทำให้สุก ในอดีตการรมควันอาหารมักใช้เวลานานเพื่อให้อาหารมีคุณสมบัติตามที่ต้องการสามารถเก็บได้นาน (Daramola et al., 2007) ซึ่งวัตถุประสงค์ของการรมควัน ได้แก่

- ให้กลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรมควัน จะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวจากควันไม้ชนิดต่างๆ
- ป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยควันไฟมีสารพวกฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) และฟีนอล (phenol) ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์นอกจากนี้เนื้อที่ผ่านการรมควันจะมีผิวแห้งทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการความชื้นสูงเจริญได้ไม่ดี
- ป้องกันการหืนของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากควันไฟมีสารฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติการเป็นสารกันหืน

2.4 ความเป็นกรดด่างในอาหาร

จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียมีช่วงการเจริญที่ความเป็นกรดด่างต่างกันขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเจริญได้ในช่วงความเป็นกรดด่าง 6.0-8.0 หรือยีสต์เจริญได้ในช่วงความเป็นกรดด่าง 4.5-6.0 ส่วนราเจริญได้ในช่วงความเป็นกรดด่าง 3.5-4.0 อย่างไรก็ตามแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่าแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ความเป็นกรดด่างของอาหารมีผลต่อการเจริญ และชนิดของจุลินทรีย์ รวมถึงลักษณะการเน่าเสีย (Mcglynn, 2003) อาหารเป็นออกไปเป็นกลุ่มตามค่าความเป็นกรดด่าง ดังนี้

1. อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ มีค่าพีเอชสูงกว่า 4.6
2. อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง มีค่าพีเอชระหว่าง 6.5-7.5
3. อาหารที่มีความเป็นกรดสูง มีค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6

ทั้งนี้น้ำพริกหนุ่มมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.0 และมีค่า a_w > 0.85 ดังนั้นจึงจัดให้เป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งเสื่อมเสียง่ายจึงต้องมีการปรับกรดให้มีค่าพีเอสต่ำกว่า 4.6 เพื่อให้น้ำพริกหนุ่มมีความปลอดภัยต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และมีอายุเก็บรักษายาวนานขึ้น

2.5 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร

อาหารเน่าเสียมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือหลายสาเหตุ คุณสมบัติของอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลง คือ อาหารมีลักษณะนิ่ม หรือมีกลิ่นรสผิดปกติ การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือเกิดจากสาเหตุทางเคมี และเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์นอกจากนี้การเน่าเสียอาจมีสาเหตุทางกายภาพ เช่น การบรรจุและขนส่ง ทำให้วัตถุดิบแตกหัก มีรอยช้ำ รอยขีดข่วนฉีกขาดของเซลล์ที่ผิวและเนื้อเยื่อของอาหาร (Gram et al., 2002)

2.5.1 เอนไซม์

เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ที่ทำหน้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร ทำให้อาหารเกิดการย่อยสลายตัวเอง เช่น ย่อยน้ำตาลโปรตีนและไขมัน ในผักและผลไม้เอนไซม์จะทำให้ผักและผลไม้สุกนิ่ม เละสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส (Rajmohan et al., 2002)

2.5.1.1 โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase: PPO)

ชื่อตามระบบ คือ o-diphenol: oxygen oxidoreductase มีชื่อสามัญต่าง ๆกัน ซึ่งเรียกตามชื่อสับสเตรต เช่น ไทโรซิเนส (tyrosinase) โพลีฟีนอลเลส (polyphenolase) ฟีนอลเลส (phenolase) แคเทคอลออกซิเดส (catechol oxidase) และแคเทคอลเลส (catecholase) โพลีฟีนอลออกซิเดสใช้ในการบ่มชา กาแฟ ยาสูบ เพื่อให้เกิดสีน้ำตาล (Whitaker, 1995) แต่เอนไซม์ชนิดนี้ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ เพราะจะมีผลต่อคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส และทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง เมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดบาดแผล เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสัมผัสกับออกซิเจนกระตุ้นให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเพิ่มมากขึ้น เร่งปฏิกิริยาออร์โท-ไฮดรอกซิเลชัน (ohydroxylation) ของโมโนฟีนอล (monophenol) เปลี่ยนไปเป็นออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) และเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนออร์โท-ไดฟีนอลเป็นออร์โท-ควิโนน (o-quinone) ซึ่งออร์โท-ควิโนน จะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ หรืออาจรวมตัวกับกรดอะมิโนที่เป็นอิสระ หรือกลุ่มอะมิโนของโปรตีนกลายเป็นสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) (Queiroz et al., 2008; Uenal et al., 2010)

การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของโพลีฟีนอลออกซิเดส การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการ (Yoruk and Marshall, 2003) ดังต่อไปนี้

1) การลด O_2 (molecular oxygen) หรือการกำจัดสับสเตรต (substrate limitation) จะไปลดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

2) การเติมสารรีดิวซ์ (reducing agents) ซึ่งจะช่วยป้องกันการสะสม (accumulation) หรือสร้างโพลีเมอร์ (polymerization) ของออร์โท-เบนโซควิโนน (o-benzoquinone) ตัวอย่างสารรีดิวซ์ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ไปรีดิวซ์ออร์โท-เบนโซควิโนนกลับไปเป็นออร์โท-ไดฟีนอลทันทีที่ออร์โท-เบนโซควิโนนถูกสร้างขึ้น ดังนั้น ปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะไม่เกิด

3) การเติมสารประกอบจับโลหะ (metal complexing agents) เช่น NaF, Azide ซึ่งจะยับยั้งปฏิกิริยาโดยจับกับ essential copper ซึ่งเป็น prosthetic group ของเอนไซม์

4) การให้ความร้อน จะทำให้โปรตีนในเอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ

2.5.2 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก พบกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร รวมทั้งตามมือ และทางเดินอาหารของคนและสัตว์ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารสามารถแบ่งออกได้ตามหน้าที่ของจุลินทรีย์ คือกลุ่มที่ก่อให้เกิดประโยชน์กับอาหาร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับอาหารในลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น กระบวนการหมัก (fermentation) น้ำนมถูกเปลี่ยนไปเป็นเนยแข็ง (cheese) น้ำตาลถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และผักเปลี่ยนเป็นผักดอง กลุ่มที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพของผู้บริโภคทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisioning) เกิดจากร่างกายได้รับสารพิษ ซึ่งอาจพบได้ในพืช สัตว์และผลผลิตจากจุลินทรีย์ โรคติดเชื้อในอาหาร (food infection) เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียเข้าไปในร่างกาย และกลุ่มที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารที่ผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้ทั้งในแง่ของสีกลิ่น รสชาติเนื้อสัมผัสและรูปลักษณะของอาหาร (Bower and Daeschel, 1999)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร

1) แหล่งไนโตรเจนและคาร์บอน

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถใช้โปรตีนเป็นทั้งแหล่งไนโตรเจน และแหล่งคาร์บอน เช่น แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายโปรตีน (proteolytic bacteria) สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบเล็กน้อยหรือไม่มี โดยแบคทีเรียนี้จะย่อยสลายโปรตีนให้ได้เป็นกรดอะมิโน สำหรับคาร์บอนเป็นส่วนประกอบของไซโทพลาซึม เอนไซม์ ผนังเซลล์ และส่วนอื่นๆของเซลล์ จุลินทรีย์สร้างพลังงานขึ้นมาจากการเผาผลาญสารประกอบคาร์บอนโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน แหล่งคาร์บอนที่จุลินทรีย์ทั้งยีสต์ ราและแบคทีเรียใช้ได้ง่ายคือ น้ำตาลกลูโคส

2) แร่ธาตุ

แร่ธาตุเกี่ยวข้องกับระบบเอนไซม์ แร่ธาตุบางชนิดทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) เช่น แมงกานีส แมกนีเซียม และสังกะสีเป็นโคเอนไซม์ในกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) แร่ธาตุในกลุ่มอโลหะ (nonmetallic elements) เช่น ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของแหล่งพลังงานที่เรียกว่า ATP (adenosine triphosphate)

3) ความชื้น

ความชื้นเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร น้ำมีอยู่หลายสภาพด้วยกัน เช่น สภาพอิสระ (free water) สภาพที่จับอยู่กับโมเลกุลของอาหาร (bound water) ถ้าทำให้น้ำอิสระลดลงมาระดับหนึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ เช่น ผักต้องปรับให้ความชื้นต่ำประมาณ 35% ในขณะที่ผลไม้ต้องปรับความชื้นเพียง 15-20% เนื่องจากในผลไม้มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าในผักเมื่อความชื้นของผลไม้ลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกันบูด (preservative agent) ไปในตัว

4) ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity: a_w)

ค่ากิจกรรมของน้ำของน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1.00 อัตราการเจริญของเติบโตของแบคทีเรียเร็วกว่าของยีสต์ หรือเชื้อรา กรณีอาหารมีค่ากิจกรรมของน้ำสูงจะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรีย ในทางตรงกันข้าม ถ้าอาหารถูกควบคุมค่ากิจกรรมของน้ำให้ลดลง สาเหตุการเสื่อมเสียอาหารชนิดนั้นจะเนื่องมาจากเชื้อรา ตามปกติจุลินทรีย์มีค่ากิจกรรมของน้ำที่สูงสุด (maximum) เหมาะสม (optimum) และต่ำที่สุด (minimum) วิธีการหนึ่งในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์คือการปรับค่าของค่ากิจกรรมของน้ำในอาหารให้มีค่าต่ำกว่าค่ากิจกรรมของน้ำต่ำที่สุด ที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเจริญได้ค่ากิจกรรมของน้ำในอาหารที่มีความปลอดภัยในระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 0.70 หรือต่ำกว่าแม้อาหารจะถูกควบคุมโดยปรับค่ากิจกรรมของน้ำให้ต่ำ เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ยอมให้ประจุของไฮโดรเจน (H^+) หรือประจุไฮดรอกซิล (OH^-) ผ่านเข้าออกได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์มีระบบบัฟเฟอร์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างจึงทำให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียง 7.0 จุลินทรีย์มีความต้องการค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของมันแยกออกเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด (minimum pH) ที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต (optimum pH) และค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญอยู่ได้ (maximum pH) แบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตใกล้ 7.0 แบคทีเรียบางสายพันธุ์สามารถเจริญได้ในสภาพที่ค่อนไปทางกรด เช่น

Lactobacillus และ Streptococcus แบคทีเรียบางชนิดสามารถเจริญได้ในสภาพที่ค่อนไปทางด่าง เช่น Pseudomonas ในแง่ของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของอาหาร ชนิดของกรดในอาหารเป็นสิ่งจำเป็นในการพิจารณา โดยกรดนั้นอาจเป็นกรดธรรมชาติที่มีอยู่เดิมในอาหาร กรดที่เติมลงไปในอาหาร หรือกรดที่ถูกสร้างขึ้นมาในอาหารเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ หรือจุลินทรีย์

2.6 การฆ่าอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทด้วยความร้อน

การฆ่าอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทด้วยความร้อน เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากการเสื่อมเสียเนื่องจากเอนไซม์ และจุลินทรีย์ในอาหาร ในการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเหลืออยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงพอสมควร จึงทำให้อาหารนั้นมีอายุการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในระดับการค้า (commercial sterility) (Ibarrola et al., 1998)

2.6.1 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)

เป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยใช้ อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป เพื่อทำลายเซลล์จุลินทรีย์ทุกชนิด (vegetative cell) และสปอร์ (spore) ของจุลินทรีย์ ซึ่งคำว่า สเตอริไลซ์นั้นมีความหมายว่าการทำลายเชื้อทั้งหมด ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณ ค่าทางโภชนาการของอาหารลักษณะเนื้อสัมผัส สีและกลิ่นรสของอาหารด้วย ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท จะใช้ความร้อนที่เรียกว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) ซึ่งจะต้องมีระดับที่เพียงพอในการทำลาย หรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์หลัก ได้แก่ 1. จุลินทรีย์ชนิดเป็นพิษ รวมถึง *Clostridium botulinum* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดอื่น ๆ ในอาหาร ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค 2. จุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ส่วนสปอร์จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่นั้นต้องไม่เจริญภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (Sevenich et al., 2014)

2.6.3 ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์

ความต้านทานความร้อนของยีสต์และสปอร์ของยีสต์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และเชื้อยีสต์ ตามปกติเซลล์จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนเปียกที่อุณหภูมิ 50-58 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที ส่วน ascospore จะถูกทำลายด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าเซลล์ปกติประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส โดย ascospore ส่วนใหญ่จะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที แต่ก็มี ascospore บางชนิดสามารถทนความร้อนดังกล่าวได้ ถ้าใช้ความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะสามารถทำลายเซลล์และสปอร์ของยีสต์ทุกชนิดได้ แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้ความร้อนระดับพาสเจอ

ไรซ์ (อุณหภูมิ 62.8 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีหรือ 71.7 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที) เชื้อราส่วนใหญ่และสปอร์ของราถูกทำลายได้ด้วยความร้อนเปียกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที กรณีความร้อนแห้ง สปอร์ของราสามารถทนต่อความร้อนได้ค่อนข้างดี ความต้านทานความร้อนของเซลล์แบคทีเรียมีความแตกต่างที่กว้างมากตามสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย สำหรับกรณีของสปอร์โดยทั่วไปแล้วสปอร์ของแบคทีเรียที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม และอุณหภูมิที่สูงสุด สำหรับการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูงจะมีความสามารถในการต้านทานต่อความร้อนสูงกว่าสปอร์ของแบคทีเรียที่มีอุณหภูมิดังกล่าวอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า (André et al., 2017; Den Besten et al., 2018)

2.7 บรรจุภัณฑ์แก้ว

บรรจุภัณฑ์แก้วใช้วัถุดิบที่สำคัญในการผลิตได้แก่ ทรายแก้ว (silica sand) โซดาไฟหรือโซดาแอช (soda ash) หินปูน (calcium oxide) หินฟันม้า และแร่ธาตุอื่นที่ประกอบด้วย ออกไซด์ของซิลิคอนหรืออลูมิเนียม (SiO_2, Al_2O_3) เศษแก้วที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (cullet) บรรจุภัณฑ์แก้วมีข้อดีในการนำมาใช้บรรจุอาหาร คือความใส ทำให้เห็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน และปลอดภัยในการใช้กับอาหาร มีความทนทานต่อการกัดกร่อนทางเคมีที่อุณหภูมิห้องปกติ บรรจุภัณฑ์แก้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ขวดปากแคบ และขวดปากกว้าง เส้นผ่านศูนย์กลางของขวดปากแคบจะอยู่ระหว่าง 27-35 มิลลิเมตร ส่วนขวดปากกว้างจะอยู่ระหว่าง 53-110 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้สำหรับบรรจุเพื่อการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงเป็นส่วนใหญ่ (Hanlon and Kelsey, 1998)

2.7.1 การปิดบรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว (closures for glass containers)

ฝาปิดขวด (closure หรือ cap) เป็นส่วนประกอบในการรักษาการปิดผนึกแบบที่เรียกว่า hermetic seal ซึ่งหมายถึงป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนย้อนกลับเข้าไปในผลิตภัณฑ์หลังจากการปิดผนึก และในระหว่างกระบวนการผลิต ฝาปิดขวดแก้วมักมีวัสดุรองหรือสารเคลือบฝาด้านใน เพื่อทำหน้าที่อัดแน่นหรือเชื่อมประสานระหว่างปากขวดแก้วกับตัวฝา ฝาปิดที่ใช้เป็นฝาบิดเปิด (twist-off, lug type) เป็นฝาที่นิยมใช้กันมากทำจากโลหะ มีส่วนของขอบด้านในฝาที่มีลักษณะคล้ายติ่งเรียกว่า ลัก (lug) แสดงดังภาพที่ 15 ยื่นเข้าหาปากขวด จำนวนลักที่ฝาและปากขวดขึ้นอยู่กับขนาดของปากขวด ขนาดทั่วไปจะมีลักจำนวน 4 จุด มีสารเคลือบรองใต้ฝา (plastisol) เพื่อช่วยในการปิดผนึกแบบปิดสนิท (Robertson, 2005)

ภาพที่ 15 ฝาลัก

ที่มา : https://www.indiamart.com/proddetail/lug-caps-20725183755.html

2.7.2 ความสำคัญของภาวะสุญญากาศต่อการปิดผนึกที่ดี

ขวดแก้วที่นำมาบรรจุอาหารต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทั้งอาหารที่เป็นกรดและอาหารที่เป็นกรดต่ำ การสร้างความเป็นสุญญากาศภายในขวดแก้วทำได้โดยการใช้เครื่องปิดฝาขวดชนิดสุญญากาศ (vacuum capper) หรือการใช้ไอร้อน (steam) พ่นเข้าไปในขวดก่อนปิดฝา (Soroka, 2002)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะสุญญากาศ ได้แก่

1. ช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ (headspace) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อสุญญากาศและการปิดสนิท ช่องว่างต้องเพียงพอต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ขณะให้ความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 6% ของปริมาตรภาชนะบรรจุ ณ อุณหภูมิที่ปิดผนึก ในกรณีการฆ่าเชื้ออาหารที่เป็นกรด (pH < 4.6) ปริมาตรอาจไม่จำเป็นต้อง 6% ของปริมาตรของภาชนะบรรจุ เนื่องจากการฆ่าเชื้ออาหารที่เป็นกรดจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอาหารที่เป็นกรดต่ำ

2. อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ขณะปิดฝา (product sealing temperature) มีผลต่อระดับความเป็นสุญญากาศภายในขวดแก้วภายหลังจากการฆ่าเชื้อ หากอุณหภูมิของอาหารขณะปิดผนึกสูงจะทำให้ระดับความเป็นสุญญากาศสูงตามไปด้วย

3. อากาศในผลิตภัณฑ์ (air in the product) อากาศที่หลงเหลืออยู่ภายในอาหารก่อนและระหว่างการปิดบรรจุจะมีผล ควรให้มีอากาศเหลือในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arroyo-López และคณะ (2008) ศึกษาผลของการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก และโซเดียมคลอไรด์ ต่อคุณภาพด้านสีของของผลมะกอกตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถรักษาคุณภาพสีของผลมะกอกตัดแต่งพร้อมบริโภคให้เขียวสดคงเดิม และยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี

Charoenphun และ Puttha (2020) ได้ศึกษาใช้กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ในการยับยั้งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแก่นตะวันสดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่ากรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของสีเขียวสดในแก่นตะวันตัดแต่งพร้อมบริโภค ไม่ให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ

Saowakon และคณะ (2011) ศึกษาผลของความร้อนและค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการยับยั้งสปอร์ของเชื้อ *Clostridium sporogenes* ในผลิตภัณฑ์หน่อไม้ลวกต้มบรรจุถุง พบว่า การปรับด้วยกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก ทำให้หน่อไม้มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ กว่า 4.5 ได้ ผลการตรวจนับสปอร์ของ *C. sporogenes* มีแนวโน้มลดลงหลังการให้ความร้อน และการใช้ความร้อนร่วมกับการปรับกรดทำ ให้ค่า D (Decimal Reduction Time) และ TDT (Thermal death time) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ค่า D และ TDT ของหน่อไม้ที่ปรับค่าความเป็นกรดต่ำกว่ากรณีไม่ปรับค่าความเป็นกรดถึงร้อยละ 40-50 ($p<0.05$)

Srikram และคณะ (2019) พัฒนาสูตรซอสพริกบรรจุขวดฆ่าเชื้อโดยใช้ พริก 35% น้ำตาล 17% กระเทียม 15% น้ำส้มสายชู 18% น้ำ 12.6% เกลือ 2% และแซนแทนกัม 0.4% พบว่าสูตรข้างต้นรับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ซอสพริก การฆ่าเชื้อซอสพริกด้วยการต้มที่ 90±2°C15 นาที แล้วบรรจุขณะร้อน สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม และอีโคไลให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขเมื่อเก็บรักษาซอสพริกที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) และอุณหภูมิตู้เย็น (4±1°C) นาน 30 วัน

Parshakova และคณะ (2007) พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมแคลอรี่ต่ำจากแอปริคอต เชอร์รี่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ และฟักทองโดยเติมสารให้ความคงตัว คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และกัวร์กัม ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.12 พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวมากขึ้น และสามารถลดค่าร้อยละปริมาณน้ำที่เยิ้มออกมา (syneresis) ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการใช้ CMC กัวร์กัม และแซนแทนกัม สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้

Wannapa และคณะ (2020) ศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เยลลี่ทุเรียนที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล พบว่าสารก่อเจลผสมระหว่างคาราจีแนน โลคัสบีนกัม และ แซนแทนกัม ที่ปริมาณร้อยละ 1.02 ของปริมาตรส่วนผสมน้ำทุเรียน ปริมาณสารก่อเจลผสม

ดังกล่าวทำให้เจลแข็งแรงและยืดหยุ่นมากขึ้น รวมถึงความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เจลมีความสามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในเจลได้ดี จึงทำให้เกิดการขับน้ำออกจากเจล (% syneresis) ลดลง

Ammar และคณะ (2015) ศึกษาผลของการเติมของเหลวควันและผงลงในนมแพะต่อคุณภาพของชีส Domiatti โดยการเติมของเหลวควัน 0.4, 0.5 และ 0.6% หรือผงควัน 0.75, 1.00 และ 1.25% ลงในนมแพะ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเติมวัสดุควันลดเวลาในการแข็งตัวของเต้าหู้และเพิ่มค่า syneresis ของนมแพะ ในชีสรมควันโดยเติมของเหลวควัน 0.4 และ 0.5% (50%) หรือผงควัน 0.75% ให้รสชาติรมควันที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดในชีส Domiatti

Orasa และคณะ (2011) ศึกษาความต้องการผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ 78.50% สนใจผลิตภัณฑ์หอยนางรมรมควัน เนื่องจากอยากทดลองบริโภคและมีความแปลกใหม่ การรมควันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น ๆ เนื่องจากแม้ว่าจะได้รับคะแนนความชอบ กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างจากสภาวะการรมควันอื่น แต่มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงกว่าภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีคุณภาพทางเคมี ทั้งปริมาณชื้น และ Aw ต่ำกว่าสภาวะการรมควันอื่นเช่นกัน โดยมีค่าร้อยละ 59.00 และ 0.980 ตามลำดับ ในขณะเดียวกันคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด มีจำนวน 3.23 log cfu/กรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานอาหารรมควันที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 7.0 log cfu/กรัม)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

1.1 พริกหนุ่ม

2. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, LA2035, Germany)

2.2 SPME-GC-MS

2.3 เครื่องวัดค่า water activity (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.)

2.4 เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab , ColorFlex® EZ. U.S.A.)

2.5 บีกเกอร์ ขนาด 60, 100, 250 และ 600 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

2.6 เครื่องพีเอชมิเตอร์ (FiveEasy plus, METTLER TOLEDO, Switzerland)

2.7 เครื่องวัดของแข็งที่ละลายได้ (hand refractometer) รุ่น TAMCO ช่วง 0-90 องศาเซลเซียส ประเทศญี่ปุ่น

2.8 หม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok)

2.9 เครื่องผสม (Model FDP302SI, Kenwood, Tokyo)

2.10 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model α5000, Sony, Tokyo)

2.11 เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA T-25 Ultra Turrax Homogenizer, Dispersers, Germany)

2.12 กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK)

3.1 ตอนที่ 1 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยาม ขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำพริกหนุ่มมาล้างน้ำสะอาด ก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลาย 1 : 5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายข้างต้นมาอบด้วยหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 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 หลังจากนั้นบดผสมให้เข้ากันจนได้เป็นน้ำพริกหนุ่มแล้วนำไปบรรจุใส่ถุงโพลีเอททีลีนปิดสนิทแบบสุญญากาศ นำน้ำพริกหนุ่มที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพต่อไป

1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

1.2.1 วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

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

1.2.2 วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต

คำนวณหาร้อยละผลผลิตของพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ เพื่อปรับปรุงคุณภาพสี โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่ม และน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ตามสมการดังนี้

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

1.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

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

1.2.4 วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ 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^* โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

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

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

1.2.5 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาหาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Water activity (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.) ใช้ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 1 กรัม ใส่ลงในเซลล์ของเครื่องเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ที่อุณหภูมิ 25 ºC

1.2.6 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำพริกหนุ่มไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามวิธีของ Simpson และคณะ (2012) 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)

1.2.7 ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (%water release)

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยตามวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) โดยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัมในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (\%water release)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

1.2.8 วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

วิเคราะห์หาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ Ferrarini และคณะ (2020) ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธีการกลั่น ชั่งตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มประมาณ 2 กรัม ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร ต่อเข้าชุดกลั่นก่อนเติมมีสารละลาย 0.3 % ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 10 มิลลิลิตร และเติม methylene blue indicator 1 หยดได้สารละลายสีเขียว หลังจากนั้นกลั่นโดยใช้ความร้อนจากตะเกียงเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำสารละลายที่เก็บได้ไตเตรทกับ 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แล้วจึงนำปริมาตรของ NaOH ที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม โดยคำนวณด้วยสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ (mg/kg)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH (ml) X ความเข้มข้น NaOH (N) X 32.03 X 1000}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

1.3 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 lnc, Chicago IL USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 ตอนที่ 2 การศึกษาผลของกรดอินทรีย์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยามขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาด นำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลาย 1:5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายข้างต้นมาอบในหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่

อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาลอกเปลือกนอกออก ก่อนนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ในเครื่องผสม (Model FDP302SI, Kenwood, Tokyo) โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ พริกหนุ่ม 100 กรัม ซีอิ๊วขาว 1.8 กรัม ผงปรุงรส 1.2 กรัม ผงชูรส 0.2 กรัม และเกลือป่น 0.5 กรัมปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ให้มีค่าพีเอช ≤ 4.6 บรรจุในขวดแก้วนำไปต้มน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

2.2.1 วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model α5000, Sony, Tokyo)

2.2.2 วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต

การคำนวณหาร้อยละผลผลิตของพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่มและน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นรวมกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ดังนี้

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

2.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05, 984.13 และ 935.5 ตามลำดับ (AOAC, 2000) ส่วนค่าร้อยละปริมาณปริมาณคาร์โบไฮเดรตหาได้จากการนำค่าหนึ่งร้อยมาหักลบกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (ร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน)

2.2.4 วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก 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* โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

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

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

2.2.5 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก มาหาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดค่า Water activity (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.) ใช้ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในเซลล์ของเครื่องเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ที่อุณหภูมิ 25 ºC

2.2.6 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ตามวิธีของ Simpson และคณะ (2012) โดยทำการนำน้ำพริกหนุ่มมา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปโฮโมจรไนส์เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA T-25 Ultra Turrax Homogenizer, Dispersers, Germany) แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (FiveEasy plus, METTLER TOLEDO, Switzerland)

2.2.7 วิเคราะห์ร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก มาวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ ตามวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) โดยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัมในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (\%water release)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

2.2.8 วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิเคราะห์หาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ Ferrarini และคณะ (2020) ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ด้วยวิธีการกลั่น ชั่งตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มประมาณ 2 กรัม ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร ต่อเข้าชุดกลั่นก่อนเติมมีสารละลาย 0.3% (w/v) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 10 มิลลิลิตร และเติม methylene blue indicator 1 หยดได้สารละลายสีเขียว หลังจากนั้นกลั่นโดยใช้ความร้อนจากตะเกียงเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำสารละลายที่เก็บได้ไตเตรทกับ 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แล้วจึงนำปริมาตรของ NaOH ที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม โดยคำนวณด้วยสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ (mg/kg)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH (ml) X ความเข้มข้น NaOH (N) X 32.03 X 1000}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

2.2.9 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยวิธีทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับคะแนน (9-point hedonic scale) ใช้เกณฑ์ 1 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด โดยจะมีการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การดำเนินงานมีการทดลอง 3 ซ้ำ มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมโดยใช้ SPSS ver. 22.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

3.3 ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการเติมสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยามขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาด นำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลาย 1:5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายข้างต้นมาย่างหม้ออบลมร้อน (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 ปรับกรดด้วยกรดมาลิค ให้มีค่าความเป็นกรดด่าง $\leq$ 4.6 จากนั้นนำไปเติมสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) กัวร์กัม และ แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) บรรจุในขวดแก้วนำไปต้มน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

3.2.1 วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) โดยถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model α5000, Sony, Tokyo)

3.2.2 วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต

การคำนวณหาร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่มและน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นรวมกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ดังนี้

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

3.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05, 984.13 และ 935.5 ตามลำดับ (AOAC, 2000) ส่วนค่าร้อยละปริมาณปริมาณคาร์โบไฮเดรตหาได้จากการนำค่าหนึ่งร้อยมาหักลบกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (ร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน)

3.2.4 วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) 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* โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

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

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

3.2.5 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) มาหาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดค่า Water activity (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.) ใช้ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในเซลล์ของเครื่องเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ที่อุณหภูมิ 25 °C

3.2.6 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 (w/v) ตามวิธีของ Simpson และคณะ (2012) โดยทำการนำน้ำพริกหนุ่มมา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100

มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปโฮโมจรไนส์เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA T-25 Ultra Turrax Homogenizer, Dispersers, Germany) แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (FiveEasy plus, METTLER TOLEDO, Switzerland)

3.2.7 วิเคราะห์ร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติมสารให้ความคงตัว ได้แก่ CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัม มาวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย ตามวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) โดยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัม ในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (\%water release)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การดำเนินงานมีการทดลอง 3 ซ้ำ มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมโดยใช้ SPSS ver. 22.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

3.4 ตอนที่ 4 การพัฒนาและปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

พริกหนุ่มพันธุ์หยกสยามที่มีขนาดความยาว 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาด ก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลาย 1:5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาที เพื่อสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำพริกหนุ่มมาย่างให้สุกด้วยหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาลอกเปลือกนอกออก ก่อนนำมาผสมกับส่วนผสม

อื่นๆ 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 ปรับกรดด้วยกรดมาลิค ให้มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ ≤ 4.6 เติมแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) และผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท โดยแบ่งน้ำพริกหนุ่มที่ได้ออกเป็น 4 ชุดการทดลองเพื่อปรุงแต่งกลิ่นควัน ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (ไม่แต่งกลิ่นควัน) 2) เติมกลิ่นควันผง 3) รมควันไม้สัก และ 4) รมควันไม้ลำไย ก่อนนำไปบรรจุร้อน (hot fill process) ลงในขวดแก้วฝาล็กขนาด 200 มิลลิลิตร แล้วปิดสนิทอย่างรวดเร็ว คว่ำขวดลง เป็นเวลา 20 นาที และนำผลิตภัณฑ์บรรจุขวดปิดสนิทไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยการนำขวดผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มไปแช่ลงในน้ำสะอาดที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 10 ppm ก่อนนำน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ หมู่ฟังก์ชัน จุลชีววิทยา และสารระเหย

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ผ่านการปรุงแต่งกลิ่นควัน

4.2.1 วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน (ชุดควบคุม) และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย โดยการถ่ายภาพลักษณะปรากฏด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model α5000, Sony, Tokyo)

4.2.2 วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต

การคำนวณหาร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่มและน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นรวมกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ดังนี้

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

4.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05,

984.13 และ 935.5 ตามลำดับ (AOAC, 2000) ส่วนค่าร้อยละปริมาณปริมาณคาร์โบไฮเดรตหาได้จากการนำค่าหนึ่งร้อยมาหักลบกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (ร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน)

4.2.4 วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab , ColorFlex® EZ. U.S.A.) ในระบบ CIE โดยวิเคราะห์ค่า L* value (ค่าความสว่าง), a* value (สีแดง/เขียว), b* value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) และวัดค่าความต่างของสี ΔE* โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

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

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

4.2.5 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยด้วยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.) ที่อุณหภูมิ 25 °C

4.2.6 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย ตามวิธีของ Simpson และคณะ (2012) โดยทำการนำน้ำพริกหนุ่มมา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปโฮโมจรไนส์เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA T-25 Ultra Turrax Homogenizer, Dispersers, Germany) แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (FiveEasy plus, Mettler Toledo, Switzerland)

4.2.7 วิเคราะห์ร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย

วิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย โดยดัดแปลงวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) ด้วยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัม ในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย โดยคำนวนด้วยสมการดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย (\%water release)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่แยกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

4.2.8 วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน

วิเคราะห์หมู่ฟังค์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควันและแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย ด้วยเครื่อง Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) (Vertex 70, Bruker, Germany) โดยทำการวิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 4,000 – 400 cm^{-1} ใช้อัตราการบันทึกข้อมูล 4 cm^{-1} ต่อจุด

4.2.9 สารระเหยได้ (SPME-GC-MS)

วิเคราะห์สารที่ระเหยได้ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย โดยใช้ Solid Phase Microextraction Gas Chromatography Mass Spectrometry (SPME-GC-MS) ตามวิธีของ Iglesias และ Medina (2008) รายงานชนิดและปริมาณสารที่ระเหยได้โดยแสดงเป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟ ($\times 10^6$)

4.2.10 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยโดยวิธีทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับคะแนน (9-point hedonic scale) ใช้เกณฑ์ 1 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด โดยจะมีการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน อายุระหว่าง 19-23 ปี (ชาย 25 คน หญิง 35 คน)

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การดำเนินงานมีการทดลอง 3 ซ้ำ มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมโดยใช้ SPSS ver. 22.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

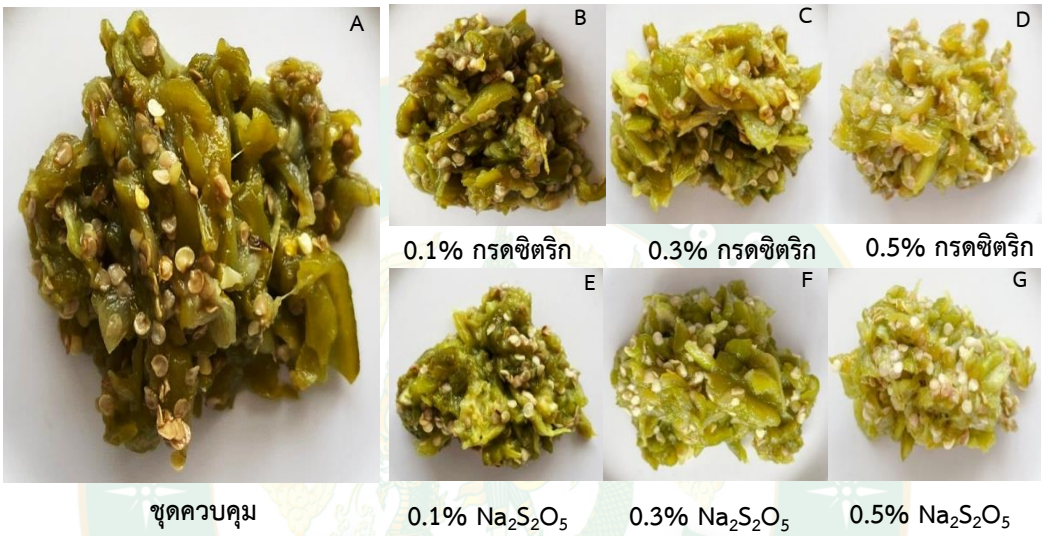
บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

4.1.1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 แสดงดังภาพที่ 16 พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (ภาพที่ 16A) มีสีของผลิตภัณฑ์ที่เขียวคล้ำกว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก (ภาพที่ 16B, 16C และ 16D) และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ภาพที่ 16E, 16F และ 16G) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ จะทำให้น้ำพริกหนุ่มที่ได้มีสีที่เขียวสดสว่างมากขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายทั้งสองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ของน้ำพริกหนุ่มผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดังภาพที่ 17 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่แช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่า -a* เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม แสดงดังภาพที่ 16A พบว่าน้ำพริกหนุ่มมีสีเขียวคล้ำ เนื่องจากพริกหนุ่มมีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหรือสารสีที่มีสีเขียว คลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจากการย่างไฟจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาลหรือสีเขียวคล้ำ (Joslyn and MacKinney, 1938) นอกจากนี้สีเขียวมืดคล้ำยังสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟินอลิคที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; POD) การเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้หลายชนิดภายหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างการผลิต แปรรูป และการในระหว่างการเก็บรักษา (Ioannou, 2013) ดังนั้นการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีวิธีการหลากหลายได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำ การใช้ความร้อนในรูปของน้ำร้อน และการใช้อุณหภูมิสูง รวมทั้งการได้รับสารละลายกรดบางชนิด เช่น กรดซิตริก และการใช้สารเคมี $Na_2S_2O_5$ (Lueangprasert et al., 2012) กรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ช่วยลดค่าพีเอช และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) ที่บริเวณที่เร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO (Ahvenainen, 1996; Ibrahim et al., 2004) ขณะที่ $Na_2S_2O_5$ เป็นสารที่ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจาก

เอนไซม์ ในขณะที่กลไกการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ของ $Na_2S_2O_5$ คือการเข้าทำปฏิกิริยากับตัวกลาง carbonyl ซึ่งจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการสร้าง ป้องกันการเกิดเม็ดสี และยังเป็นสารฟอกสี (Subanmanee, 2020) โดยจากภาพที่ 16B 16C 16D 16E 16F และ 16G จะเห็นได้ว่าน้ำพริกหนุ่มที่แช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้สีของน้ำพริกหนุ่มจะมีสีเขียวสดสว่างมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 16 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สาร (A) ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (B) 0.3 (C) 0.5 (D) และผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (E) 0.3 (F) 0.5 (G)

4.1.2 ร้อยละผลผลิต (%yield)

ค่าร้อยละผลผลิต (%yield) ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วง 68.37-69.92 ซึ่งค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละอยู่ในช่วง 68.37-69.92 เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปน้ำพริก

หนุ่มมีขั้นตอนในการอบด้วยไฟที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นาที ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อน (Getahun et al., 2021) นอกจากนี้ยังมีการลอกเปลือกพริกหนุ่มและตัดขั้วพริกออกหลังจากขั้นตอนในการอบย่างไฟ ทำให้สูญเสียน้ำหนักของพริกไปในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสูง และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) (ตารางที่ 5) พบว่าการแช่พริกหนุ่มในละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม เนื่องจากปริมาณการใช้ปริมาณสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาในปริมาณน้อย และใช้ในปริมาณที่ไม่เกินค่าความปลอดภัยต่ออาหาร (Kitcharoenwong and Uetrongchit, 2015)

4.1.3 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกการทดลองมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยค่าร้อยละความชื้นของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วงร้อยละ 82.24-83.37 ค่าร้อยละปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.01-1.12 ค่าร้อยละปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03-0.04 ค่าร้อยละปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.29-0.33 และค่าร้อยละปริมาณเยื่อใยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.12-0.18

ตารางที่ 5 ร้อยละผลผลิต (%yield) และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$

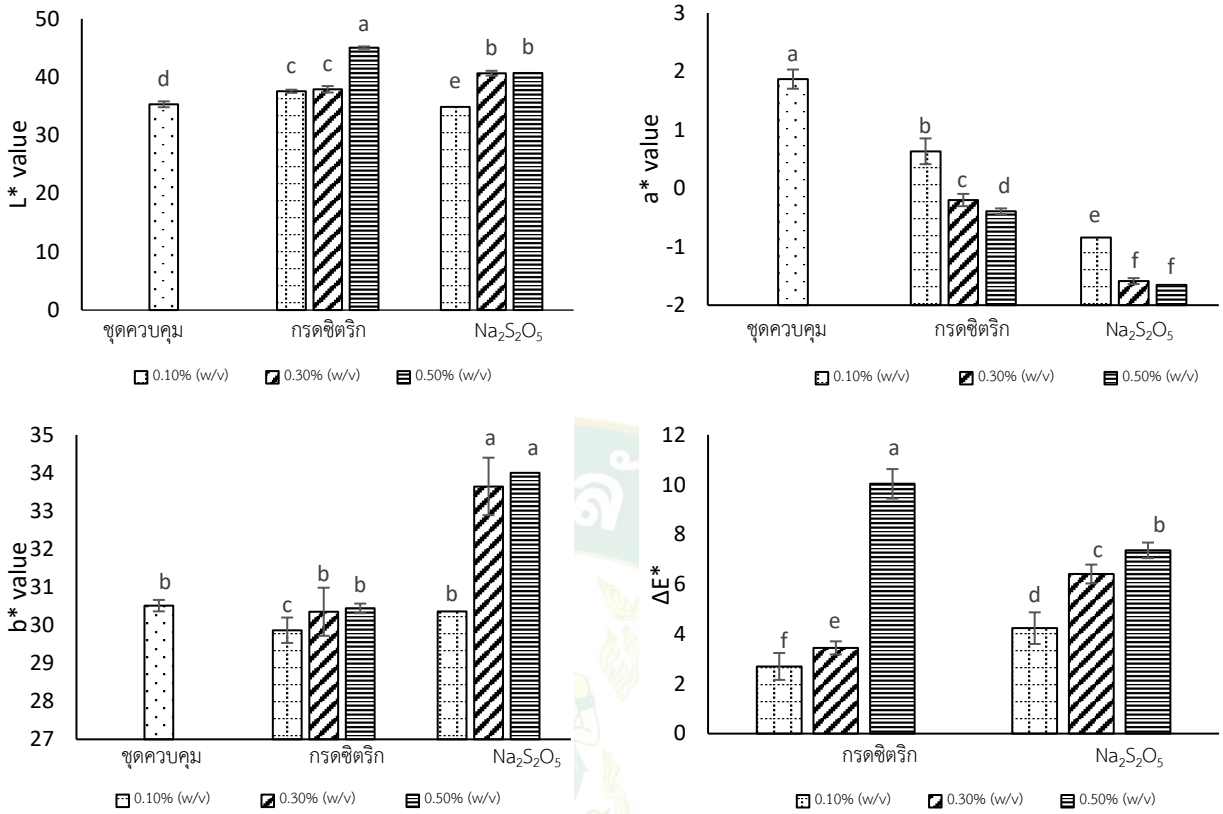
องค์ประกอบทางเคมี (% wet basis)	**ชุดควบคุม**	**กรดซิตริก**			**โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)**		
		0.1%	**0.3%**	**0.5%**	**0.1%**	**0.3%**	**0.5%**
ร้อยละผลผลิต	68.99±1.42* ns	69.72±3.51 ns	69.81±2.07 ns	68.37±0.78 ns	68.29±3.51 ns	69.92±3.98 ns	68.53±1.43 ns
ความชื้น	83.37±1.25ns	83.09±0.65ns	82.61±0.35ns	82.30±0.35ns	82.73±0.19ns	82.29±0.57ns	82.24±0.90ns
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

4.1.4 ค่าสี

ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) แสดงดังภาพที่ 17 เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) ของน้ำพริกหนุ่มพบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ จะทำให้ค่า L* ของน้ำพริกหนุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ขณะที่เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเขียว (-a*) จะเห็นได้ว่าเมื่อแช่พริกหนุ่มในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น น้ำพริกหนุ่มมีค่าความเป็นสีเขียว (-a*) เพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) ให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าสีเหลืองของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% (w/v) ($p>0.05$) ขณะที่เมื่อวิเคราะห์ค่าความต่างของสี (ΔE^*) พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ค่า ΔE^* มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) (ภาพที่ 17) พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีค่า L* -a* b* และ ΔE^* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีสีน้ำตาลคล้ำเนื่องจากคลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล เมื่อพริกหนุ่มผ่านการแช่กรดซิตริกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ (Yue-Ming et al., 1997) กรดซิตริกยังมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะ และสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Yang et al., 2000) มีผลชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดี จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างมากขึ้น ส่วนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารที่ใช้ในการฟอกสีทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น (Thipayarat, 2007)



ภาพที่ 17 ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v)

4.1.5 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ และค่าพีเอช

ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ และค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) แสดงดังตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่า a_w ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก และ Na_2S_2O ทุกชุดการทดลองมีค่า a_w เท่ากับ 0.99 และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ขณะที่ ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่มีการแช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกทุกระดับความเข้มข้น มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.69-5.70 ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มผ่านการที่แช่ Na_2S_2O ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.74 และ 5.72 ตามลำดับ

4.1.6 ค่าร้อยละการปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย

ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 แสดงดังตารางที่

6 พบว่าค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย ของน้ำพริกหนุ่มมีค่าระหว่าง 5.81-6.34 ซึ่งทุกน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละการปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เนื่องจากเซลล์เกิดความเสียหายทางแรงกลจากการบดสับผสมจึงมีน้ำที่ปลดปล่อยออกมายิ่งตั้งทิ้งไว้นาน น้ำที่ปลดปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ยิ่งเพิ่มขึ้น (Vu et al., 2004)

4.1.7 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย Na_2S_2O ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 80.77±15.82 142.74±16.05 และ 309.00±30.55 ppm ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_5$ เพิ่มขึ้น ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกัน เมื่อ $Na_2S_2O_5$ เมื่อถูกความร้อนจะสลายเป็น SO_2 ขณะที่น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆไม่พบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากผลการหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าน้ำพริกหนุ่มผ่านการแช่ $Na_2S_2O_5$ พบว่ามีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์แช่พริกก่อนนำไปย่างในปริมาณร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (w/v) สามารถใช้ในการรักษาคุณภาพของสีผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้ ซึ่งจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ.2547 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร มีการกำหนดปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ดังนี้ ปริมาณ SO_2 ในผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Thanakorn, 2004)

ตารางที่ 6 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าพีเอช ปริมาณน้ำที่ปลดปล่อย และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ Na_2S_2O ความเข้มข้นต่างๆ

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	กรดซิตริก (ร้อยละ)			โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (ร้อยละ)		
		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}
% water release	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_2 (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

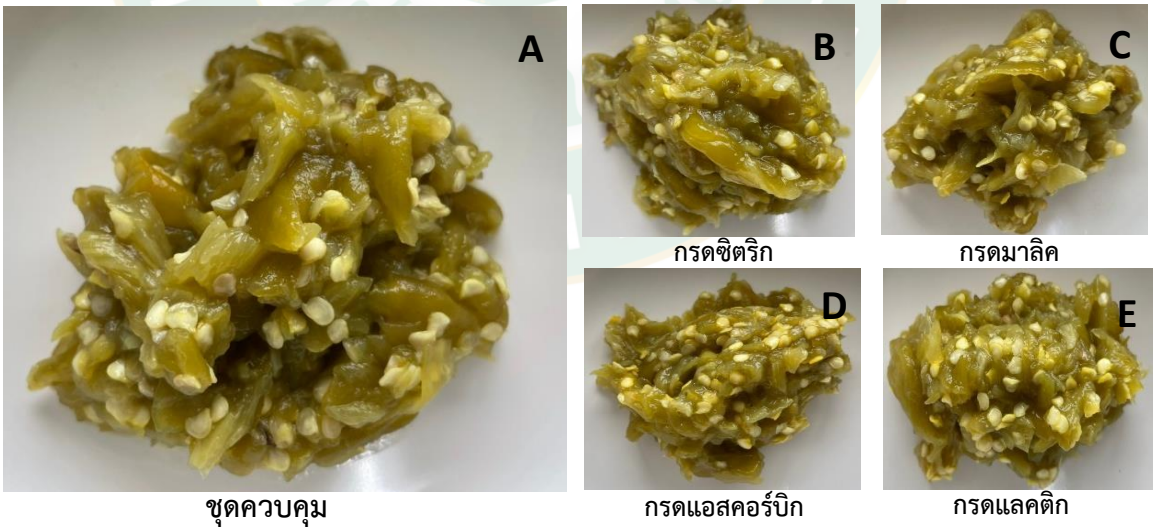
** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2 ผลการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

4.2.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรด (pH ≤ 4.6) ชนิดต่างๆ ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังภาพที่ 18 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ภาพที่ 18B 18C 18D และ 18E) มีลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่มีเนื้อเนียนละเอียดมีน้ำเยิ้มออกมาเป็นจำนวนมากกว่าชุดควบคุม จะเห็นได้จากชุดควบคุมผลิตภัณฑ์มีเนื้อพริกที่หยาบกว่า และไม่มีน้ำเยิ้มออกมามาก นอกจากนี้สูตรที่มีการปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีเนื้อละเอียดที่สุดใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังภาพที่ 18 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก มีลักษณะลักษณะปรากฏของเนื้อพริกที่เละ และเนื้อของพริกมีความเปื่อยยุ่ยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากน้ำพริกหนุ่มจัดเป็นอาหารประเภทกรดต่ำ (pH > 4.6 และ aw >0.85) มีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่ร้อยละ 90 จึงทำให้เนื้อของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างเละเนียนละเอียด และมีน้ำเยิ้มมากกว่าสูตรควบคุม



ภาพที่ 18 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่านการปรับกรด (A) ผ่านการปรับกรดด้วยกรดซิตริก (B) กรดมาลิค (C) กรดแอสคอร์บิก (D) และกรดแลคติก (E) ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

4.2.2 ร้อยละผลผลิต

ค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกทุกชุดการทดลอง พบว่าค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วง 66.99-68.83 โดยที่ค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละอยู่ในช่วง 66.99-68.83 เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มมีขั้นตอนในการอบย่างไฟ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อน (Getahun et al., 2021) นอกจากนี้การลอกเปลือกพริกหนุ่ม และตัดขั้วพริกออกขั้นตอนการอบย่างไฟ ซึ่งของเสีย (waste) จากกระบวนการผลิตทำให้สูญเสียน้ำหนักไปในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสูง และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก พบว่าการเติมกรดในปริมาณน้อยไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่ม แต่อาจจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เติมเป็นกรดอ่อน และเติมในปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ (Roskhrua and Kitchaicharoen, 2020)

4.2.3 องค์ประกอบทางเคมี

ค่าร้อยละองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเยื่อใยของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใยของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มแต่ละสูตรที่ปรับค่าพีเอชด้วยกรดชนิดต่างๆไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ซึ่งค่าร้อยละปริมาณความชื้นของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรอยู่ในช่วงร้อยละ 82.04-82.93 โปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 0.98-1.12 ไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.29-0.32 และเยื่อใยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.14-0.17 ขณะที่ค่าร้อยละปริมาณเถ้าของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรมีค่าร้อยละปริมาณเถ้าเท่ากันคือร้อยละ 0.02

ตารางที่ 7 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

องค์ประกอบทางเคมี (% wet basis)	ชุดควบคุม	น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดชนิดต่างๆ			
		กรดซิตริก	กรดมาลิค	กรดแอสคอร์บิก	กรดแลคติก
ร้อยละผลผลิต	66.99±3.30* ns**	67.96±0.99 ns	67.72±0.92 ns	68.05±1.10 ns	68.83±0.30 ns
ความชื้น	82.54±0.41 ns	82.04±0.68 ns	82.55±0.13 ns	82.18±0.72 ns	82.93±0.23 ns
โปรตีน	0.98±0.07 ns	1.08±0.16 ns	1.12±0.10 ns	1.01±0.04 ns	1.07±0.09 ns
เถ้า	0.02±0.01 ns	0.02±0.01 ns	0.02±0.01 ns	0.02±0.01 ns	0.02±0.01 ns
ไขมัน	0.30±0.03 ns	0.29±0.02 ns	0.30±0.01 ns	0.32±0.02 ns	0.30±0.01 ns
เยื่อใย	0.16±0.01 ns	0.17±0.01 ns	0.16±0.02 ns	0.14±0.02 ns	0.16±0.03 ns
คาร์โบไฮเดรต	16.16±0.05 ns	16.57±0.02 ns	16.01±0.03 ns	16.45±0.01 ns	16.68±0.02 ns

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.4 ลักษณะทางเคมีกายภาพ

ลักษณะทางเคมีกายภาพได้แก่ ค่าสี ค่าพีเอช ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำ และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 8 พบว่าน้ำพริกปรับกรดทุกสูตรมีค่าสี ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำ และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรจะมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 40.83 – 40.87 ค่าสีเขียว (a*) อยู่ในช่วง -1.65 - -1.66 และค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 33.69 – 33.94 ค่าความต่างสี (ΔE^*) ของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรที่อยู่ในช่วง 0.31- 0.43 ค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.98-0.99 ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 6.93-7.28 และค่าปริมาณซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่ในช่วง 257.21-288.88 ppm ส่วนค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่มีการปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.50-4.56 ซึ่งมีค่าพีเอชต่ำกว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรควบคุมที่ไม่ได้มีการปรับกรดซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.76 ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ตารางที่ 8)

พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดมีสีที่สว่างสดใสไม่แตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากกรดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ได้ (Yue-Ming et al., 1997) ยังมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะทองแดง (Cu^{2+}chelating agents) ที่บริเวณเร่งของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถมีกิจกรรมได้ (Yang et al., 2000) ทำให้มีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี นอกจากนี้ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ตารางที่ 2) พบว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับพีเอชมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากมีการปรับกรดให้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.6 ซึ่งเป็นค่าพีเอชต่ำสุด (Minimum pH) สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่สามารถเจริญได้ที่สภาวะไม่มีอากาศ (Anaerobe) สามารถเจริญอยู่ได้และสามารถผลิตสารพิษนิวโรทอกซิน (Neurotoxin) ออกมาปนเปื้อนในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท (Odlaug and Pflug, 1978)

ตารางที่ 8 ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	กรดซิตริก	กรดมาลิค	กรดแอสคอร์บิก	กรดแลคติก
ค่าสี					
L*	40.86±0.13* ^{ns***}	40.83±0.06 ^{ns}	40.87±0.07 ^{ns}	40.87±0.06 ^{ns}	40.87±0.05 ^{ns}
a*	-1.66±0.03 ^{ns}	-1.66±0.03 ^{ns}	-1.66±0.03 ^{ns}	-1.66±0.03 ^{ns}	-1.65±0.04 ^{ns}
b*	33.73±0.26 ^{ns}	33.69±0.23 ^{ns}	33.82±0.16 ^{ns}	33.88±0.22 ^{ns}	33.94±0.18 ^{ns}
ΔE	-	0.35±0.19 ^{ns}	0.37±0.21 ^{ns}	0.31±0.23 ^{ns}	0.43±0.27^{na}
pH	5.76±0.03^{b**}	4.50±0.02^{a}	4.55±0.03^{a}	4.56±0.03^{a}	4.55±0.02^{a}
a_w	0.98±0.00^{ns}	0.98±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}
%water release	7.28±2.94 ^{ns}	7.10±2.86 ^{ns}	6.93±2.89 ^{ns}	7.17±2.69 ^{ns}	7.24±2.78^{ns}
SO_2 (ppm)	278.68±2.16 ^{ns}	257.21±17.14 ^{ns}	280.92±2.28 ^{ns}	288.88±21.98 ^{ns}	260.37±22.36 ^{ns}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.5 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 9 พบว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุด (6.27 คะแนน) (ภาพที่18) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรัดกรดด้วยกรดซิตริกมีสีเขียวสว่างที่ดูน่ารับประทานมากที่สุด ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏน้อยที่สุด (3.40 คะแนน) และน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด (6.60 คะแนน) แต่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด (4.03 คะแนน) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนลักษณะปรากฏ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นพบว่าน้ำพริกหนุ่มปรับกรดด้วยกรดซิตริกและกรดมาลิคมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีความชอบด้านกลิ่นน้อยกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) กรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีกลิ่นที่ฉุนรุนแรงทำให้มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่าน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรมีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดซิตริกและกรดมาลิคมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดเท่ากับ 5.13 คะแนน เนื่องจากเนื้อสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีลักษณะนุ่มเละจึงได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด คะแนนความชอบโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.03 คะแนน ส่วนสูตรที่มีความชอบใกล้เคียงกับชุดควบคุมคือสูตรที่ปรับกรดด้วยกรดมาลิคซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.53 ส่วนสูตรที่มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.27 และ 5.23 คะแนน ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชกรดมีลักษณะปรากฏ และความชอบสีที่ค่อนข้างดีกว่าสูตรควบคุม ส่วนความชอบของกลิ่นและรสชาติกรดอาจมีกลิ่นรสเปรี้ยวจากกรดชนิดต่างๆ ความรู้สึกเปรี้ยวของกรดอินทรีย์สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ กรดทาร์ทาริก กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดซิตริก ตามลำดับ (Siwawej and Suwanchewakorn, 1993) จึงทำให้น้ำพริกหนุ่มสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

ตารางที่ 9 ลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ชุดควบคุม	5.88±0.81*^{b**}	5.97±0.75^{b}	6.40±0.80^{a}	7.47± 0.62^{a}	6.53± 0.76^{a}	7.03± 0.71^{a}
กรดซิตริก	6.27±0.99^{a}	6.60±0.88^{a}	6.37±1.02^{a}	6.57±0.55^{b}	6.87± 0.85^{a}	6.20± 0.70^{bc}
กรดมาลิค	5.67±0.75^{b}	5.93±0.77^{b}	6.80±0.70^{a}	6.30± 0.74^{b}	6.50± 0.81^{a}	6.53± 0.85^{b}
กรดแอสคอร์บิก	3.40±0.76^{c}	4.03±0.75^{c}	5.33±0.87^{b}	6.23± 0.67^{b}	5.13± 0.67^{c}	5.27± 0.73^{e}
กรดแลคติก	5.63±0.75^{b}	6.07±0.73^{b}	5.10±0.75^{b}	6.17± 0.64^{b}	5.90± 0.75^{b}	5.23± 0.83^{c}

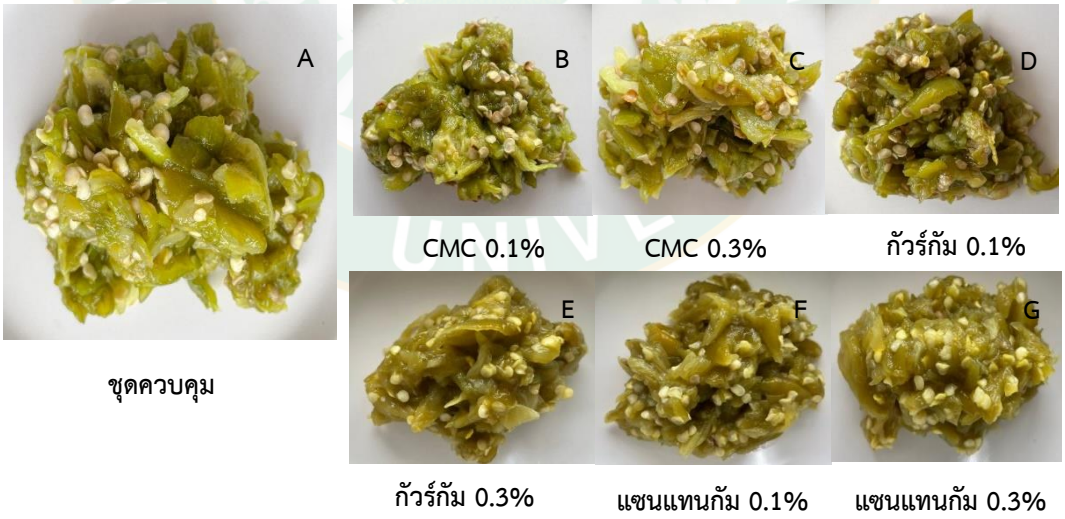
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=60)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลของสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

4.3.1. ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังภาพที่ 19 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่มีการเติมสารให้ความคงตัวมีน้ำเยิ้มลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวจะทำให้ลักษณะน้ำเยิ้มลดลงมากขึ้น เนื้อสัมผัสไม่เละ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และสังเกตว่าสูตรที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่เละ และไม่มีน้ำเยิ้ม ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติม CMC กัวร์กัม และแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 แสดงดังภาพที่ 19 จากการสังเกตพบว่า น้ำพริกหนุ่มที่มีการเติมสารให้ความคงตัวมีน้ำเยิ้มลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว จะทำให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสมีความแน่นเนื้อมากขึ้น และน้ำที่เยิ้มออกมามีน้อยลงหรือแทบจะไม่มีเลย เนื่องจากการเติมสารให้ความคงตัวมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ เป็นผลมาจากการเกิดพันธะไฮโดรเจน และการสร้างร่างแหสามมิติในส่วนของเหลว ทำให้น้ำไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังช่วยให้ส่วนผสมมีความข้นหนืด และการป้องกันการปลดปล่อยของน้ำ (Garti and Reichman, 1993)



ภาพที่ 19 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (A) และน้ำพริกหนุ่มเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC ร้อยละ 0.1 (B) และ 0.3 (C) กัวร์กัมร้อยละ 0.1 (D) และ 0.3 (E) แซนแทนกัมร้อยละ 0.1 (F) และ 0.3 (G) ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

4.3.2 ร้อยละผลผลิต

ร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 10 พบว่าค่าร้อยละผลิตของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ค่าร้อยละผลผลิตของทุกชุดทดลองอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 68.50-70.21 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) การเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณน้อยทำให้ไม่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลอง

4.3.3 องค์ประกอบทางเคมี

ค่าร้อยละองค์ประกอบของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 10 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใยของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 82.47-82.78 ค่าโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.05-1.13 ค่าเถ้าเท่ากับ 0.02 ค่าไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.27-0.30 และค่าเยื่อใยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.16-0.18 ซึ่งทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าร้อยละองค์ประกอบของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 แสดงดังตารางที่ 10 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีการเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณน้อยจึงไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่ม

ตารางที่ 10 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

องค์ประกอบทางเคมี (% wet basis)	ชุดควบคุม	CMC		กัวร์กัม		แซนแทนกัม	
		0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%
ร้อยละผลผลิต	68.86±0.71* ^{ns**}	68.50±1.50 ^{ns}	69.16±0.75 ^{ns}	70.21±0.99^{ns}	69.33±1.12^{ns}	69.21±0.20 ^{ns}	69.82±0.89 ^{ns}
ความชื้น	82.58±0.72^{ns}	82.48±0.15^{ns}	82.78±0.45^{ns}	82.64±0.62^{ns}	82.47±0.36^{ns}	82.48±0.16^{ns}	82.75±0.26^{ns}
โปรตีน	1.06±0.12 ^{ns}	1.10±0.23 ^{ns}	1.05±0.21 ^{ns}	1.09±0.11^{ns}	1.13±0.28^{ns}	1.08±0.10 ^{ns}	1.07±0.13 ^{ns}
เถ้า	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}
ไขมัน	0.28±0.12 ^{ns}	0.27±0.11 ^{ns}	0.30±0.08 ^{ns}	0.29±0.06^{ns}	0.28±0.09^{ns}	0.28±0.06 ^{ns}	0.27±0.05 ^{ns}
เยื่อใย	0.17±0.06 ^{ns}	0.17±0.03 ^{ns}	0.16±0.01 ^{ns}	0.16±0.02^{ns}	0.17±0.03^{ns}	0.18±0.02 ^{ns}	0.16±0.01 ^{ns}
คาร์โบไฮเดรต	16.06±0.03 ^{ns}	16.13±0.01 ^{ns}	15.95±0.05 ^{ns}	15.96±0.06 ^{ns}	16.10±0.01 ^{ns}	16.14±0.02 ^{ns}	15.89±0.02 ^{ns}

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3.4. ลักษณะทางเคมีกายภาพ

ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แสดงดังตารางที่ 11 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีค่าสี L* อยู่ในช่วง 40.78 - 40.86 ค่า a* อยู่ในช่วง -1.68 ถึง -1.65 ค่า b* อยู่ในช่วง 33.66 - 33.91 และค่า ΔE* เมื่อเทียบกับชุดความคุมอยู่ในช่วง 0.39 ถึง 0.42 ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.58 ถึง 4.60 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระมีค่าเท่ากับ 0.99 และค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาในชุดควบคุมมีค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุด และเมื่อมีการเติมสารให้ความคงตัวพบว่าชุดที่มีการเติม CMC ที่ร้อยละ 0.1 (ร้อยละ1.91) มีค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาลดลงจากชุดควบคุม และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CMC พบว่าค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.65 ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาไม่แตกต่างกับชุดที่มีการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.1 และเมื่อความเข้มข้นของแซนแทนกัมเป็นร้อยละ 0.3 พบว่าค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาลดลงเหลือร้อยละ 0.11 ส่วนน้ำพริกที่มีการเติมกัวร์กัมที่ร้อยละ 0.1 พบว่ามีค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมาลดลงอย่างชัดเจนที่ร้อยละ 0.25 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกัวร์กัมเป็นร้อยละ 0.3 พบว่าไม่พบปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการเติม CMC กัวร์กัม และ แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 แสดงดังตารางที่ 11 พบว่าค่าสีของน้ำพริกหนุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากการใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณน้อยทำให้ไม่มีผลต่อค่าสี ส่วนค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากมีขั้นตอนของการปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 4.6 เนื่องจากค่าพีเอชต่ำสุด (minimum pH) สามารถยับยั้งเชื้อและสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่สามารถเจริญได้ที่สภาวะไม่มีอากาศ (Anaerobe) สามารถเจริญอยู่ได้และสามารถผลิตสารพิษนิวโรทอกซิน (neurotoxin) ออกมาปนเปื้อนในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท (Odlaug & Pflug, 1978) ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณน้อย จึงทำให้ไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ส่วนค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (%water release) พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวจะทำให้ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยกลดลง จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยของตัวอย่างที่เติมกัวร์กัมเมื่อเพิ่มความเข้มข้นจากร้อยละ 0.1 เป็นร้อยละ 0.3 ทำให้ค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกลดลงจากร้อยละ 0.25 เป็น 0.00 เนื่อง

จากกัวร์กัมทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของน้ำพริกหนุ่มสูงขึ้น และสามารถกระจายตัวได้ดีในสารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และให้ความหนืดสูงสุดภายหลังเวลานาน 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดได้ดี การใช้กัวร์กัมทำให้ลักษณะเนื้อที่มีความข้นมาก แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะเป็นเมือกและยาง (Carlson et al., 2016) CMC เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสในรูปอีเทอร์ ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยยึดจับ (binding agent) CMC มีความคงตัวอยู่ในช่วงค่าพีเอช 5.0-10.0 หากมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.0 จะทำให้ความหนืดและความคงตัวลดลง นำมาใช้เพิ่มความเหนียว โดยมีความหนืดสูงกว่าแซนแทนกัม และ CMC (Roy et al., 2012)

ตารางที่ 11 ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่เติม และเติมสารให้ความคงตัวด้วย CMC กัวร์กัม และแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ก่อนบรรจุขวดปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	CMC		กัวร์กัม		แซนแทนกัม	
		0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%
ค่าสี							
L*	40.83±0.05* ns***	40.85±0.05 ns	40.81±0.13 ns	40.83±0.08ns	40.78±0.05 ns	40.85±0.07 ns	40.86±0.06 ns
a*	-1.65±0.03 ns	-1.67±0.02 ns	-1.67±0.04ns	-1.66±0.03ns	-1.68±0.05 ns	-1.67±0.02 ns	-1.66±0.04 ns
b*	33.74±0.26 ns	33.66±0.20 ns	33.77±0.16ns	33.79±0.19ns	33.79±0.12 ns	33.84±0.18 ns	33.91±0.24 ns
ΔE*	-	0.39±0.18 ns	0.41±0.15ns	0.41±0.22ns	0.42±0.15 ns	0.40±0.27 ns	0.42±0.14na
pH	4.58±0.02na	4.59±0.01na	4.58±0.01na	4.58±0.02na	4.58±0.02na	4.59±0.01na	4.60±0.01na
a_w	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns	0.99±0.00ns
%water release	7.56±0.16a**	1.91±0.04 b	0.65±0.05c	0.25±0.02d	0.00±0.00 e	0.63±0.03 c	0.11±0.00e

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4 ผลการพัฒนาและปรุงแต่งกลิ่นควันในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท

4.4.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไยแสดงดังภาพที่ 20 พบว่า น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทสูตรแต่งกลิ่นควันด้วยการรมควันไม้สักและไม้ลำไยจะมีสีเขียวที่เข้มกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และสูตรที่แต่งกลิ่นควันด้วยควันผง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี (ตารางที่ 13) ที่แสดงให้เห็นว่าน้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นควันด้วยการรมควันไม้สักและไม้ลำไยมีค่าสีที่แตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรที่แต่งกลิ่นควันด้วยควันผง เนื่องจากการรมควันเนื้อไม้ที่ใช้มีเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเมื่อเผาไหม้จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรซ์เซชัน (caramelization) การรมควันทำให้กลิ่นและสีควันติดที่ผิวของอาหาร โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสเฉพาะตัว (Slámová et al., 2021) จึงทำน้ำพริกหนุ่มสูตรที่แต่งกลิ่นควันด้วยการรมควันไม้สักและไม้ลำไยมีสีเข้มหลังจากการรมควัน และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรที่แต่งกลิ่นควันด้วยควันผง สอดคล้องกับค่าร้อยละปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม สูตรที่มีการรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยมีค่าร้อยละปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และสูตรที่แต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การเกิดสีในน้ำพริกหนุ่มเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ในน้ำพริกหนุ่ม โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา

ชุดควบคุม **ควันผง**

รมควันไม้สัก **รมควันไม้ลำไย**

ภาพที่ 20 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน (ชุดควบคุม) และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย

4.4.2 ร้อยละผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมี

ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควันและแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไยแสดงดังตารางที่ 12 พบว่า ค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิททุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มอยู่ในช่วงร้อยละ 68.23-69.28 และมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เนื่องจากการเติมควันผงในปริมาณน้อยจึงไม่มีผลต่อค่าร้อยละผลผลิต และการรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยไม่มีผลต่อค่าร้อยละผลผลิต

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควันและแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย (ตารางที่ 12) พบว่า ค่าร้อยละปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใยของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิททุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยของน้ำพริกหนุ่มทั้งสี่ชุดการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 76.82-80.73 0.99-1.08 0.29-0.31 และ 0.14-0.16 ตามลำดับ ขณะที่ค่าร้อยละปริมาณเถ้าของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิททุกสูตรมีค่าร้อยละปริมาณ

เถ้าเท่ากันคือร้อยละ 0.02 เนื่องจากการแต่งกลิ่นด้วยการเติมควันผงในปริมาณที่น้อย และการรมควันไม่มีผลต่อค่าร้อยละปริมาณโปรตีนและไขมัน แต่น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทสูตรที่รมควันไม้สักและไม้ลำไยมีค่าความชื้นน้อยกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรแต่งกลิ่นด้วยควันผง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในขั้นตอนของการรมควันมีความร้อนเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม้สักและไม้ลำไยทำให้ให้น้ำบริเวณผิวหน้าของน้ำพริกหนุ่มระเหยออกส่งผลน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ผ่านการรมควันมีปริมาณความชื้นลดลง

ตารางที่ 12 ร้อยละผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของ*ของ*ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย

องค์ประกอบทางเคมี (%น้ำหนักเปียก)	ชุดควบคุม	ควันผง	รมควันไม้สัก	รมควันไม้ลำไย
ร้อยละผลผลิต	68.14±0.17* ^{ns***}	68.23±1.45 ^{ns}	68.65±1.22 ^{ns}	69.28±0.81^{ns}
ความชื้น	80.73±0.41^{a**}	81.85±0.68^{a}	75.02±0.46^{b}	76.82±0.24^{b}
โปรตีน	0.99±0.05 ^{ns}	1.08±0.16 ^{ns}	1.07±0.06 ^{ns}	1.00±0.06^{ns}
เถ้า	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}
ไขมัน	0.30±0.03 ^{ns}	0.29±0.03 ^{ns}	0.30±0.01 ^{ns}	0.31±0.02^{ns}
เยื่อใย	0.15±0.01 ^{ns}	0.16±0.05 ^{ns}	0.14±0.05 ^{ns}	0.15±0.04^{ns}
คาร์โบไฮเดรต	17.81±0.07 ^{b}	16.60±0.04 ^{b}	23.45±0.01 ^{a}	21.70±0.03 ^{a}

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4.3 ลักษณะทางเคมีกายภาพ

ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไยแสดงดังตารางที่ 13 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรแต่งกลิ่นด้วยการเติมควันผงมีค่า L* สูงกว่าน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นด้วยการมควันไม้สักและไม้ลำไย เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเขียว (-a*) เห็นได้ว่าค่า -a* ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรที่แต่งกลิ่นควันผงพบว่าจะมีค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าน้ำพริกหนุ่มที่รมควันไม้สักและไม้ลำไย นอกจากนี้น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและสูตรที่แต่งกลิ่นด้วยควันผงมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่มีค่า b* มากกว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่รมควันไม้สักและ

ไม้ลำไย ขณะที่เมื่อวิเคราะห์ค่าความต่างของสี (ΔE*) พบว่า น้ำพริกหนุ่มรมควันไม้สักและไม้ลำไยมีค่า ΔE* เท่ากับ 4.28 และ 4.34 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและแต่งกลิ่นด้วยควันผง เนื่องจากการรมควันในอาหารจะทำให้เกิดสีน้ำตาลที่คงตัวขึ้นบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard rection) โดยกรดอะมิโนอิสระจากโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนจะทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลจากน้ำตาลรีดิวซ์ในสภาวะที่มีความร้อน (Shishov et al., 2020)

ค่าพีเอช และค่ากิจกรรมของน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย (ตารางที่ 13) พบว่าการแต่งกลิ่นควันไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิททุกสูตร แต่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอิสระของน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นด้วยการรมควันไม้สักและไม้ลำไยซึ่งมีค่ากิจกรรมของน้ำอิสระน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากการรมควันที่ใช้เป็นการรมควันเย็น (cold smoking) เป็นการรมควันที่ใช้อุณหภูมิไม่สูง (< 45 องศาเซลเซียส) ไม่เกิดความร้อนมากนักในน้ำพริกหนุ่ม โดยวางน้ำพริกหนุ่มให้อยู่สูงหรือห่างจากกองไฟ และใช้ขี้เลื่อยคลุมกองไฟหรือใช้แผ่นโลหะกันไม่ให้ความร้อนผ่านมายังผลิตภัณฑ์ (Sikorski, 2016) แต่อาจทำให้น้ำบางส่วนในผลิตภัณฑ์ระเหยไปในขั้นตอนนี้ ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าปริมาณความชื้นที่ลดลง (ตารางที่ 12) ส่วนค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา (%water release) ของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.00 เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสจากตอนที่ 3 โดยการเติมสารกัวร์กัม ซึ่งเป็นสารให้ความคงตัวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส (mannose) ต่อกันด้วยพันธะ β-1,4 และมีกิ่งแขนงของน้ำตาลกาแล็คโทส (galactose) ซึ่งต่อกันด้วยพันธะ α-1,6 มีสัดส่วนของน้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกาแล็คโทสเท่ากับ 2:1 (Mudgil et al., 2016) กัวร์กัมมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี อุ้มน้ำได้สูงและให้ความหนืดได้ดีในค่าพีเอชช่วงกว้าง (Larly et al., 2017)

ตารางที่ 13 ลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	ควันผง	รมควันไม้สัก	รมควันไม้ลำไย
ค่าสี				
L*	40.76±0.18* ^{a**}	40.69±0.13 ^{a}	37.80±0.09 ^{b}	37.72±0.16^{b}
a*	-1.68±0.09 ^{b}	-1.65±0.05 ^{b}	-0.66±0.03^{a}	-0.68±0.07^{a}
b*	33.67±0.17 ^{a}	33.69±0.12 ^{a}	30.75±0.09^{b}	30.73±0.16^{b}
ΔE*	-	0.08±0.16 ^{b}	4.28±0.11^{a}	4.34±0.17^{a}
pH	4.57±0.01^{ns***}	4.58±0.01^{ns}	4.59±0.01^{ns}	4.58±0.03^{ns}
a_w	0.99±0.00^{a}	0.99±0.00^{a}	0.86±0.00^{b}	0.84±0.00^{b}
% Water release	0.00±0.00 ^{ns}	0.00±0.00 ^{ns}	0.00±0.00 ^{ns}	0.00±0.00 ^{ns}

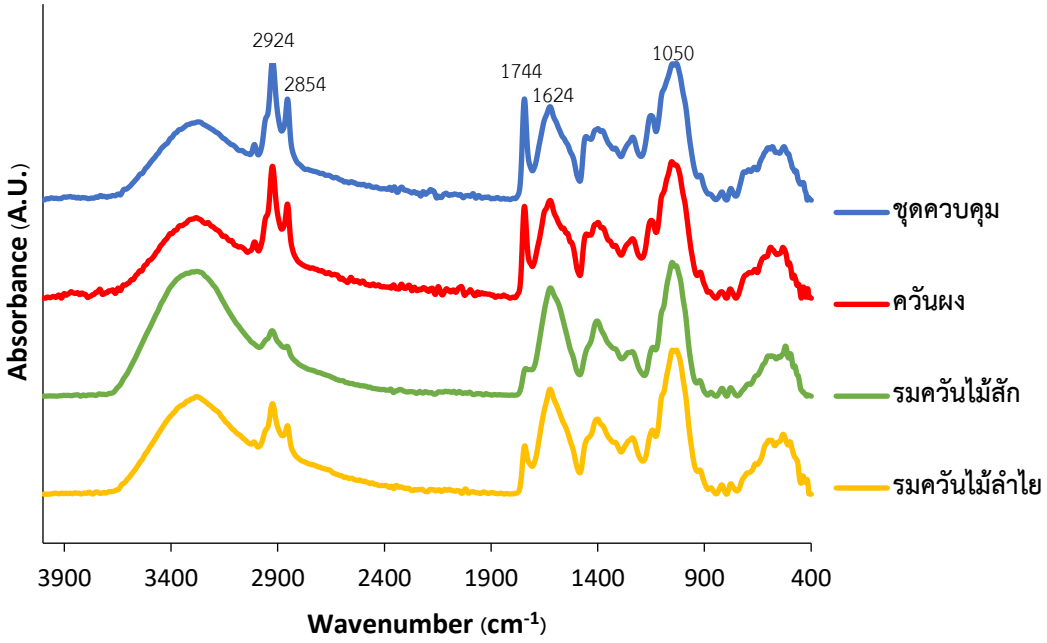
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4.4 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค ATR-FTIR

จากการวิคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย ด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) (ภาพที่ 21) พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม พบหมู่ C-H ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 2924 cm^{-1} โดยพบว่ามีค่าความสูงของพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่นดังกล่าวลดลงเมื่อนำน้ำพริกหนุ่มผ่านกระบวนการแต่งกลิ่นด้วยผงควัน การรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย นอกจากนี้พบหมู่ –COOR ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสารสีแคโรทีนอยด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล 2 หมู่ (dicarboxylic) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1744 cm^{-1} มาจากการยืดตัวและการสั่นสะเทือนของหมู่ –C=O (Varliklioz Er et al., 2017) โดยพบว่ามีค่าความสูงของพีคเพิ่มขึ้นเมื่อนำน้ำพริกหนุ่มมาผ่านกระบวนการรมควัน เนื่องจากน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการรมควันจะมีกลิ่นควันที่เป็นองค์ประกอบของสารคาร์บอนิลทำให้มีกลิ่นควันเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Cardinal et al., 2001)



ภาพที่ 21 ATR-FTIR spectrum ของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการแต่งกลิ่นด้วยควันผง รมควันด้วยไม้สัก และไม้ลำไย

4.4.5 ผลการวิเคราะห์สารระเหยได้ (SPME-GC-MS)

จากการวิเคราะห์สารระเหยได้ชนิดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย แสดงดังตารางที่ 14 พบว่า พริกหนุ่มชุดควบคุมพบสารที่ระเหยได้ที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Tetradecane, Diallyl sulfide, cyclohexane, D-Limonene, Tridecane, 5-Hydroxymethylfurfura, 3-Carene, Alpha terpinene, Gamma-Dehydro-ar-himachalene, Penta decanal และ Benzaldehyde ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสในน้ำพริกหนุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารประกอบในกลุ่มซัลไฟด์ ได้แก่ diallyl sulfide, ally methyl disulfide และ ally methyl trisulfide รวมทั้งสาร furanone เช่น 2-hexyl-5-methyl-[2H]-furan-3-one, 2-methyl-tetradecane และ cyclohexane ซึ่งการเกิดขึ้นของสารระเหยเหล่านี้มาจากกระบวนการใช้ความร้อน อย่างไรก็ตาม benzaldehyde เป็นสารหลักในกลุ่มแอลดีไฮด์ ซึ่งความร้อนจะทำให้ benzaldehyde มีปริมาณลดลง นอกจากนี้ยังพบสารในกลุ่มเอสเทอร์ เช่น methyl salicylate และ 4-methyl pentanoate สารในกลุ่มกรดอินทรีย์ และสารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน เช่น limonene 2-methyl tridecane และ alpha-longipinene มีรายงานว่าสารให้กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการความร้อน เช่น methyl allyl trisulfide และ 2,3-dihydrofuran มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา สารให้กลิ่นที่ไม่ทนความร้อน เช่น methyl

salicylate 4-methyl pentanoate และ limonene สูญหายไประหว่างแปรรูป (Baby and Ranganathan, 2016) ส่วนสารประกอบที่ระเหยได้ที่พบในน้ำพริกหนุ่มที่รมควันไม้สักและไม้ลำไย ได้แก่ 2-Furan carboxaldehyde, 5-methyl-, 3-Furanmethanol, Ethanone, 1-(2-furanyl)-, 2(5H)-furanone, 4 - propyl – syringol และ Guaiacol, 4-ethyl- มีรายงานว่า Guaiacol ถูกจัดเป็นสารประเภทให้กลิ่น เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรมควัน (smoky) ในผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิก้า (arabica) (Mayer et al., 1999) และปลาแซลมอลรมควัน (Varlet et al., 2006) นอกจากนี้ยังมีคำจำกัดความของกลิ่น Guaiacol อื่นๆ อีกเช่น ลักษณะกลิ่นคล้ายยา (medicinal) สารฆ่าเชื้อ (disinfectant) และ สารฟีนอลิก (phenolic) (Wasserman, 1966) และสารที่ระเหยได้ที่เพิ่มมาจากการรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไย คือ Benzenemethanol, trans-Isoeugenol, 2,6-Dimethoxyphenol, Methoxyeugenol, 4-ethylguaiacol และ Eugenol นอกจากกนี้สารระเหยได้ที่พบเฉพาะในไม้ลำไย ได้แก่ Pyridine และ Lioxin (Díazmaroto et al., 2004)

ตารางที่ 14 ปริมาณสารประกอบที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท ที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย

สารประกอบที่ระเหยได้	ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม			
	ชุดควบคุม	ควันผง	รมควันไม้สัก	รมควันไม้ลำไย
8-Methyl-6-nonenoic acid	31.66	14.00	14.62	18.44
Benzoic acid	24.93	21.69	20.71	26.28
n-Hexadecanoic acid	1.22	0.84	0.57	ND
Linalool	38.55	43.69	27.16	21.84
α-terpinenol	27.82	29.37	26.76	13.48
5-hydroxyprimaquine trihydrobromide	47.90	19.11	9.04	19.57
2-Methyltridecane	4.05	11.70	1.44	1.64
alpha-Himachalene	13.43	ND	ND	ND
D-Limonene	4.44	ND	ND	ND
beta-Myrcene	ND	4.77	3.41	ND
Linalool oxide	ND	12.28	ND	ND
β-Ocimene	ND	1.86	1.70	ND
1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, (R)-Cyclohexene	ND	7.00	4.37	ND
Eugenol	ND	ND	14.82	26.85
Benzenemethanol	ND	ND	10.30	31.22
trans-Isoeugenol	ND	ND	4.36	11.47
2,6-Dimethoxyphenol	ND	ND	21.76	27.73
Methoxyeugenol	ND	ND	0.57	1.93
4-ethylguaiacol	ND	ND	39.47	27.07
Pyridine	ND	ND	ND	2.14
Lioxin	ND	ND	ND	1.96

ค่าที่แสดงเป็นพื้นที่ใต้กราฟ ($\times 10^6$)

ND = ไม่พบ

4.4. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย แสดงดังตารางที่ 15 พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการแต่งกลิ่นด้วยควันผงมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด 7.5 และ 7.3 คะแนน ตามลำดับ จากภาพที่ 20 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นด้วยควันผงมีสีเขียวสว่างมากที่สุด ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นด้วยไม้สักและไม้ลำไยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุด (5.7และ 5.4 คะแนน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและน้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นควันผงมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด (7.8 และ 7.6 คะแนน ตามลำดับ) แต่น้ำพริกหนุ่มที่รมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยมีคะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด (6.9 และ 6.0 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนลักษณะปรากฏ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นควันผงรมควันด้วยไม้สักและไม้ลำไยมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มชุดความคุมมีความชอบด้านกลิ่นน้อยน้อยที่สุด ($p < 0.05$) นอกจากนี้น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม มีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นควันทุกชุดการทดลอง ($p \geq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นควันทุกสูตรมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) และคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มที่แต่งกลิ่นด้วยควันผงมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.2 คะแนน ดังนั้นน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มแต่งกลิ่นควันผงมีลักษณะปรากฏ และความชอบด้านสีที่ดีกว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่รมควันด้วยไม้สัก และไม้ลำไย การรมควันด้วยไม้สัก และรมควันด้วยไม้ลำไยมีสีที่เข้มกว่า เนื่องจากในขั้นตอนของการรมควันเกิดสารกลุ่ม PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) เป็นสารปนเปื้อนจากควันที่ทำให้เกิดสีดำบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ (Racovita et al., 2020) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแต่งกลิ่นควันทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและความชอบด้านรสชาติสูงกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ไม่แต่งกลิ่นควัน และแต่งกลิ่นควันด้วยควันผง การรมควันไม้สักและไม้ลำไย

ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ชุดควบคุม	7.5±0.5*^{a**}	7.8±0.5^{a}	5.4±0.9^{b}	6.5± 0.8^{b}	6.5± 0.7^{na}	6.0± 0.9^{b}
ควันผง	7.3±0.9^{a}	7.6±0.7^{a}	7.4±1.1^{a}	7.6±1.5^{a}	6.9± 0.8^{na}	7.2± 0.7^{a}
รมควันไม้สัก	5.7±0.8^{b}	6.9±1.3^{b}	7.8±0.7^{a}	7.3± 0.7^{a}	6.5± 0.8^{na}	6.5± 1.8^{b}
รมควันไม้ลำไย	5.4±0.8^{b}	6.0±0.9^{b}	7.3±0.9^{a}	7.2± 0.7^{a}	6.1± 0.7^{na}	6.2± 0.7^{b}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

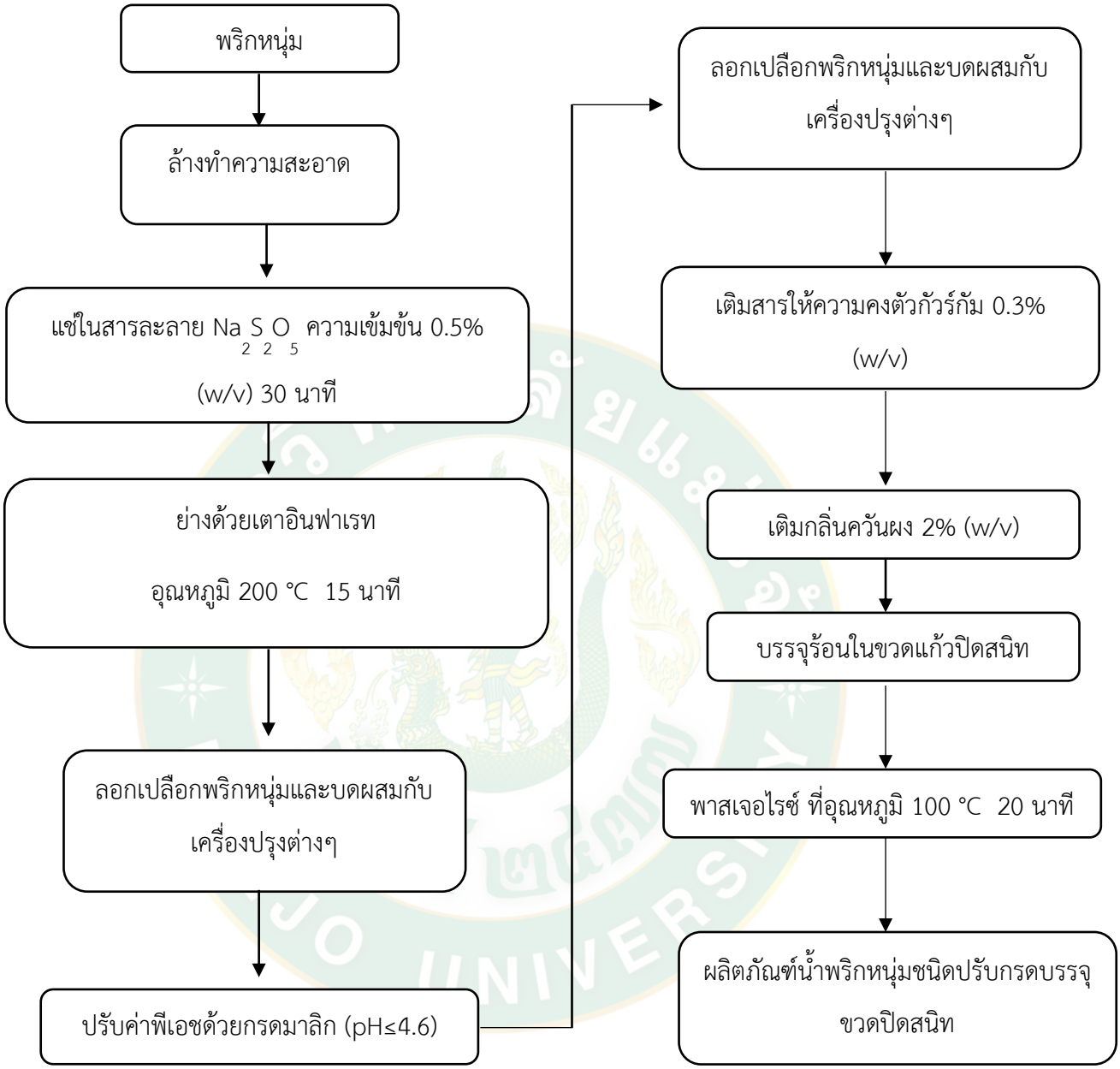
บทที่ 5
สรุปผล

5.1 กระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ก่อนกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสว่างสดใส และไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม

5.2 กรดมาลิกเป็นกรดที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทให้เป็นผลิตภัณฑ์ปรัดกรด ($pH \leq 4.6$) เนื่องจากไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แต่จะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวน้อยกว่ากรดชนิดอื่นๆ

5.3 การเติมกัวร์กัมปริมาณร้อยละ 0.3 ซึ่งเป็นสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมที่สุด ในกระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มสามารถเพิ่มความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิทได้ สามารถลดการปลดปล่อยของน้ำในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้ดีที่สุด โดยไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ

5.4 การแต่งกลิ่นด้วยควันผงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท โดยไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มและมีคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด



ภาพที่ 22 กระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

บรรณานุกรม

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.

André, S., Vallaeys, T. & Planchon, S. 2017. Spore-forming bacteria responsible for food spoilage. **Research in Microbiology**, 168(4), 379-387.

Anuradha, R., Suresh, A. & Venkatesh, K. 1999. Simultaneous saccharification and fermentation of starch to lactic acid. **Process Biochemistry**, 35(3), 367-375.

Arrigoni, O. & De Tullio, M. C. 2002. Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, 15(1), 1-9.

Arun, C., Suwinay, K. & Somkiat, P. 2019. Thai industrial standards institute. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 10(1), 137-149.

Baby, K. C. & Ranganathan, T. V. 2016. Effect of enzyme pretreatment on yield and quality of fresh green chilli (Capsicum annuum L) oleoresin and its major capsaicinoids. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 7(1), 95-101.

Belščak-Cvitanović, A., Durgo, K., Huđek, A., Bačun-Družina, V. & Komes, D. 2018. Overview of polyphenols and their properties. **Polyphenols Properties Recovery and Applications**, 51(1), 3-44.

Benzing-Purdie, L. M., Ripmeester, J. A. & Ratcliffe, C. I. 1985. Effects of temperature on Maillard reaction products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 33(1), 31-33.

Bower, C. & Daeschel, M. 1999. Resistance responses of microorganisms in food environments. **International Journal of Food Microbiology**, 50(1), 33-44.

Cardinal, M., Knockaert, C., Torrissen, O., Sigurgisladottir, S., Mørkøre, T., Thomassen, M. & Vallet, J. L. 2001. Relation of smoking parameters to the yield, colour and

sensory quality of smoked Atlantic salmon (Salmo salar). **Food Research International**, 34(6), 537-550.

Carlson, J., Gould, T. & Slavin, J. 2016. In vitro analysis of partially hydrolyzed guar gum fermentation on identified gut microbiota. **Anaerobe**, 42(1), 60-66.

Chuleeporn, W. 2009. You are what you eat **Rusamilae Journal**, 30(3), 58-62.

Damodaran, S., Parkin, K. L. & Fennema, O. R. 2007. Fennema's food chemistry. 42(1), 1658-1756.

Daramola, J., Fasakin, E. & Adeparusi, E. 2007. Changes in physicochemical and sensory characteristics of smoke-dried fish species stored at ambient temperature. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, 7(6), 126-137.

Den Besten, H. M., Wells-Bennik, M. H. & Zwietering, M. H. 2018. Natural diversity in heat resistance of bacteria and bacterial spores: impact on food safety and quality. **Annual Review of Food Science and Technology**, 9(1), 383-410.

Deshwal, G. K., Tiwari, S., Kumar, A., Raman, R. K. & Kadyan, S. 2021. Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. **Trends in Food Science & Technology**, 109(1), 499-512.

Díazmaroto, M. C., Sánchez-Palomo, E. & Pérez-Coello, M. S. 2004. Fast screening method for volatile compounds of oak wood used for aging wines by headspace SPME-GC-MS (SIM). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52(23), 6857-6861.

Ellis, G. 1959. The maillard reaction. **Advances in Carbohydrate Chemistry**, 14(1), 63-134.

Ferro-Luzzi, A., Cialfa, E., Leclercq, C. & Toti, E. 1994. The Mediterranean diet revisited. Focus on fruit and vegetables. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 45(4), 291-300.

Garti, N. & Reichman, D. 1993. Hydrocolloids as food emulsifiers and stabilizers. **Food Structure**, 12(4), 3-25.

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), 101-152.

Goldberg, I., Rokem, J. S. & Pines, O. 2006. Organic acids: old metabolites, new themes. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology**, 81(10), 1601-1611.

Govindarajan, V. & Salzer, U. J. 1986. Capsicum-Production, technology, chemistry, and quality-Part II. Processed products, standards, world production and trade. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, 23(3), 207-288.

Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B. & Givskov, M. 2002. Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, 78(1), 79-97.

Guillén, M. a. D. & Manzanos, M. a. J. 2002. Study of the volatile composition of an aqueous oak smoke preparation. **Food Chemistry**, 79(3), 283-292.

Habibi, H. & Khosravi-Darani, K. 2017. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 10(1), 130-140.

Hanlon, J. F. & Kelsey, R. J. 1998. Package engineering. **New York: McGraw-Hill Book Company**, 65(1), 235-268.

Heine, H., Williams, D., Rutherford, J., Ramphal, J. & Williams, E. 1993. The reactions of **O**-quinone monoimides with some thiophenes and furans. **Heterocycles**, 35(2), 1125-1140.

Ibarrola, J., Guillén, J., Sandoval, J. & García-Sanz, M. 1998. Modelling of a high temperature short time pasteurization process. **Food Control**, 9(5), 267-277.

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(1), 54-58.

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

Joslyn, M. A. & 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 population 2005-2014. **Bulletin of The Department of Medical Sciences (Thailand)**, 57(1), 58-68.

Kupchan, S. M., Dhingra, O. P. & Kim, C.-K. 1978. Efficient intramolecular monophenol oxidative coupling. **The Journal of Organic Chemistry**, 43(21), 4076-4081.

Larly, R., Kong, Q., Mou, H. & Fu, X. 2017. Effect of guar gum on stability and physical properties of orange juice. **International Journal of Biological Macromolecules**, 98(1), 565-574.

Lee, F. 2012. Basic food chemistry. **Springer Science & Business Media**, 62(2), 1058-1094.

Liao, M.-L. & Seib, P. A. 1988. Chemistry of L-ascorbic acid related to foods. **Food Chemistry**, 30(4), 289-312.

Lorn, D., Ho, P.-H., Tan, R., Licandro, H. & Waché, Y. 2021. Screening of lactic acid bacteria for their potential use as aromatic starters in fermented vegetables. **International Journal of Food Microbiology**, 350(1), 109-242.

Lueangprasert, K., Saengnil, K., Whangchai, K. & Uthaibutra, J. 2012. Effects of Oxalic Acid and Temperature Storage on Browning of 'Hong Huay'Lychee Pericarp. **Agricultural Science Journal**, 96(1), 100-103.

Marques, C., Sotiles, A. R., Farias, F. O., Oliveira, G., Mitterer-Daltoe, M. L. & Masson, M. L. 2020. Full physicochemical characterization of malic acid: Emphasis in the potential as food ingredient and application in pectin gels. **Arabian Journal of Chemistry**, 13(12), 9118-9129.

Martinez, M. V. & Whitaker, J. R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**, 6(6), 195-200.

Mayer, F., Czerny, M. & Grosch, W. 1999. Influence of provenance and roast degree on the composition of potent odorants in Arabica coffees. **European Food Research and Technology**, 209(3), 242-250.

Mcglynn, W. 2003. Importance of food ph in commerical canning operations. **Food Science & Technology**, 56(1), 258-269.

Mudgil, D., Barak, S. & Khatkar, B. 2016. Effect of partially hydrolyzed guar gum on pasting, thermo-mechanical and rheological properties of wheat dough. **International Journal of Biological Macromolecules**, 93(1), 131-135.

Müller, D. A. 2007. Flavours: the legal framework. **Flavours and Fragrances**, 87(2), 15-24.

Nantakornsuttanan, N., Thuphairo, K., Kukreja, R., Charoenkiatkul, S. & Suttisansanee, U. 2016. Anti-cholinesterase inhibitory activities of different varieties of chili peppers extracts. **International Food Research Journal**, 23(5), 365-372.

Nursten, H. E. 2005. The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications. **Royal Society of Chemistry**, 61(1), 138-146.

Odlaug, T. E. & Pflug, I. J. 1978. Clostridium botulinum and acid foods. **Journal of Food Protection**, 41(7), 566-573.

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.

Porter, R., Bratzler, L. & Pearson, A. 1965. Fractionation and study of compounds in wood smoke. **Journal of Food Science**, 30(4), 615-619.

Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E. & Valente-Mesquita, V. L. 2008. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. **Food Reviews International**, 24(4), 361-375.

Racovita, R. C., Secuianu, C., Ciuca, M. D. & Israel-Roming, F. 2020. Effects of smoking temperature, smoking time, and type of wood sawdust on polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation levels in directly smoked pork sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 68(35), 9530-9536.

Rajmohan, S., Dodd, C. & Waites, W. 2002. Enzymes from isolates of Pseudomonas fluorescens involved in food spoilage. **Journal of Applied Microbiology**, 93(2), 205-213.

Rein, M. J. & Heinonen, M. 2004. Stability and enhancement of berry juice color. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52(10), 3106-3114.

Riaz, A., Lagnika, C., Luo, H., Nie, M., Dai, Z., Liu, C., Abdin, M., Hashim, M. M., Li, D. & Song, J. 2020. Effect of Chinese chives (Allium tuberosum) addition to carboxymethyl cellulose based food packaging films. **Carbohydrate Polymers**, 23(1), 115-144.

Robertson, G. L. 2005. Food packaging: principles and practice. **CRC Press**, 23(1), 496-

512.

Roskhrua, P. & Kitchaicharoen, M. 2020. Effects of sugar, citric acid and pectin content on quality of mulberry fruit leather product. **Food Science and Technology**, 40(1), 238-246.

Roy, N., Saha, N., Kitano, T. & Saha, P. 2012. Biodegradation of PVP–CMC hydrogel film: A useful food packaging material. **Carbohydrate Polymers**, 89(2), 346-353.

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

Sebayang, F. & Sembiring, H. 2017. Synthesis of CMC from palm midrib cellulose as stabilizer and thickening agent in food. **Oriental Journal of Chemistry**, 33(1), 519.

Sevenich, R., Kleinstueck, E., Crews, C., Anderson, W., Pye, C., Riddellova, K., Hradecky, J., Moravcova, E., Reineke, K. & Knorr, D. 2014. High-pressure thermal sterilization: food safety and food quality of baby food puree. **Journal of Food Science**, 79(2), 230-237.

Shishov, A., Gagarionova, S. & Bulatov, A. 2020. Deep eutectic mixture membrane-based microextraction: HPLC-FLD determination of phenols in smoked food samples. **Food Chemistry**, 314(1), 126-197.

Shu, P. & Johnson, M. J. 1948. Citric acid. **Industrial & Engineering Chemistry**, 40(7), 1202-1205.

Simon, R., de la Calle, B., Palme, S., Meier, D. & Anklam, E. 2005. Composition and analysis of liquid smoke flavouring primary products. **Journal of Separation Science**, 28(9), 871-882.

Siwawej, S. & Suwanchewakorn, P. 1993. Sorghum vermicelli. **Ahan**, 16(1), 158-164.

Slámová, T., Franková, A. & Banout, J. 2021. Influence of traditional Cambodian smoking practices on the concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in smoked fish processed in the Tonle Sap area, Cambodia. **Journal of Food Composition and Analysis**, 100(1), 103-192.

Soccol, C. R., Vandenberghe, L. P., Rodrigues, C. & Pandey, A. 2006. New perspectives for citric acid production and application. **Food Technology and**

Biotechnology, 44(2), 141-149.

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.

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**, 23(1), 1-13.

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

Uenal, M. U., Şener, A. & Bozdogan, A. 2010. A comparative study of polyphenol oxidase from two varieties of quince (Cydonia oblonga). **Journal of Food Biochemistry**, 34(2), 356-367.

Varlet, V., Knockaert, C., Prost, C. & Serot, T. 2006. Comparison of odor-active volatile compounds of fresh and smoked salmon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54(9), 3391-3401.

Varliklioz Er, S., Eksi-Kocak, H., Yetim, H. & Boyaci, I. H. 2017. Novel spectroscopic method for determination and quantification of saffron adulteration. **Food Analytical Methods**, 10(5), 1547-1555.

Varvara, M., Bozzo, G., Celano, G., Disanto, C., Pagliarone, C. N. & Celano, G. V. 2016. The use of ascorbic acid as a food additive: technical-legal issues. **Italian Journal of Food Safety**, 5(1), 103-125.

Volf, I., Ignat, I., Neamtu, M. & Popa, V. I. 2014. Thermal stability, antioxidant activity, and photo-oxidation of natural polyphenols. **Chemical Papers**, 68(1), 121-129.

Vu, T., Smout, C., Sila, D. N., LyNguyen, B., Van Loey, A. & Hendrickx, M. 2004. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 5(1), 37-44.

Wasserman, A. E. 1966. Organoleptic evaluation of three phenols present in wood smoke. **Journal of Food Science**, 31(6), 1005-1010.

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

Wijewickreme, A. N. & Kitts, D. D. 1998. Metal chelating and antioxidant activity of model Maillard reaction products. **Process Induced Chemical Changes in Food**, 64(1), 245-254.

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

Yen, G. C. & Hsieh, P. P. 1995. Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine Maillard reaction products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 67(3), 415-420.

Yoruk, R. & Marshall, M. R. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review 1. **Journal of Food Biochemistry**, 27(5), 361-422.

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.

Zelle, R. M., De Hulster, E., Van Winden, W. A., De Waard, P., Dijkema, C., Winkler, A. A., Geertman, J.-M. A., Van Dijken, J. P., Pronk, J. T. & Van Maris, A. J. 2008. Malic acid production by Saccharomyces cerevisiae: engineering of pyruvate carboxylation, oxaloacetate reduction, and malate export. **Applied and Environmental Microbiology**, 74(9), 2766-2777.

Zewdie, Y. & Bosland, P. W. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in Capsicum annuum L. **Euphytica**, 111(3), 185-190.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระป๋องหาความชื้น (Moisture Can) พร้อมฝาปิด
2. ที่คีบกระป๋อง
3. ช้อนตักสาร
4. โถดูดความชื้นที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
5. เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์
6. ตู้อบลมร้อน และตู้อบสุญญากาศ

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระป๋องสำหรับหาความชื้นพร้อมฝาปิดด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที นำมาชั่งน้ำหนัก (W1)

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงในกระป๋องสำหรับหาความชื้นที่อบ และชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W2)

3. นำกระป๋องสำหรับหาความชื้นที่ใส่ตัวอย่างแล้วไปอบในตู้อบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาออก

4. นำออกจากตู้อบโดยปิดฝาทันทีแล้วใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็น ประมาณ 30 นาที นำมาชั่งน้ำหนัก

5. นำเข้าอบต่อจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายถึงผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W3)

6. บันทึกข้อมูลและผลการคำนวณลงในแบบบันทึกผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นทั้งหมดดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W2-W3) \times 100}{(W2-W1)}$$

เมื่อ W1 = น้ำหนัก Moisture Can (กรัม)

W2 = น้ำหนัก Moisture Can + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W3 = น้ำหนัก Moisture Can + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา และเครื่องดักจับไอกรด
2. ชุดกลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Sulfuric acid ; H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 98 (w/v)
2. คะตะลิตผสมอัตราส่วนระหว่างคอปเปอรซัลเฟต (Copper sulfate; $CuSO_2.5H_2O$) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 3.5 โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate ; Na_2SO_4) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 96 ซิลิเนียมไดออกไซด (Selenium dioxide ; SeO_2) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 0.5
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด (Sodium hydroxide ; NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40 (w/v)
4. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 N
5. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ประกอบด้วยเมทิลเรด (Methyl red) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอลผสมกับโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอลอัตราส่วน 1 : 1
6. กรดบอริกความข้มข้น ร้อยละ 4 (w/v)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 0.5-2.0 กรัม (W) ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีน ทำ Blank ควบคู่ไปด้วย
2. เติมคะตะลิตผสม จำนวน 8 กรัม
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยเอียงหลอดย่อยโปรตีนและค่อยๆ รินกรดลงข้างๆ หลอดเพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมดและค่อยๆ เขย่าตัวอย่างเบาๆ

4. นำไปย่อยที่ชุดย่อยโปรตีน ใช้เวลาย่อยประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใส จึงปิดชุดย่อยรอจนกระทั่งสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง (ห้ามนำหลอดย่อยไปทำให้เย็นด้วยน้ำ เพราะจะทำให้หลอดย่อยแตกได้)

5. นำสารละลายที่ได้ต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน โดยนำขวดรูปชมพูที่มีกรดบอริกร้อยละ 4 จำนวน 50 มิลลิลิตรและหยดอินดิเคเตอร์ผสมลงไป 6-10 หยด

6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 50 ให้มากเกินพอ (ประมาณ 70-90 มิลลิลิตร) ข้อสังเกต : ถ้าปริมาณด่างมากเกินพอ สารละลายจะมีสีดำ ถ้ายังไม่เกิดสีดำให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มอีก 5-10 มิลลิลิตร

7. เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยให้ทำ Blank ก่อนตัวอย่าง

8. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกจนได้จุดยุติคือสังเกตมีสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายมีสีเทาอมม่วง

9. บันทึกปริมาณสารละลายกรดซัลฟิวริคมาตรฐานที่ใช้ไตเตรท และนำคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนร้อยละ (\%)} = \frac{(V_a - V_b) \times N.\ H_2SO_4 \times .1.4007}{W}$$

เมื่อ Va = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกทีÉใช้ในการไทเทรตตัวอย่างมีหน่วยเป็น มิลลิลิตร(ml.)

Vb = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกทีÉใช้ในการไทเทรต Blank มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร(ml.)

$N.H_2SO_4$ = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก มีหน่วยเป็น M

W = น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

ปริมาณโปรตีน ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก x แฟกเตอร (6.25)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
2. ถ้วยใส่ตัวอย่าง

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

6. โถดูดความชื้น

7. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. เมทธานอล (methanol)

2. คลอโรฟอร์ม (chloroform)

วิธีการวิเคราะห์

1.อบถ้วยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง

2. อบตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง

3. ชั่งน้ำหนักถ้วย

4. ชั่งตัวอย่าง (W2) ที่ต้องการวิเคราะห์ใส่กระดาษกรองเบอร์ 1 ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในไส้กรองที่เตรียมไว้ นำไปใส่เข้าเครื่อง (W1)

5. นำถ้วยที่ชั่งน้ำหนักไว้มาเติม คลอโลฟอร์ม : เมทานอล ในอัตราส่วน 2:1 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วใส่เข้าเครื่อง

6. เปิดเครื่องปรับอุณหภูมิไปที่ 160 องศาเซลเซียส เปิดเครื่องทำความเย็นเปิดวาล์วเลื่อนปุ่มไปที่ boiling ต้มให้เดือด 30 นาที

7. เลื่อนปุ่มไปที่ rinsing เพื่อล้างตัวอย่าง 20 นาที

8. ปิดวาล์ว เปิดสวิทซ์อากาศ เลื่อนปุ่มไปที่ evaporation เพื่อให้สารระเหย 5 นาที

9. ปิดสวิทซ์อากาศ และเครื่องทำความเย็น เลื่อนปุ่ม evaporation กลับตำแหน่งเดิมนำถ้วยออกจากเครื่องอบที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

10. นำถ้วยออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักหลังอบ (W3) คำนวณหาไขมันด้วยสมการ

$$\text{ปริมาณไขมันร้อยละ(\%)} = \frac{W3-W1 \times 100}{W2}$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักถ้วยก่อนอบ

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักถ้วยและไขมันหลังอบ

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Crucible (ถ้วยกระเบื้องเคลือบ)
2. Muffle furnace (เตาเผา)
3. Hot plate
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 ถึง 550องศาเซลเซียส (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) นาน 30 นาทีทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W1) และใส่ตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 กรัม (W2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า

3. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 ถึง 550องศาเซลเซียส จนเถ้าเป็นสีขาว ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาว ให้นำเถ้าออกมาจากเตาเผา ตั้งทิ้งไวให้เย็นแล้วหยดน้ำเล็กน้อย พอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งหรือกระเด็น นำไประเหยให้แห้งบนเครื่องอังไอน้ำและทำซ้ำตามข้อ 2 จนเถ้าขาวและได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W3)

คำนวณหาเถ้าด้วยสมการ

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W3 - W1) \times 100}{(W2 - W1)}$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ

W2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า

5. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีเป็นร้อยละได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า แล้วนำค่าทั้งหมดดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 –(ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

ภาคผนวก ข

กระบวนการผลิตน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวด

ภาพภาคผนวกที่ 1 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดพริกก่อนนำมาแช่สารปรับปรุงคุณภาพสี

ภาพภาคผนวกที่ 2 ขั้นตอนการแช่สารปรับปรุงคุณภาพสี

ภาพภาคผนวกที่ 3 ขั้นตอนการย่างพริกด้วยหม้ออบลมร้อน

ภาพภาคผนวกที่ 4 ขั้นตอนการลอกเปลือกพริก

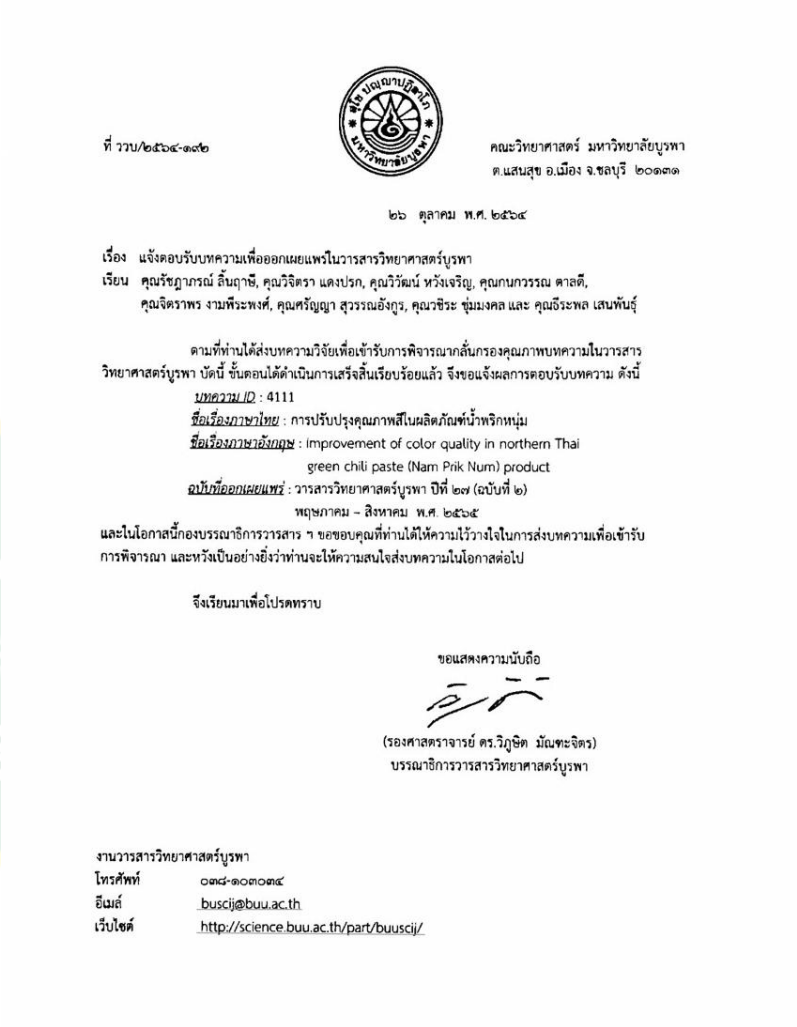
ภาพภาคผนวกที่ 5 ขั้นตอนการปั่นผสมพริกและเครื่องปรุงในเครื่องบดผสม

ภาพภาคผนวกที่ 6 ขั้นตอนการรมควันน้ำพริกหนุ่ม

ภาคผนวก ค

การเผยแพร่ผลงาน

ได้รับการตีพิมพ์บทความวิจัยลงวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา ในหัวข้อเรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม” ปีที่ 27 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2565



ที่ ววบ/๒๕๖๔-๑๓๒

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๖ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง แจ้งตอบรับบทความเพื่อออกเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
เรียน คุณรัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี, คุณวิจิตรา แดงปรก, คุณวิวัฒน์ หวังเจริญ, คุณกนกวรรณ ตาลดี, คุณจิตราพร งามพีระพงศ์, คุณศรัญญา สุวรรณอังกูร, คุณวชิระ ชุ่มมงคล และ คุณธีระพล เสนพันธุ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณากลั่นกรองคุณภาพบทความในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา บัดนี้ ขั้นตอนได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว จึงขอแจ้งผลการตอบรับบทความ ดังนี้

บทความ ID : 4111
ชื่อเรื่องภาษาไทย : การปรับปรุงคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ : Improvement of color quality in northern Thai green chili paste (Nam Prik Num) product
ฉบับที่ออกเผยแพร่ : วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ ๒๗ (ฉบับที่ ๒) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๕

และในโอกาสนี้กองบรรณาธิการวารสาร ฯ ขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความเพื่อเข้ารับการพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะให้ความสนใจส่งบทความในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร)
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา

งานวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๓๕
อีเมล์ buscij@buu.ac.th
เว็บไซต์ http://science.buu.ac.th/part/buuscij/

ภาพภาคผนวกที่ 7 หนังสือตอบรับตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา เรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม”

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

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือในประเทศไทยที่ได้รับความนิยมอย่างสูง แต่ปัญหาของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มคือมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสีน้ำพริกหนุ่มให้มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยศึกษาผลของกระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยสารละลายกรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ต่อลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ใช้กรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความสูงขึ้นถึงระดับร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะมีผลทำให้น้ำพริกหนุ่มมีลักษณะปรากฏดีขึ้น มีสีเขียวสว่างสดใสมากขึ้น โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ขณะที่ ค่าร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) และ ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว (% syneresis) ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การใช้กรดซิตริกส่งผลทำให้ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การใช้ Na_2S_2O ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลทำให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในน้ำพริกหนุ่มเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นกระบวนการแช่พริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก หรือ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีของน้ำพริกหนุ่มได้ดีที่สุด

คำสำคัญ : กรดซิตริก ; คุณภาพสี ; โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ; น้ำพริกหนุ่ม

Abstract

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 Nam Prik Num production on appearance quality, %yield, chemical composition, and physicochemical characteristics of Nam Prik Num were studied. It was found that Nam Prik Num using 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 % syneresis of all treatments of Nam Prik Num products were observed ($p > 0.05$). Use of citric acid in Nam Prik Num slightly decreased in the pH values of Nam Prik Num products. However, use of $Na_2S_2O_5$ 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 a concentration of 0.5 percent prior Nam Prik Num production 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) ซึ่งน้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของชาวล้านนาที่อาศัยอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย 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 ภายหลังกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม พบว่า ผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทาน สีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความสม่ำเสมอ และไม่มีความคงตัวในแต่ละครั้งการผลิต ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัส ทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มของผู้บริโภคลดลง และผู้ประกอบการมียอดขายผลิตภัณฑ์ที่ลดลง 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 ต่อคุณภาพด้านสีของของผลมะกอก

ตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถรักษาคุณภาพสีของผลมะกอกตัดแต่งพร้อมบริโภคให้เขียวสดคงเดิม และยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ Charoenphun & Puttha (2020) ได้ศึกษาการใช้กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ในการยับยั้งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของแก่นตะวันสดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของสีเขียวสดในแก่นตะวันตัดแต่งพร้อมบริโภค ไม่ให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ โดยมีรายงานอีกว่ากรดซิตริกมีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งช่วยลดค่าความเป็นกรดด่าง และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) ที่บริเวณที่เร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถมีกิจกรรมได้ (Ibrahim, 2004; Ahvenainen, 1996) ขณะที่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารที่ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์ และยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (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) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มยังจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีกรดต่ำ (pH ≥ 4.6 และ a_w ≥ 0.85) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (Nawat & Theerachai, 2016) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดซิตริกไม่เพียงแต่การปรับปรุงคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มเท่านั้น 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 จากนั้นนำพริกหนุ่มมาล้างน้ำสะอาด ก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายกรดซิตริก 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 จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายข้างต้นมาย่างด้วยหม้ออบลมร้อน (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

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

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

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

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, U.S.A.) 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. ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว (% syneresis)

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

$$\text{ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว (\% syneresis)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนใส}}{} \times 100 \qquad (3)$$

น้ำหนักตัวอย่าง

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 (N) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วจึงนำปริมาตรของ NaOH ที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม โดยคำนวณด้วยสมการที่ 4

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

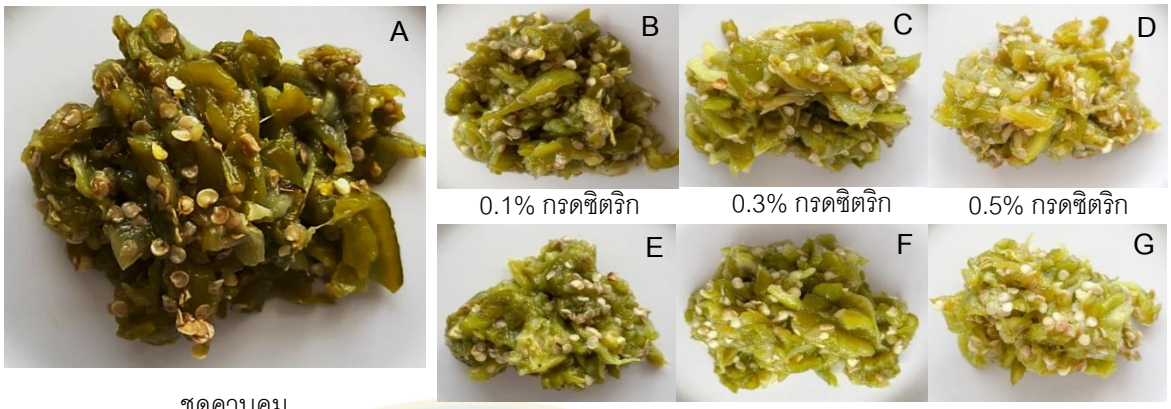
9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

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 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม 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 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น 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) และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

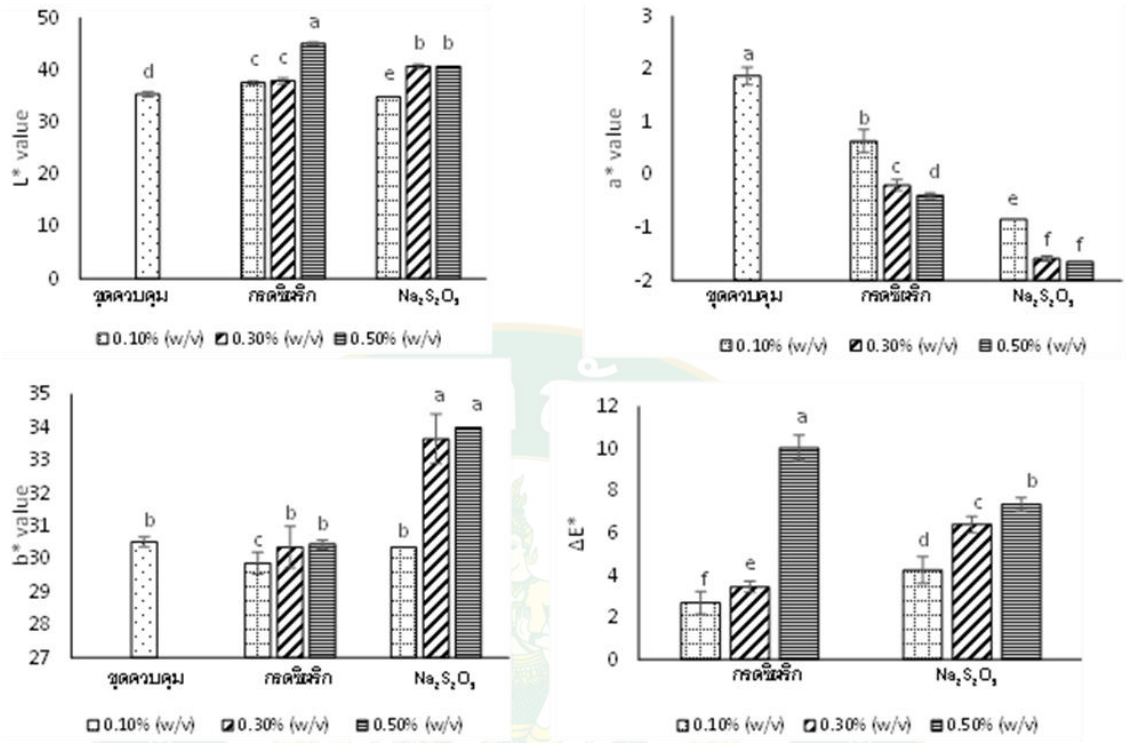
องค์ประกอบทางเคมี (% wet basis)	ชุดควบคุม	กรดซิตริก			โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)		
		0.1%	0.3%	0.5%	0.1%	0.3%	0.5%
ร้อยละผลผลิต	68.99±1.42* ns**	69.72±3.51 ns	69.81±2.07 ns	68.37±0.78 ns	68.29±3.51 ns	69.92±3.98 ns	68.53±1.43 ns
ความชื้น	83.37±1.25 ns	83.09±0.65 ns	82.61±0.35 ns	82.30±0.35 ns	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 พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก 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^*) พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก 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 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. ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว (% syneresis)

ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลวของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ$Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดัง

ตารางที่ 2 พบว่า ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลวของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 5.81-6.34 ซึ่งน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (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 พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 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 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) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผักและผลไม้ยังสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟินอลิคที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; POD) ซึ่งสีน้ำตาลในผักผลไม้

หลายชนิดเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างการผลิต การแปรรูป และระหว่างการเก็บรักษา (Ioannou, 2013) ดังนั้นการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีวิธีที่หลากหลายได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำ การใช้ความร้อนในรูปของน้ำร้อน และการใช้อุณหภูมิสูง รวมทั้งการได้รับสารละลายกรดบางชนิด เช่น กรดซิตริก และการใช้สารเคมีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Lueangprasert et al., 2006) โดยกรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ช่วยลดค่าพีเอช และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) ที่บริเวณเร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO (Ahvenainen, 1996; Ibrahim et al., 2004) ขณะที่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารที่ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ และไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งกลไกการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของพริกหนุ่มเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนจะถูกยังยั้งโดยปฏิกิริยาของซัลไฟต์ไอออนกับ quinone ทำให้ quinone ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นเมลานินซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มได้ (Subanmanee, 2020) โดยจากภาพที่ 1B 1C 1D 1E 1F และ 1G เห็นได้ว่าน้ำพริกหนุ่มที่แช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกและ Na_2S_2O 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) น้ำในพริกหนุ่มระเหยออก พริกหนุ่มจึงสูญเสียน้ำหนักไปในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสูง รวมทั้งขั้นตอนการลอกเปลือกพริกหนุ่ม และตัดขั้วพริกออกในขั้นตอนการอบย่างไฟ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (ตารางที่ 1) พบว่า การแช่พริกหนุ่มในละลายกรดซิตริกและ$Na_2S_2O_5$ 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*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริกและ $Na_2S_2O_5$ 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 และ

ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (ดังตารางที่ 2) พบว่า กระบวนการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และ $Na_2S_2O_5$ น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ แต่กระบวนการแช่กรดซิตริกมีผลต่อค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มเล็กน้อย เนื่องจากกรดซิตริกเป็นกรดอ่อนใช้ประโยชน์เพื่อการถนอมอาหารโดยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้มีรสเปรี้ยวและทำให้ค่าพีเอชของอาหารลดลง (Liew et al., 2018)

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านการนำพริกหนุ่มมาแช่สารละลายกรดซิตริกและ$Na_2S_2O_5$ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่ $Na_2S_2O_5$ 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 และห้างหุ้นส่วนจำกัดบ้านครัวไทย 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.

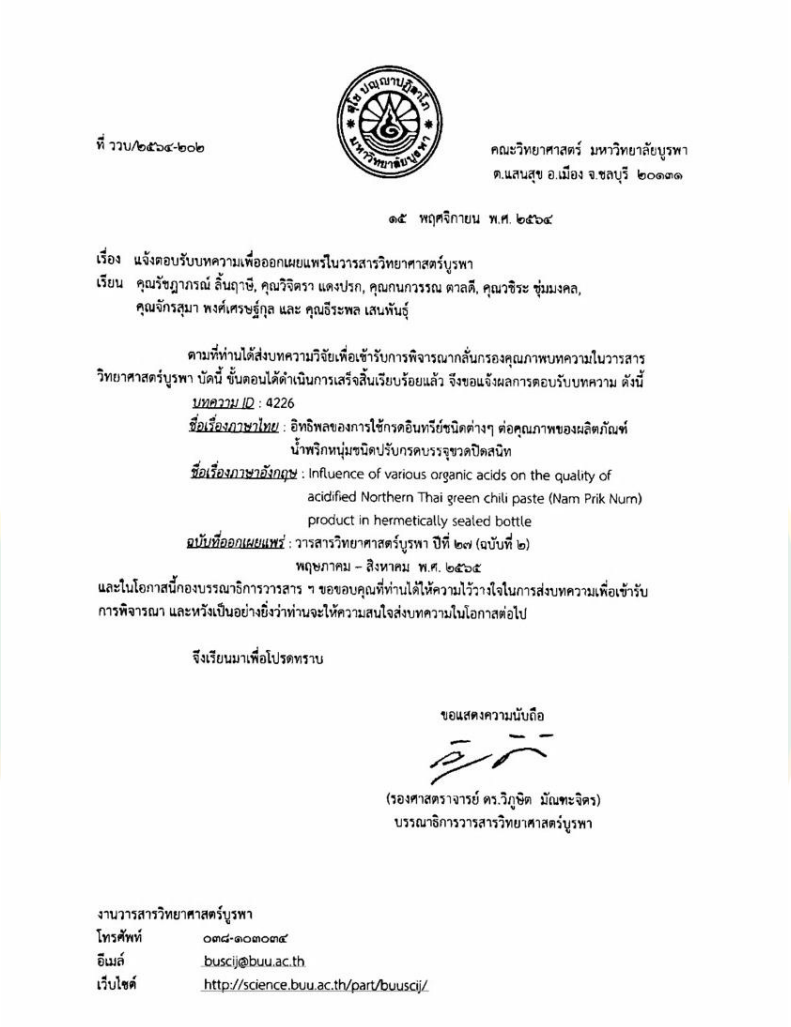
Wedzicha, B., Goddard, S. & Garner, D. (1987). Enzymic browning of sulphocatechol. *International Journal of Food Science and Technology,* 22(6), 653-657.

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.

ได้รับการตีพิมพ์บทความวิจัยลงวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา ในหัวข้อเรื่อง “อิทธิพลของการใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท” ปีที่ 27 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ.2565



ที่ ววบ/๒๕๖๔-๒๐๒

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง แจ้งตอบรับบทความเพื่อออกเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
เรียน คุณรัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี, คุณวิจิตรา แดงปรก, คุณกนกวรรณ ตาลดี, คุณวชิระ ชุ่มมงคล, คุณจักรสุมา พงศ์เศรษฐ์กุล และ คุณธีระพล เสนพันธุ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณากลั่นกรองคุณภาพบทความในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา บัดนี้ ขั้นตอนได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว จึงขอแจ้งผลการตอบรับบทความ ดังนี้

บทความ ID : 4226
ชื่อเรื่องภาษาไทย : อิทธิพลของการใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ : Influence of various organic acids on the quality of acidified Northern Thai green chili paste (Nam Prik Num) product in hermetically sealed bottle
ฉบับที่ออกเผยแพร่ : วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ ๒๗ (ฉบับที่ ๒) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๕

และในโอกาสนี้กองบรรณาธิการวารสาร ฯ ขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความเพื่อเข้ารับการพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะให้ความสนใจส่งบทความในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร)
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา

งานวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๓๕
อีเมล์ buscij@buu.ac.th
เว็บไซต์ http://science.buu.ac.th/part/buuscij/

ภาพภาคผนวกที่ 8 หนังสือตอบรับตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิทยาศาสตร์บูรพา มหาวิทยาลัยบูรพา เรื่อง “อิทธิพลของการใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท”

อิทธิพลของการใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม ชนิดปรับกรดบรรจุขวดปิดสนิท

Influence of various organic acids on the quality of acidified Northern Thai green chili paste (Nam Prik Num) product in hermetically sealed bottle

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี[1] วิจิตรา แดงปรก[1] กนกวรรณ ตาลดี[1] วชิระ ชุ่มมงคล[2] จักรสุมา พงศ์เศรษฐ์กุล[3] และ ธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Ratchadaporn Linruesee[1], Wichittra Daengprok[1], Kanokwan Tandee[1], Vachira Choommongkol[2], Jaksuma Pongsetkul and Theeraphol Senphan[1*]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[3]ภาควิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

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

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

[3]School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารล้านนาที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน แต่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นและเน่าเสียง่าย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อต้องการพัฒนาและศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรด (pH ≤ 4.6) บรรจุขวดปิดสนิท การปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ก่อนบรรจุขวดแล้วฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชด้วยกรดกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก จะมีลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสที่เนียน ละเอียด นุ่ม เละ และมีน้ำแยกออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการปรับค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดทั้งสี่ชนิดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย) และค่าสี (ความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*)) ค่าพีเอช ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำ (%syneresis) และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_4) ที่ตกค้าง ($p \leq 0.05$) แต่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดซิตริก จะมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงกว่าการปรับด้วยกรดชนิดอื่น ($p \leq 0.05$) ดังนั้นกรดซิตริกเป็นกรดที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นสารที่ควบคุมความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์

น้ำพริกหนุ่มก่อนบรรจุขวดฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ โดยจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

คำสำคัญ : กรดอินทรีย์, กระบวนการพาสเจอไรส์, น้ำพริกหนุ่ม, อาหารปรับกรด

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

Abstract

Nam Prik Num is a Lanna Northern Thai food that is very popular food but it contains a short shelf life and perishable foods. Therefore, the objective of this research was to develop the pH adjustment of Nam Prik Num with citric acid, malic acid, ascorbic acid, and lactic acid as acidified food (pH = 4.6) prior containing in hermetically sealed bottle and pasteurized for shelf-life extension and to analyze product qualities. The pH-adjusted of Nam Prik Num with citric acid, malic acid, ascorbic acid, and lactic acid had higher a fine, soft and messy texture and syneresis more than the control samples. Moreover, the pH adjustment of Nam Prik Num with both types of acids had not different on the % yield, chemical compositions (moisture, protein, ash, fat and fiber contents) and color values (lightness (L*), redness values (a*), yellowness value (b*) and ΔE^*) pH values, water activity (a_w), %syneresis and sulphur dioxide content ($p \leq 0.05$) but Nam Prik Num using citric acid had higher sensory acceptance scores by panelist in appearance, color, taste and texture characteristics than other acidified foods ($p \leq 0.05$). Therefore, citric acid is the most suitable acid to be used as acidified food in Nam Prik Num product prior containing in hermetically sealed bottle and pasteurized which can extend the shelf life of the product but the product had slightly sour taste.

Keywords: Organic acids, Sterilization, Nam Prik Num, Food acidulants

บทนำ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นบ้านล้านนาที่ได้รับความนิยมรับประทาน และซื้อขายเป็นของฝากทั่วไปในหลายจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย น้ำพริกหนุ่มทำมาจากวัตถุดิบที่สำคัญคือ พริกหนุ่ม หัวหอม และกระเทียม โดยวิธีการผลิตจะนำวัตถุดิบข้างต้นมาให้ความร้อนด้วยวิธีการย่างไฟหรืออบด้วยเครื่องอบที่อุณหภูมิสูง 150-180 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาแกะลอกเปลือกและบดผสมกับเครื่องปรุงรสต่างๆ ได้เป็นน้ำพริกหนุ่ม (Puripunyavanich, 2019) อย่างไรก็ตามน้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักสูงถึงร้อยละ 90 (Ruanma et al., 2010) ทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (spoilage microorganism) เจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียง่ายมาก และมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (อายุประมาณ 1-2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง) ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (Penwarat, 2021) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มเน่าเสียเร็ว ได้แก่ สุขลักษณะการผลิตที่ไม่ดี จุลินทรีย์จำนวนมากที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารและสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม (Pichai and Khanteekul, 2015) ทำให้ในปัจจุบันมีการใช้เทคนิคหรือหลักการถนอมอาหารต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงอุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ในระดับทางการค้า (commercial sterilization) ได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทที่มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน 1-2 ปี เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิทจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีกรดต่ำ (pH $\geq$ 4.6 และ $a_w \geq 0.85$) ทำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ที่สำคัญคือ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคโบทูลิซึม (botulism) ที่มีอันตรายร้ายแรง สามารถสร้างสารพิษที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท (neurotoxin) ซึ่งหากรับประทานสารพิษชนิดนี้ในปริมาณน้อยมากเพียง 0.1 ไมโครกรัมก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ (Lorn et al., 2021) เพื่อป้องกันอันตรายดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนในปริมาณที่สูงในการทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว แต่การใช้ความร้อนในปริมาณที่สูงจะผลต่อคุณภาพด้านลบต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดปิดสนิท คือทำให้ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ดี ผลิตภัณฑ์ไม่คงตัวมีน้ำเยิ้มออกจากผลิตภัณฑ์ และทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอาหาร ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการพัฒนากระบวนการปรับกรดผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มให้มีค่าพีเอชต่ำกว่าพี่เอช 4.6 หรือเรียกว่าอาหารปรับกรด (acidified food) ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์จุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* ได้ ก่อนนำมาบรรจุขวดร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มให้มีอายุการเก็บรักษายาวนาน 1-2 ปี เช่นกันที่อุณหภูมิห้อง แต่มีข้อดีคือจะทำให้ได้น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่มีคุณภาพผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงน้ำพริกหนุ่มสดมากกว่าและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า Saowakon และคณะ (2011) รายงานผลของความร้อนและค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการยับยั้งสปอร์ของเชื้อ *Clostridium sporogeneses* ในผลิตภัณฑ์หน่อไม้ลวกต้มบรรจุถุงปิดสนิท พบว่าการปรับด้วยกรดซิตริกร้อยละ 0.3 จะทำให้ผลิตภัณฑ์หน่อไม้ลวกต้มมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5

และพบสปอร์ของ *C. sporogenes* มีแนวโน้มลดลงหลังการให้ความร้อน และการใช้ความร้อนร่วมกับการปรับกรดจะทำ ให้ค่า D (Decimal Reduction Time) และ TDT (Thermal death time) ลดลงถึงร้อยละ 40-50 ซึ่งกรดอินทรีย์ ที่นิยมใช้สำหรับปรับให้อาหารเป็นกรด ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดแลคติก (lactic acid) กรดมาลิค (malic acid) และ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับพีเอชน้ำพริกหนุ่มให้เป็นกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยาม ขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาดก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลายเท่ากับ 1: 5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ มาย่างในหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำพริกหนุ่มย่างมาลอกเปลือกนอกออก ก่อนนำพริกหนุ่ม 100 กรัม มาบดผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ซีอิ๊วขาว 1.8 กรัม ผงปรุงรส 1.2 กรัม ผงชูรส 0.2 กรัม และเกลือป่น 0.5 กรัม ด้วยเครื่องบดผสม (Model FDP302SI, Kenwood, Tokyo) ปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.6 (น้ำพริกหนุ่มมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.7) และเตรียมน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมตามวิธีการข้างต้นแต่ไม่ปรับค่าพีเอช จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มทั้ง 3 ชุดการทดลองน้ำหนัก 180 กรัม บรรจุในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปนึ่งในลังถึงปิดฝาที่อิ่มตัวไปด้วยไอน้ำร้อน (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนปิดฝาขวดชนิดฝาลัก (lug cap) อย่างรวดเร็ว และคว่ำขวดลงบนพื้นโต๊ะนาน 15 นาที จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดไปต้มน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 20 นาที ก่อนทำให้เย็น จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

2. วิเคราะห์ลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน (ชุดควบคุม) และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ก่อนการบรรจุขวดโดยบันทึกภาพถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Model **α**5000, Sony, Tokyo)

3. วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต (%Yield)

คำนวณหาร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ก่อนการบรรจุขวดโดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำพริกหนุ่ม และน้ำหนักพริกหนุ่มเริ่มต้นกับน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ตามสมการที่ 1

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

4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05, 984.13 และ 935.5 ตามลำดับ (AOAC, 2000)

5. วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab , ColorFlex® EZ. U.S.A.) ในระบบ CIE โดยวิเคราะห์ค่า L* -value (ค่าความสว่าง), a* -value (สีแดง/เขียว), b* -value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) และวัดค่าความแตกต่างของสี ΔE^* โดยคำนวนด้วยสมการที่ 2

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

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

6. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ตามวิธีของ Simpson และคณะ (2012) 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)

7. วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก มาหาค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Water activity

(AquaLab, AQUA LAB Series 3 TE, U.S.A.) ใช้ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 1 กรัม ใส่ลงในเซลล์ของเครื่องเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ที่อุณหภูมิ 25 ºC

8. วิเคราะห์ร้อยละการแยกตัวของน้ำ (%Syneresis)

นำตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าร้อยละการแยกตัวของน้ำตามวิธีของ Puvanenthiran และคณะ (2002) โดยการเทตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม 50 กรัมในกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK) เพื่อกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง และนำส่วนน้ำที่แยกได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว โดยคำนวนด้วยสมการที่ 3

$$\text{ค่าร้อยละการแยกตัวของของเหลว (\% syneresis)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนใส}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \qquad (3)$$

9. วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิเคราะห์หาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ Ferrarini และคณะ (2020) ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก ด้วยวิธีการกลั่น ชั่งตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มประมาณ 2 กรัม ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร ต่อเข้าชุดกลั่นทันทีซึ่งชุดกลั่นมีสารละลาย 0.3 % ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 10 มิลลิลิตร และเติม methylene blue indicator 1 หยดได้สารละลายสีเขียว กลั่นโดยใช้ความร้อนจากตะเกียงเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เก็บได้ที่มีการเปลี่ยนเป็นสีม่วงไปไตเตรทกับ 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วจึงนำปริมาตรของ NaOH ที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม โดยคำนวณด้วยสมการที่ 4

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

10. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก โดยใช้วิธีการทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับคะแนน (9-point hedonic scale) ใช้เกณฑ์ 1 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด โดยจะมีการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน ช่วงอายุประมาณ 18-60 ปี จำนวน 60 คน

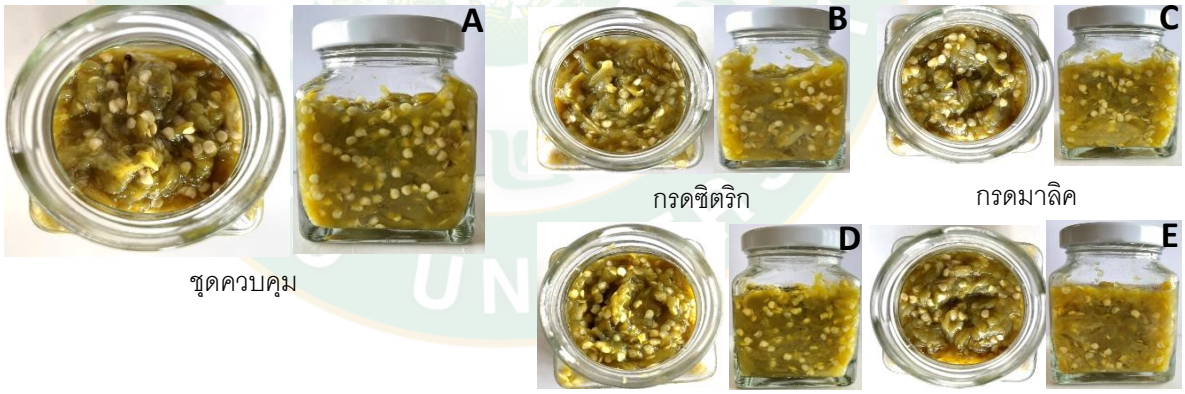
11. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 19.0 for windows, SPSS Inc, Chicago IL USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดชุดควบคุมที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรด (pH ≤ 4.6) ด้วยกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ภาพที่ 1B 1C 1D และ 1E) มีเนื้อลักษณะสัมผัสที่เนียนละเอียด นุ่ม เละ และมีน้ำเยิ้มที่ออกมาปริมาณมากที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม (ภาพที่ 1A) ซึ่งน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบ มีความคงตัว และไม่มีน้ำเยิ้มออกมาจากผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านการปรับกรด (A) ผ่านการปรับกรดด้วยกรดซิตริก (B) กรดมาลิค (C) กรดแอสคอร์บิก (D) และกรดแลคติก (E)

2. ร้อยละผลผลิต

ค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดชุดควบคุมที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีค่าร้อยละผลผลิตอยู่ในช่วง 66.99 – 68.83% ซึ่งค่าร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

3. องค์ประกอบทางเคมี

ค่าร้อยละองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเยื่อใยของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใยของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยของน้ำพริกหนุ่มทั้งห้าชุดการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 82.04 – 82.93, 0.98 – 1.12, 0.29 – 0.32 และ 0.14 – 0.16 ตามลำดับ ขณะที่ค่าร้อยละปริมาณเถ้าของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรมีค่าร้อยละปริมาณเถ้าเท่ากันคือร้อยละ 0.02

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก

องค์ประกอบทางเคมี (%น้ำหนักสด)	ชุดควบคุม	กรดซิตริก	กรดมาลิค	กรดแอสคอร์บิก	กรดแลคติก
ร้อยละผลผลิต	66.99±3.30* ns**	67.96±0.99	67.72±0.92	68.05±1.10	68.83±0.30
ความชื้น	82.54±0.41 ns	82.04±0.68	82.55±0.13	82.18±0.72	82.93±0.23
โปรตีน	0.98±0.07 ns	1.08±0.16	1.12±0.10	1.01±0.04	1.07±0.09
เถ้า	0.02±0.01 ns	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
ไขมัน	0.30±0.03 ns	0.29±0.02	0.30±0.01	0.32±0.02	0.30±0.01
เยื่อใย	0.16±0.01 ns	0.17±0.01	0.16±0.02	0.14±0.02	0.16±0.03

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

4. ลักษณะทางเคมีกายภาพ

ลักษณะทางเคมีกายภาพได้แก่ ค่าสี ค่าพีเอช ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำ(%Syneresis) และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดชุดควบคุมไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำพริกปรับกรดทุกชุดการทดลองมีค่าสี ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำ และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองจะมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 40.83 – 40.87 ค่าสีเขียว (a^*) อยู่ในช่วง -1.65 – -1.66 ค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 33.69 – 33.94 และค่าความต่างสี (ΔE^*) อยู่ในช่วง 0.31– 0.43 อย่างไรก็ตามค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติกมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.50 – 4.56 ซึ่งมีค่าพีเอชต่ำกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ได้ปรับกรดซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.76 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าน้ำพริกปรับกรดทุกชุดการทดลองมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.98 – 0.99 ค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 6.93 – 7.28 และค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างอยู่ในช่วง 257.21 – 288.88 ppm

ตารางที่ 2 ลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก

ลักษณะทางกายภาพ	ชุดควบคุม	กรดซิตริก	กรดมาลิค	กรดแอสคอร์บิก	กรดแลคติก
ค่าสี					
L^*	40.86±0.13$^{*\ ns***}$	40.83±0.06^{ns}	40.87±0.07^{ns}	40.87±0.06^{ns}	40.87±0.05^{ns}
a^*	-1.66±0.03^{ns}	-1.66±0.03^{ns}	-1.66±0.03^{ns}	-1.66±0.03^{ns}	-1.65±0.04^{ns}
b^*	33.73±0.26^{ns}	33.69±0.23^{ns}	33.82±0.16^{ns}	33.88±0.22^{ns}	33.94±0.18^{ns}
ΔE^*	-	0.35±0.19^{ns}	0.37±0.21^{ns}	0.31±0.23^{ns}	0.43±0.27^{na}
pH	5.76±0.03^{b**}	4.50±0.02^{a}	4.55±0.03^{a}	4.56±0.03^{a}	4.55±0.02^{a}
a_w	0.98±0.00^{ns}	0.98±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}	0.99±0.00^{ns}
% Syneresis	7.28±2.94^{ns}	7.10±2.86^{ns}	6.93±2.89^{ns}	7.17±2.69^{ns}	7.24±2.78^{ns}
SO_4 (ppm)	278.68±2.16^{ns}	257.21±17.14^{ns}	280.92±2.28^{ns}	288.88±21.98^{ns}	260.37±22.36^{ns}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=3)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดชุดควบคุมที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่มีการปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุด (6.3 คะแนน) (ภาพที่1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรัดกรดด้วยกรดซิตริกมีสีเขียวสว่างที่ดูน่ารับประทานมากที่สุด ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏน้อยที่สุด (3.4 คะแนน) และน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด (6.6 คะแนน) แต่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด (4.0 คะแนน) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนลักษณะปรากฏ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นพบว่าน้ำพริกหนุ่มปรับกรดด้วยกรดซิตริกและกรดมาลิคมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีความชอบด้านกลิ่นน้อยกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่าน้ำพริก

หนุ่มทุกสูตรมีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดซิตริกและกรดมาลิคมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดเท่ากับ 5.1 คะแนน และคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.0 คะแนน ส่วนสูตรที่มีความชอบใกล้เคียงกับชุดควบคุมคือสูตรที่ปรับกรดด้วยกรดมาลิคซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.5 ส่วนสูตรที่มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกและกรดแลคติกมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.3 และ 5.2 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก

ตัวอย่างน้ำพริกหนุ่ม	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ชุดควบคุม	5.9±0.8*^{b**}	5.9±0.7^{b}	6.4±0.8^{a}	7.5± 0.6^{a}	6.5± 0.8^{a}	7.0± 0.7^{a}
กรดซิตริก	6.3±0.9^{a}	6.6±0.9^{a}	6.4±1.0^{a}	6.6±0.5^{b}	6.9± 0.8^{a}	6.2± 0.7^{bc}
กรดมาลิค	5.7±0.8^{b}	5.9±0.8^{b}	6.8±0.7^{a}	6.3± 0.7^{b}	6.5± 0.8^{a}	6.5± 0.8^{b}
กรดแอสคอร์บิก	3.4±0.8^{c}	4.0±0.7^{c}	5.3±0.9^{b}	6.2± 0.7^{b}	5.1± 0.7^{c}	5.2± 0.7^{e}
กรดแลคติก	5.6±0.7^{b}	6.0±0.7^{b}	5.1±0.7^{b}	6.2± 0.6^{b}	5.9± 0.7^{b}	5.2± 0.8^{c}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน (n=60)

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก มีลักษณะลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสเนียน ละเอียด นุ่ม เละกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากการปรับกรดจะทำให้เพกตินและสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของพริกหนุ่มเกิดปฏิกิริยาการสลายด้วยน้ำโดยกรดเป็นตัวเร่ง (acid hydrolysis) ทำให้เกิดการสลายพอลิเมอร์ (Vu et al., 2004) จึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างเละเนียนละเอียด และมีน้ำเยิ้มมากกว่าชุดควบคุมควบคุม

ร้อยละผลผลิตของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าค่าผลผลิตร้อยละอยู่ในช่วง 66.99-68.83 เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปน้ำพริกหนุ่มมีขั้นตอนในการอบย่างไฟ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

15 นาที ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อน (Getahun et al., 2021) นอกจากนี้การลอกเปลือกและตัดขั้วพริกพริกหนุ่มออกภายหลังขั้นตอนการอบย่างไฟ ซึ่งเป็นของเสีย (waste) จากกระบวนการผลิตทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักไปในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสูง และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก พบว่าการเติมกรดในปริมาณน้อยไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่ม แต่อาจจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เติมเป็นกรดอ่อนและเติมในปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ (Roskhrua and Kitchaicharoen, 2020)

ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ตารางที่ 2) พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดมีสีที่สว่างสดใสไม่แตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากขั้นตอนเริ่มต้นของการผลิตน้ำพริกหนุ่มสเตอริไลซ์บรรจุขวดมีการใช้สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในการแช่พริกหนุ่มก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรด เนื่องจาก $Na_2S_2O_5$ ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ไปรีดิวซ์ *o*-quinone กลับไปเป็น diphenol ซึ่งไม่มีสี หรือทำปฏิกิริยากับ *o*-quinone เปลี่ยนไปเป็นสารอื่นซึ่งไม่มีสีและค่อนข้างเสถียร นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีในผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คงตัวอีกด้วย (Arrigoni and De Tullio, 2002) ดังนั้นการปรับกรดจะไม่มีผลต่อคุณภาพสีในน้ำพริกหนุ่มปรับกรดพาสเจอไรส์บรรจุขวด (Yang et al., 2000) นอกจากนี้ค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก (ตารางที่ 2) พบว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับพีเอชมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากมีการปรับกรดให้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.6 เนื่องจากค่าพีเอชต่ำสุด (Minimum pH) สามารถยับยั้งเชื้อและสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่สามารถเจริญได้ที่ที่สภาวะไม่มีอากาศ (Anaerobe) สามารถเจริญอยู่ได้และสามารถผลิตสารพิษนิวโรทอกซิน (Neurotoxin) ออกมาปนเปื้อนในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท (Odlaug and Pflug, 1978) อย่างไรก็ตามค่าร้อยละการแยกชั้นของน้ำมีค่าสูง เนื่องจากขั้นตอนแปรรูปด้วยการปรัดกรดน้ำพริกหนุ่มมีการเติมกรดอินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดปฏิกริยา acid hydrolysis ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้น้ำเยิ้มออกมาจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปับกรดบรรจุขวด (Ferrari and Hubinger, 2008)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดด้วยกรดซิตริก กรดมาลิค กรดแอสคอร์บิก และกรดแลคติก แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรดมีลักษณะปรากฏ และความชอบด้านสีที่ค่อนข้างดีกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากมีการเติมกรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสารที่ควบคุมความเป็นกรด (acidulant) ที่ดีสามารถละลายที่ค่าพีเอชต่ำ เนื่องจากกรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ช่วยลดค่าพีเอช และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) บริเวณที่เร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO (Yue-Ming et al., 1997) ซึ่งทำให้สีของน้ำพริกหนุ่มมีสีที่น่ารับประทานยิ่งขึ้น ส่วนน้ำพริกหนุ่มปรับกรดมาลิคมี

คะแนนความชอบด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมสูงที่สุดขณะที่น้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสสูงที่สุด อาจมีกลิ่นรสเปรี้ยวจากกรดชนิดต่างๆ ความรู้สึกเปรี้ยวของกรดอินทรีย์อ่อนสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ กรดทาร์ทาริก กรดแลคติก กริดอะซิติก กรดซิตริก ตามลำดับ (Siwawej, 1992) จึงทำให้น้ำพริกหนุ่มสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การใช้กรดกรดซิตริกเป็นกรดที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นสารที่ควบคุมความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มบรรจุขวด และสามารถปรับปรุงคุณภาพของน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำพริกหนุ่ม แต่จะมีผลต่อการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท 2/2561 เลขที่สัญญา MSD62I0083 และห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านครัวไทย และขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Autthanop, B. 2009. Long term shelf life extension of Nam Prik Noom from *Capsicum annuun L. var. Maeping* using high pressure technique. *Master of Science (Food Science and Technology),* 23(2),12-23.

Chipley, J. R. 2005. Sodium benzoate and benzoic acid. *Food Science and Technology New York Marcel Dekker*, 145(11), 458-497.

Ferrari, C. C. & Hubinger, M. D. 2008. Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(11), 2065-2074.

Ferrarini, R., Celotti, E., Versari, A. & Galassi, S. 2000. The determination of total SO_2 in grape juice. A comparison among five methods. *Food Additives & Contaminants,* 17(12), 973-977.

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(10), 10-52.

Guerrero-beltran, J. A.,Barbosa-canovas, G. V., Moraga-Ballesteros, G. E. M. M. A., Moraga-BallesTeros, M. J., & Swanson, B. G. 2006. Effect of pH and ascorbic acid on high

hydrostatic pressure-processed mango puree. *Journal of Food Processing and Preservation,* 30(5), 582-596.

Jiang, Y., Pen, L. & Li, J. 2004. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 325-328.

Kanjana, M. & Wachira, K. 2011. Shelf life extension of fresh noodle. *Journal of Food Technology,* 6(1), 27-34.

Lorn, D., Ho, P.H., Tan, R., Licandro, H. & Waché, Y. 2021. Screening of lactic acid bacteria for their potential use as aromatic starters in fermented vegetables. *International Journal of Food Microbiology*, 350(1), 109-242.

Metin, S., Erkan, N., Varlik, C. & Aran, N. 2001. Extension of shelf-life of chub mackerel (*Scomber japonicus Houttuyn 1780*) treated with lactic acid. *European Food Research and Technology,* 213(3), 174-177.

Odlaug, T. E. & Pflug, I. J. 1978. *Clostridium botulinum* and acid foods. *Journal of Food Protection*, 41(7), 566-573.

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.

Puripunyavanich, V., Suwan, N., Nan, T. N. & Sutthanukul, P. 2019. Discover of giant chili in Nan Province, Thailand. *Food Technology*,567-582.

Pussadee, T. 2010. Effect of ascorbic acid and temperatures on survival of heat stressed *Salmonella sp*. in pure culture and pork. *Science in Animal Science*, 15(1), 1-15.

Puvanenthiran, A., Stevovitch-Rykner, C., McCann, T. H. & Day, L. 2014. Synergistic effect of milk solids and carrot cell wall particles on the rheology and texture of yoghurt gels. *Food Research International*, 62(1), 701-708.

Roskhrua, P. & Kitchaicharoen, M. 2020. Effects of sugar, citric acid and pectin content on quality of mulberry fruit leather product. *Food Science and Technology*,58-69

Ruanma, K., Shank, L. & Chairote, G. 2010. Phenolic content and antioxidant properties of green chilli paste and its ingredients. Maejo International Journal of Science and Technology, 4(2), 193-200.

Salakjit, N. 2007. Development of Lychee juice with butterfly pea flower extract. *Food Science and Technology*, 16(2) 1-14.

Saowakon, T., Pravet, T., Karanee, T. 2002. Thermal and pH Inactivation of Clostridium sporogenes Spores in Boiled Bamboo Shoots in Plastic Bag. *Food Science and Technology*, 749-754.

Simpson, B. K., Nollet, L. M., Toldrá, F., Benjakul, S., Paliyath, G. & Hui, Y. 2012. Food biochemistry and food processing. *Food Technology*, 40(1), 238-246.

Siwawej, S. 1992. Food Additives. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.16(1), 158-164.

Sujarit, C., Lohalausanadech, S. & Kachenpukdee, N. 2019. Supplementation of synthesized organic acids in soybeanpaste fermentation for safety consumption of Ban Kwai Community Enterprise Group, Na Yong District Trang Province. *Science and Fisheries Technology*, 20(1), 124-153.

Vu, T., Smout, C., Sila, D. N., LyNguyen, B., Van Loey, A. & Hendrickx, M. 2004. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. *Innovative Food Science & Emerging Technologies,* 5(1), 37-44.

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.

Zhang, H., Xu, J., Chen, Q., Wang, H. & Kong, B. 2021. Physiological, morphological and antioxidant responses of *Pediococcus pentosaceus R1* and *Lactobacillus fermentum R6* isolated from harbin dry sausages to oxidative stress. *Foods,* 10(6), 1-13.

Zhong, Z., Li, G., Zhu, B., Luo, Z., Huang, L. & Wu, X. 2012. A rapid distillation method coupled with ion chromatography for the determination of total sulphur dioxide in foods. *Food Chemistry,* 131(3), 1044-1050.

การนำเสนอผลงานทางวิชาการเรื่อง ผลของกรดซิตริกและแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวด ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 ระหว่างวันที่ 24-25 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ณ มหาวิยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ทางระบบออนไลน์ด้วยโปรแกรม Zoom

ภาพภาคผนวกที่ 9 บทคัดย่อการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564 "นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"

บทคัดย่อการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 24-25 ธันวาคม 2564 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของกรดซิตริกและแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวด

Effect of Citric and Ascorbic Acids on Quality of Pasteurized Northern Thai Green Chili Paste (Nam Prik Num) in Glass Container Product

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี[1] วิจิตรา แดงปรก[1] กนกวรรณ ตาลดี[1] วชิระ ชุ่มมงคล[2] มธุรส ชัยหาญ[3] และธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Ratchadaporn Linruesee[1], Wichittra Daengprok[1], Kanokwan Tandee[1], Vachira Choommongkol[2] Mathurot Chaiharn[3] and Theeraphol Senphan[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Chemistry Program, Faculty of Science, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Division of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author. theeraphol_s@mju.ac.th

Abstract

Nam Prik Num is a local food in the northern part of Thailand that is very popular food but it's a short shelf life and perishable foods. Therefore, the objective of this research was to develop the pH adjustment of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid as acidified food (pH=4.6) prior bottle containing and pasteurized for shelf-life extension and to analyze quality. pH-adjusted of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid had higher a fine texture and syneresis more than the control. The pH adjustment of Nam Prik Num with both types of acids had no effect on the % yield, chemical compositions (moisture, protein, ash and fat) and color values (lightness (L*), redness values (a*), and yellowness value (b*)) but it had affected on the sensory acceptance by consumers. Therefore, pH adjustment of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid as acidified food (pH=4.6) prior bottle containing and pasteurized can extend the shelf life of the product but the product had slightly sour taste, affecting on the sensory acceptance by consumers.

Keywords: citric acid, ascorbic acid, acidified food, sterilization

ภาพภาคผนวกที่ 9 บทคัดย่อการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564 “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” (ต่อ)

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นเมนูอาหารประจำท้องถิ่นภาคเหนือที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน แต่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นและเน่าเสียง่าย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อต้องการพัฒนา และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรด (pH=4.6) การปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดซิตริกและแอสคอร์บิก ก่อนบรรจุขวดแล้วฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชด้วยกรดกรดซิตริกและแอสคอร์บิก จะมีลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียด และมีน้ำแยกออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการปรับค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตองค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน) และค่าสี (ความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*)) แต่จะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคลดลง ดังนั้นการปรับค่าพีเอชด้วยกรดซิตริกและแอสคอร์บิกในผลิตภัณฑ์ของน้ำพริกหนุ่มก่อนบรรจุขวดฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ จะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์จะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

คำสำคัญ: กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก อาหารปรับกรด กระบวนการพาสเจอไรส์

ภาพภาคผนวกที่ 9 บทคัดย่อการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564 “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” (ต่อ)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

เกียรติบัตรประกาศเกียรติคุณนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

นางสาวรัชฎาภรณ์ สิ้นฤาษี

ได้นำเสนอผลงานทางวิชาการ **ภาคบรรยาย**
เรื่อง

ผลของกรดซิตริกและแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวด

ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564
วันที่ 24-25 ธันวาคม พ.ศ. 2564
ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

(รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาพภาคผนวกที่ 10 เกียรติบัตรการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤาษี

เกิดเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2536

ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี: ปี 2555-2559 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ (GPA: 3.25)

มัธยมศึกษา: ปี 2549-2554 โรงเรียนจักรคำคณาทร จังหวัดลำพูน (GPA: 3.34)

ประถมศึกษา: ปี 2543-2548 โรงเรียนจิระพิทยา จังหวัดลำพูน

ประวัติการทำงาน 1. สถาบันรับรองระบบการผลิตผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ตำแหน่งงาน : ผู้ตรวจประเมิน

ระยะเวลางาน : ปี2559 – ปี2560

2. ผู้ช่วยนักวิจัยโครงการแปรรูปอาหารอินทรีย์ โครงการ การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปและการตลาดอาหารอินทรีย์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตำแหน่งงาน : เจ้าหน้าที่บริหารโครงการ ทดสอบผลิตภัณฑ์เตรียมการฝึกอบรมและประสานงาน และเป็นผู้ช่วยวิทยากร

ระยะเวลางาน : ปี2561 – ปี2562