P-ISSN 0858-4435
E-ISSN 2651-1231
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj
ปีที่ 30 ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2565) หน้า [34-49]

ผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

Effect of Sterilization Process on Physicochemical and Sensory Properties of Zongzi from Black Sticky Rice and Riceberry Rice in Retort Pouch

สุนัน ปานสาคร*, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
Sunan Parnsakhorn*, Jaturong Langkapin
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology, Pathum Thani 12110

Received 16 August 2022; Received in revised 12 October 2022; Accepted 25 October 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ เพื่อการออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมโดยฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที ตามลำดับ หลังกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด < 10 โคโลนีต่อกรัม อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค จากนั้นทดสอบค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี (L*, a*, b*) ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE*) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และระดับความพึงพอใจของผู้บริโภค เปรียบเทียบกับสมบัติต่างๆ ก่อนการฆ่าเชื้อ โดยพบว่าค่า L* และ a* มีแนวโน้มลดลงหลังการฆ่าเชื้อในขณะที่ค่า b* และ ΔE* เพิ่มขึ้นหรือผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นหลังการฆ่าเชื้อที่เวลานาน ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.30 นิวตัน และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) หลังการฆ่าเชื้อ เช่นเดียวกับปริมาณสารแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการฆ่าเชื้อเช่นกัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อให้ค่าสูงสุดที่ 1.265 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีแนวโน้มลดลงหลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 15 และ 20 นาที โดยให้ค่าเท่ากับ 1.241 1.144 และ 0.885 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในส่วนค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของทุกสภาวะการทดสอบ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ คือ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** sunan.p@en.rmutt.ac.th **doi:**

เนื่องจากให้คุณสมบัติที่ดีทั้งลักษณะปรากฏ ด้านทางกายภาพและเคมี มีปริมาณจุลินทรีย์หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังนั้นจึงปลอดภัยสำหรับการบริโภค สุดท้ายผู้บริโภคให้ระดับความพึงพอใจสูงสุดกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ก่อนการบริโภค

คำสำคัญ: บ๊ะจ่าง; ข้าวเหนียวดำ; ข้าวไรซ์เบอรี่; รีทอร์ทเพาช์; สเตอริไลซ์

Abstract

This research examines the effect of heating on the quality of Zongzi products from black sticky rice and riceberry in the retort pouch. Including, the design of an appropriate sterilization process was studied at 121 °C for 10, 15, and 20 minutes, respectively. It was found that the total visible count < 10 CFU/g, which is safe for consumption. Then the moisture content value, water activity, color value (L*, a*, b*), total color difference (ΔE*), anthocyanin content and sensory evaluation were tested and compared with various properties before sterilization. The results found that L* and a* values tended to decrease after sterilization, while b* and (ΔE*) values were increased, which means the product darkened after prolonged sterilization. The hardness value of the product was highest at 35.30 N and was significantly different reduced ($P \leq 0.05$) after sterilization. The anthocyanin content also tended to decrease with increasing sterilization time. The results of anthocyanin content analysis in the product before sterilization gave a maximum value of 1.265 g/g dry weight. There was a tendency to decrease after heating at 121 °C for 10, 15, and 20 minutes, with values of 1.241, 1.144, and 0.885 g/g dry weight, respectively. In terms of moisture content and water activity, all test conditions were insignificantly different ($P>0.05$). Therefore, the optimum condition for producing Zongzi products in retort pouches was shown at a temperature of 121°C for 15 min due to its pleasing physical appearance and chemical properties. The number of microorganisms left in the product was lower than the standard, so it was safe for consumption. Finally, consumers had the highest satisfaction level with products soaked in hot water at 90±2°C for 5 min before consumption.

Keywords: Zongzi; Black glutinous rice; Riceberry; Retort pouch; Sterilization

1. บทนำ

บ๊ะจ่าง (Chinese Zongzi หรือ Chinese oily sticky rice) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคหารับประทานได้ไม่ยาก มีรสชาติที่ถูกปากคนไทยและชาวต่างชาติ เนื่องจากมีส่วนประกอบที่หลากหลาย เช่น ไส้พะโล้ ไส้หมูเค็ม มีการใส่กุนเชียง ไข่เค็ม เห็ดหอม กุ้งแห้ง เป็นต้น [1] บ๊ะจ่างที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีความหลากหลายในเรื่องสูตรต่างๆ เนื่องจากมีทั้งสูตรที่ผลิตกันมาจากต้นตำรับอย่างยาวนานจากรุ่นสู่รุ่น หรือการพัฒนาสูตรให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ซึ่งพบว่าผู้บริโภคหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยพบว่าผู้บริโภคกว่าร้อยละ 55 เห็นว่าการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์ให้คุณค่าน้อยกว่าการบริโภคโปรตีนจากพืช พบว่าร้อยละ 76 เลือกรับประทานโปรตีนจากพืช เช่น ผักใบเขียวและถั่ว [2] ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการคิดค้นสูตรผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างให้หลากหลายขึ้น เพื่อเข้าถึงผู้บริโภคกลุ่มต่างๆ ได้มากขึ้น มีทั้งบ๊ะจ่างสูตรเพื่อคนรักสุขภาพ เช่น บ๊ะจ่างมังสวิรัติ การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปเพื่อตอบสนองการใช้ชีวิตของคนเมือง [3] เป็นต้น ทั้งนี้พบว่าวัตถุดิบหลักของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างคือข้าว ซึ่งเดิมทีสูตรการผลิตบ๊ะจ่างจะใช้ข้าวเหนียวขาว โดยสายพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ข้าวเหนียวเขี้ยวงู เป็นข้าวเหนียวที่ผ่านการขัดสีจนเมล็ดมีสีขาวเรียวยาว ดังนั้นคุณค่าทางโภชนาการจึงลดลงแต่ในแง่ดีคือ เมื่อนึ่งสุกแล้วมีสีขาว นุ่มเหนียวติดกันแต่ไม่เละ มีความเลื่อมมันค่อนข้างมากและมีกลิ่นหอม [4] ด้วยความที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการเพาะปลูกและพัฒนาสายพันธุ์ข้าวชนิดต่างๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวเหนียวดำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้ข้าวทั้งสองชนิดมาผลิตผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสำหรับเป็นทางเลือกของกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพหรือผู้บริโภคทั่วไป

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) เป็นข้าวที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมนิลร่วมกับสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่งผลให้มีลักษณะเด่นทางด้านโภชนาการที่สูง ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินอี ลูทีน แทนนิน สังกะสี โพลีฟีนอล มีโอเมก้า 3 แกมมาโอไรซานอล ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน และเส้นใย ซึ่งมีประโยชน์ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง อุดมไปด้วยโฟเลตในปริมาณสูง ช่วยบำรุงร่างกาย โดยมีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดี รวมถึงยังมีสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด [5,6] ในส่วนข้าวเหนียวดำ (Black sticky rice) เป็นข้าวพันธุ์พื้นบ้านของทางภาคเหนือ และภาคอีสานนิยมนำมาแปรรูปเป็นขนมหวาน มีลักษณะเด่นคือ ลำต้น และเมล็ดเป็นสีม่วง ในข้าวเหนียวดำมีสาร "แกมมาโอไรซานอล" (gamma oryzanol) ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจ ลดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ข้าวเหนียวดำยังอุดมไปด้วย วิตามินบี1 บี2 และบี6 วิตามินเอ วิตามินอี บำรุงสมองและสายตา ลดระดับโคเลสเตอรอล ลดไขมันอุดตันในเลือด ปรับความดันเลือดให้เป็นปรกติ ต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น [3,7] ที่สำคัญทั้งข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำ มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารให้สีตามธรรมชาติพบในpericarb ของรำข้าว ซึ่งสารแอนโทไซยานินจัดอยู่กลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) มีคุณสมบัติการละลายในน้ำได้ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ให้สีม่วงแดงเข้ม ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดด่างสามารถเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานินกล่าวคือ เมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นด่างจะมีสีน้ำเงินถึงน้ำเงินเข้ม เมื่ออยู่สภาวะความเป็นกรดจะมีสีแดงเข้ม และหากอยู่ในสภาวะความเป็นกลางจะมีสีม่วง เป็นต้น [8] มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงมากกว่า วิตามินซี และวิตามินอี ถึงสองเท่า มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพร่างกาย โดยเฉพาะช่วยป้องกันหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคที่เกี่ยวกับหัวใจ ช่วยลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด [9,10] ด้วยเหตุนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวเหนียวดำจึงนิยมนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโภชนบำบัดในทางการแพทย์ รวมถึงนำไปแปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากมาย เช่น ขนมปัง ซาลาเปา เป็นต้น [8,11] ดังนั้นจากคุณประโยชน์

ที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงเล็งเห็นคุณค่าของข้าวทั้งสองชนิดในการที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ นั่นคือนำมาทดแทนข้าวเหนียวขาวในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง นอกจากด้านคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่าการใช้ข้าวเหนียวดำจะช่วยในเรื่องเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่มช่วยการเกาะยึดเมล็ดข้าวจะไม่ร่วนหากใช้ข้าวไรซ์เบอร์รี่เพียงชนิดเดียว เป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรในชุมชนและเสริมสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร แต่เนื่องจากเป็นที่ทราบกันว่าบ๊ะจ่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นดังนั้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไลซ์พร้อมทั้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์จะเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ประกอบกับยังไม่มีรายงายวิจัยที่รายงานด้านผลของความร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาด้านสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อดังกล่าว

บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง สะดวกต่อการขนย้ายและพกพา สามารถปิดผนึกสนิททนต่อความร้อนและความดันสูง ใช้สำหรับบรรจุอาหารที่ต้องการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้สภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าได้เหมือนกับกระป๋อง โดยฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน อาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์และผ่านการฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไลซ์สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ และพร้อมรับประทาน เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภค [12] ปัจจุบันจะพบผลิตภัณฑ์อาหารในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ผลิตและจำหน่ายอย่างแพร่หลายและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมถึงมีงานวิจัยรายงานผลการศึกษาผลิตภัณฑ์รูปแบบดังกล่าวมากมาย เช่น Marudee & Teerin [13] ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊กพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาซ์และรายงานว่าระยะเวลาฆ่าเชื้อที่นานขึ้น ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่เหมาะสมปลอดภัยต่อการบริโภคคือให้ค่า F_0 เท่ากับ 4.02 นาที Prueksa [14] ได้รายงานว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 40 และ 50 นาที ส่งผลดีต่อลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์และให้ค่า F_0 เท่ากับ 7.7 8.8 และ 12.1 นาที ตามลำดับ รวมถึงตรวจไม่พบค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) เช่นเดียวกับ Thakur and Rai [15] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตข้าวผสมเครื่องเทศหุงสุกในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 117.67 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22.4 นาที ให้ค่า F_0 เท่ากับ 8.7 นาที ให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีที่สุดและสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 180 วัน Nipaporn & Tongjuan [16] รายงานช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นจันท์ผัดปูพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว คือ 105 องศาเซลเซียส เวลา 25-30 นาที ให้ลักษณะของเส้นที่เหนียวมากขึ้นไม่นิ่มและซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับ และ Chachikul & Thirathumthavorn [17] ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของข้าวหลามที่ผ่านการสเตอริไลเซชันพบว่าข้าวหลามที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์พบเมล็ดข้าวมีลักษณะนิ่มและเกาะติดกันเพิ่มขึ้น และการเติมไฮโดรคอลลอยด์ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวเหนียว

ดังนั้นจากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาประกอบกับการสืบค้นข้อมูลพบว่ายังไม่พบงานวิจัยที่รายงานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการอ้างอิงงานวิจัยหรือเป็นแนวทางในการนำไปผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

2.1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง

2.1.1 การเตรียมตัวอย่างข้าว

จัดซื้อข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่คุณภาพดี ความชื้นประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวเหนียวดำเตรียมโดยล้างให้สะอาดแช่ในน้ำอุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง แล้วนำไปนึ่งด้วยซึ้งที่อุณหภูมิประมาณ 95-98 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่เตรียมโดย ชั่งตัวอย่างข้าวและน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:2 ใส่ลงในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและทำการเปิดสวิตช์เพื่อทำการหุงสุกจนได้ตัวอย่างข้าวหุงสุก จากนั้นชั่งตัวอย่างชนิดละ 50 กรัม

2.1.2 การเตรียมส่วนผสมบ๊ะจ่าง

ส่วนผสมในการทำบ๊ะจ่างประกอบด้วย หมูสันนอกหั่นชิ้นนำไปหมักซอสพริกไทย กระเทียม หมักไว้ค้างคืนให้หมูนุ่มและเครื่องปรุงให้เข้าเนื้อ แปะก๊วยต้มสุก เห็ดหอมหั่นตามขวาง น้ำมันพืช กุนเชียงทอดให้สุก ไข่แดงเค็ม กุ้งแห้ง พริกไทย น้ำมันหอย ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ และน้ำตาลทรายรวมน้ำหนักทั้งสิ้นประมาณ 50 กรัม นำตัวอย่างข้าวที่เตรียมไว้ข้างต้นทั้งสองชนิดน้ำหนักรวม 100 กรัม ผัดกับส่วนผสมต่างๆ น้ำหนัก 50 กรัม จากนั้นทำการห่อส่วนผสมต่างๆ ด้วยใบไผ่ที่ผ่านการแช่น้ำจนนิ่มเพื่อให้สะดวกในการห่อ และมัดด้วยเชือกให้แน่นป้องกันการหลุด นำไปนึ่งในซึ้งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีพร้อมทั้งทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ เป็นตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL))

2.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างที่ได้จากการเตรียมขั้นต้นบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาช์แบบถุงตั้ง ขนาด 10x16 cm โดยบ๊ะจ่าง 1 ห่อบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาช์ 1 ถุง ทำการไล่อากาศ และปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน

2.2.1 ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการเตรียมเรียบร้อยแล้วในหม้อฆ่าเชื้อ (รีทอร์ท แรงดันสูงชนิด Water Spray Retort, (National Direct Network Co., Ltd, Thailand)) และทำการฆ่าเชื้อโดยกำหนดอุณหภูมิและเวลาในช่วงการคงอุณหภูมิเท่ากับ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ถูกลดลงไปถึงอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส จึงจะถูกนำออกจากหม้อฆ่าเชื้อ ทำการทดสอบใหม่โดยการเปลี่ยนสภาวะการทดสอบเป็นการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ตามลำดับต่อไป ตัวอย่างถูกจัดเก็บที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีเป็นเวลา 1-2 วัน

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

2.3.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าว 2 กรัม (น้ำหนักก่อนอบ) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven, Model WTB Binder, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างพร้อมภาชนะใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที และชั่งน้ำหนักหลังการอบ คำนวณหาค่าความชื้นด้วยสมการที่ (1) รายงานผลในหน่วยเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก [18]

$$\text{เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ-น้ำหนักหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \quad (1)$$

2.3.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ชั่งตัวอย่างข้าวจากผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง 5 กรัม ใส่ในตลับจากนั้นหาปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Model Aqualab Model 3 TE, USA)

2.3.3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก Maturin and Peeler [19] โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปทดสอบเป็นเวลา 1-2 วัน

2.3.4 ค่าความแข็ง (Hardness)

ทดสอบค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Universal Tester Machine, Model LRX Plus, UK) ตามวิธีการกดแบบ Back Extrusion ค่าที่อ่านได้เป็นความแข็งของตัวอย่างในหน่วยของนิวตัน [20]

2.3.5 ค่าสี (Color value) : เตรียมตัวอย่างข้าวจากผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างน้ำหนักประมาณ 20 กรัม ใส่ในภาชนะสำหรับวัดค่าสี จากนั้นวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (JC801, Japan) รายงานผลในรูปของ L*, a* และ b* ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่า เป็นการแสดงการวัดค่าสีโดยที่ค่า L* คือ ค่าความสว่าง (lightness) หมายความว่ามีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0 และมีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 ในส่วนค่า a* คือค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและมีค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ

2.3.6 การหาค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE^*)

นำข้อมูลค่า L* a* b* ที่ได้วัดจากเครื่องวัดสีที่แต่ละสภาวะการทดสอบ (ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อที่ระยะเวลาต่างๆ) มาคำนวณหาค่าความแตกต่างสีโดยรวมด้วยสมการที่ (2)

$$\Delta E^* = ((L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 \quad (2)$$

โดยที่

ΔE^* คือ ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (Total color difference)

L_0^*, a_0^*, b_0^* คือ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

L^*, a^*, b^* คือ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ สภาวะต่างๆ

2.3.7 การทดสอบปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin content) [21,22] โดยเตรียมตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ใส่ลงในสารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริก (เอทธานอล 95% 85 มิลลิลิตร ต่อกรดไฮโดรคลอริก 1.5 นอร์มอล 15 มิลลิลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาด้วยแผ่นอลูมินัมฟอยล์แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริกให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับศูนย์ (blank) คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจากสมการที่ (3) และ (4) ดังนี้

$$\text{Total absorbance} = (OD_{535} \times V \times 100)/W \quad (3)$$

$$\text{Total anthocyanin content (mg/g)} = \text{Total absorbance}/98.2 \quad (4)$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรสารละลายที่นำมาหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน (มิลลิลิตร),

W คือ น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน (กรัม),

OD_{535} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

98.2 คือ ค่าคงที่การดูดกลืนแสงของอนุพันธ์แอนโทไซยานินที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Sensory Evaluation)

ทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยวิธี Hedonic Scaling 9 point ซึ่งมี 9 คะแนน ได้แก่ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉยๆ 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 8 หมายถึง ชอบมาก และ 9 หมายถึง ชอบมากอย่างยิ่ง [23] โดยทำการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพเคมีและปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมีและปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมประกอบด้วย ค่าสี ค่าความแข็ง ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณจุลินทรีย์โดยรวม (Table 1) (Figure 1-4)

Table 1 Color value and overall microbial content of zongzi products before and after retort processing

Parameters	BJ-(CONTROL)	BJ-(121-10)	BJ-(121-15)	BJ-(121-20)
Overall microbial content (CFU/g)	$8x10^2$	<10	<10	<10
L*	20.40 ± 0.53^a	19.70 ± 0.46^{ab}	19.50 ± 0.20^b	19.47 ± 0.15^b
a*	5.63 ± 0.25^a	3.67 ± 0.06^b	3.37 ± 0.15^b	3.33 ± 0.23^b
b*	5.30 ± 0.75^a	5.73 ± 0.15^a	5.97 ± 0.06^a	6.07 ± 0.21^a
ΔE^*		2.13^c	2.45^b	2.60^a

Remark: Different superscript letters in a row indicate significant difference (P≤0.05).
Data expressed as mean±SD of triplicate determinations.

จาก Table 1 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL)) และหลังการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที (BJ-(121-10)) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที (BJ-(121-15)) และอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที (BJ-(121-20)) ทั้งนี้ค่าสีนับเป็นปัจจัยแรกๆ ที่ผู้ผลิตมักใช้เป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ จากการตรวจวัดค่าความสว่าง (L*) พบว่าผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL)) ให้ค่า 20.40 และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วง 19.47-19.70 เมื่อตัวอย่างผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในกลุ่มสีค่อนข้างคล้ำ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่า L* สำหรับช่วงเวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ให้ค่าเท่ากับ 5.63 สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนการฆ่าเชื้อและมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เท่ากับ 3.67 3.37 และ 3.33 สำหรับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (BJ-(121-10)) 15 นาที (BJ-(121-15)) และ 20 นาที (BJ-(121-20)) ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับการวัดค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนและหลังการฆ่าเชื้อซึ่งให้ค่าในช่วง 5.30-6.07 ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าเมื่อพิจารณาแยกในแต่ละปัจจัยค่า L*, a* และ b* ไม่พบการเปลี่ยนแปลงชัดเจนหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที แต่จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE*) ของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ พบว่าการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนจาก 10 นาที (BJ-(121-10)) เป็น 15 นาที (BJ-(121-15)) และ 20 นาที (BJ-(121-20)) ให้ค่า ΔE* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) จาก 2.13 เป็น 2.45 และ 2.60 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (BJ-(CONTROL))

จาก Table 1 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL)) ให้ค่าสูงสุดและมีแนวโน้มลดลงเมื่อตัวอย่างผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงค่าอยู่ในกลุ่มสีค่อนข้างคล้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างเป็นข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะทางกายภาพสีม่วงหรือดำ [8] เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ที่มีแนวโน้มลดลงหลังการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 15 และ 20 นาที ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับการวัดค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นปฏิกิริยาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบ ของอาหารระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน มักเกิดในขณะที่อาหารผ่านความร้อน [24] จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE*) พบว่าการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนจาก 10 นาทีเป็น 15 min และ 20 นาที ให้ค่า ΔE* เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน นั่นหมายความว่าโดยภาพรวมผลิตภัณฑ์มีค่าสีที่มีแนวโน้มคล้ำขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มี น้ำมันหอย ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ และน้ำตาลทราย องค์ประกอบเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับ (Non-enzymatic Browning) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นในระดับสเตอริไลซ์รวมถึงเวลาที่นานขึ้น เนื่องจากความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ibarz *et al*., [24]

ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำผลไม้ซึ่งผลที่ได้พบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ต่อมา Rattanathanalerk *et al*., [26] พบว่าสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำผักผลไม้ในระดับสเตอริไลซ์มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงสุด และสอดคล้องกับ Bindu *et al*., [27]

สิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต้องคำนึงถึงคือ อาหารที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค ดังนั้นก่อนการพิจารณาให้มีการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นั้นๆ จึงต้องทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ที่เหมาะสมและปลอดภัยหรือไม่สำหรับการบริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการฆ่าเชื้อแสดงดังตารางที่ 1 ผลการประเมินพบว่าปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ก่อนการฆ่าเชื้อ BJ-(CONTROL) ให้ค่าเท่ากับ $8x10^2$ โคโลนีต่อกรัม และลดลง <10 โคโลนีต่อกรัม หลังการให้ความร้อนระดับระดับสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10-20 นาที ซึ่งถือว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เป็นไปตามมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้ก่อให้เกิดโรคตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prueksa [14] ที่พบว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 30-50 นาที ไม่พบค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) หลังเก็บไว้ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้องรวมถึง

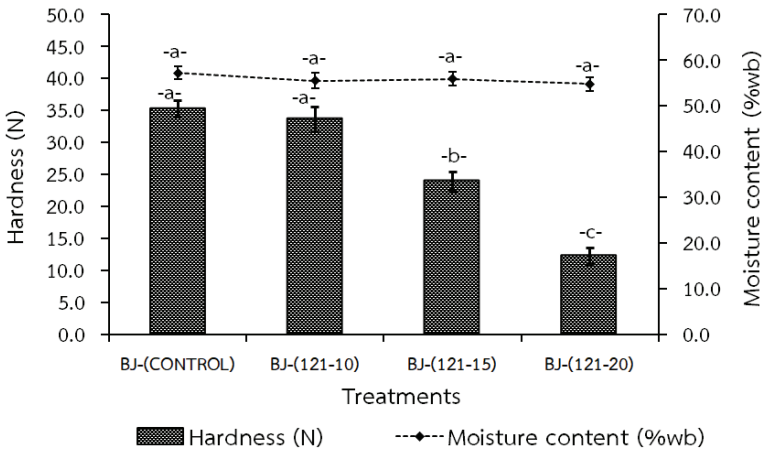

Figure 1 Hardness value and moisture content of zongzi products before and after retort processing a,b...means the different latters in each treatment are significantly different at P≤0.05

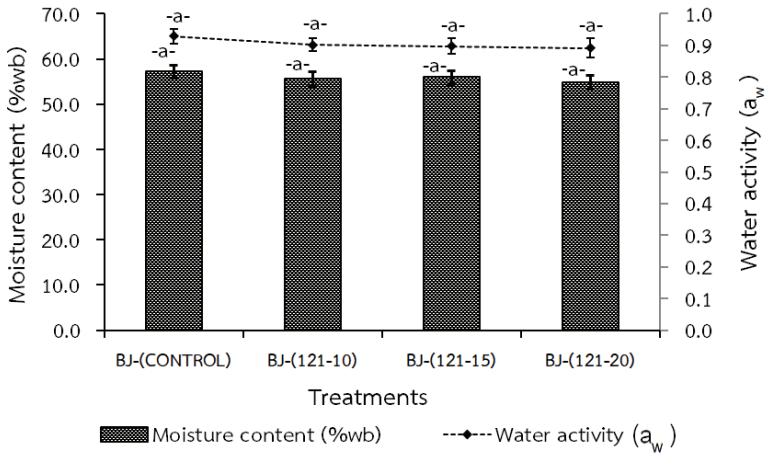

Figure 2 Moisture content and water activity of zongzi products before and after retort processing
a,b...means the different latters in each treatment are significantly different at P≤0.05

การทดสอบค่าความแข็งหรือลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง (Figure 1) พบว่าตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL)) มีค่า 35.30 นิวตัน หลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที ค่าความแข็งลดลงเล็กน้อยที่ 33.63 นิวตัน แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนโดยที่การให้ความร้อนอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 และ 20 นาที ให้ค่าความแข็งเท่ากับ 23.91 และ 12.19 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณความชื้นพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยความชื้นของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์มีแนวโน้มลดลงประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยให้ค่าความชื้นก่อนการฆ่าเชื้อเท่ากับ 57.24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 15 และ 20 นาที มีค่าความชื้นลดลง 55.54 55.92 และ 54.79 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ตามลำดับ ทั้งนี้ในภาพรวมพบว่าค่าความชื้นก่อนและหลังการฆ่าเชื้อไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากกรณีเพิ่มเติมการศึกษาค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ซึ่งค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมักมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารโดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ เนื่องจากอาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำอิสระสูงจะเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้อาหารเสื่อมเสีย นอกจากนี้ความชื้นและ ปริมาณน้ำอิสระในอาหารยังมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเช่นกัน ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มีความสอดคล้องกัน (Figure 2) พบว่าค่าความชื้นก่อนการฆ่าเชื้อมีค่า 57.25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และลดลงในช่วง 54.79-55.92 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หลังการฆ่าเชื้อซึ่งให้ค่าที่สอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำอิสระคือก่อนการฆ่าเชื้อ (BJ-(CONTROL)) ให้ค่าเท่ากับ 0.929 และลดลง ท่ากับ 0.902 0.898 และ 0.892 สำหรับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (BJ-(121-10)) 15 นาที (BJ-(121-15)) และ 20 นาที

(BJ-(121-20)) ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสภาวะการทดสอบทั้งหมด

จากการทดสอบค่าความแข็ง (Figure 1) พบว่าค่าความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chachikul & Thirathumthavorn [17] ที่พบว่าข้าวหลามที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ พบเมล็ดข้าวมีลักษณะนิ่มและเกาะติดกันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสตาร์ชมีการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น โดยผิวหน้าของเมล็ดข้าวมีอะมิโลสและอะไมโลเพคตินที่ถูกชะออกมาระหว่างการให้ความร้อน เป็นผลให้ความเหนียวและการเกาะติดกันของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณความชื้นพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยความชื้นของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์มีแนวโน้มลดลง ผลการทดสอบสอดคล้องกับ Kerdpiboon *et al*., [28] ที่รายงานว่าเวลาและอุณหภูมิที่ให้กับตัวอย่างข้าวระหว่างการหุงส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และปริมาณความชื้นหลังการหุง ประกอบกับการเพิ่มเวลาของการสเตอริไลซ์ในช่วงการให้ความร้อนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเมล็ดข้าวโดยเฉพาะภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง และส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ โดยเมื่อเพิ่มความร้อนสูงขึ้นจนความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเรียกเม็ดแป้งเกิดการพองตัวจนถึงจุดสูงสุดและเกิดความหนืดสูงที่สุดเม็ดแป้งก็จะแตกออก ซึ่งไม่สามารถคืนสภาพได้กระบวนการที่เรียกว่า เจลาติไนซ์เซชัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะนุ่มขึ้นหรือค่าความแข็งลดลง

เมื่อทำการเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าค่าความชื้นก่อนการฆ่าเชื้อให้ค่าสูงสุดและลดลงหลังการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้น้ำที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดมีการยึดติดอยู่ในโครงสร้าง หรือโมเลกุลของสารอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหาร ในรูปแบบและความแข็งแรงต่างกัน อาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่า 0.85 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารสด [24] จึงอาจเสื่อมเสียง่ายทั้งนี้เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อในสภาวะที่เหมาะสมในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ดังนั้นตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 355) พ.ศ.2556 กล่าวว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ของอาหารชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทจะมีค่ามากกว่า 0.85 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ก่อนการฆ่าเชื้อมีค่า 0.929 และลดลงในช่วง 0.892-0.902 หลังการฆ่าเชื้อ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nipaporn and Tongjuan [16] ศึกษากระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นจันท์ผัดปูพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว พบว่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลงหลังเพิ่มเวลาในการฆ่าจาก 15-30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

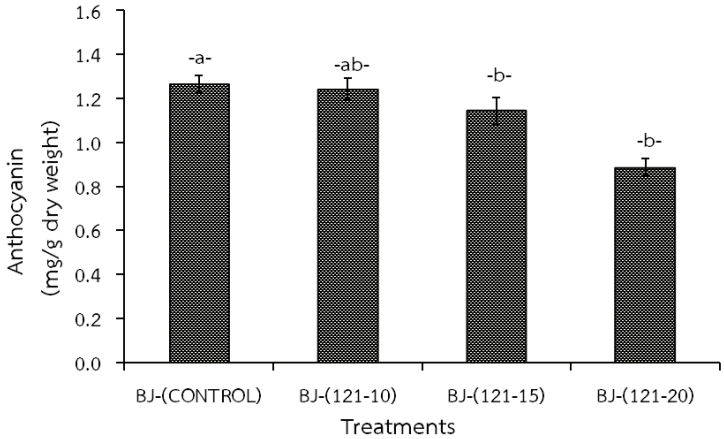

Figure 3 Anthocyanin content of zongzi products before and after retort processing
a,b...means the different latters in each treatment are significantly different at P≤0.05

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์โดยใช้ข้าวเหนียวดำและข้าวไรส์เบอรี่ (Figure 3) พบว่าให้ค่า 1.265 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นค่าสูงสุดและมีแนวโน้มลดลงหลังผ่านการให้ความร้อนในระดับเตอริไรส์ โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (BJ-(121-10)) ให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 1.241 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อและลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยให้ค่าสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 1.144 และ 0.885 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที (BJ-(121-15)) และ 20 นาที (BJ-(121-20)) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีแนวโน้มลดลงหลังผ่านการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ ทั้งนี้พบว่าสารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก มีงานวิจัยที่แสดงว่าสารแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมีสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณทางยา ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจแข็งตัวได้ [11,29] ดังนั้นการบริโภคบ๊ะจ่างที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่นี้ย่อมเป็นประโยชน์กับผู้บริโภค

3.2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์

จากการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างคือ การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที เนื่องจากให้คุณสมบัติที่ดีทั้งในแง่ลักษณะปรากฏ สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยที่มีเนื้อสัมผัสไม่นุ่มและแข็งจนเกินไป ให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภค และที่สำคัญมีปริมาณจุลินทรีย์หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังนั้นจึงปลอดภัยสำหรับการบริโภค แต่ทั้งนี้การบริโภคผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์สามารถบริโภคได้ทันทีหลังเปิด

ซอง แต่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ผลิต เช่น การอุ่นด้วยความร้อนเพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ น่ารับประทานขึ้น เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์โดยการทดสอบใน 3 รูปแบบ ได้แก่การบริโภคผลิตภัณฑ์ทันทีหลังการเปิดซองโดยไม่ผ่านความร้อน การให้ความร้อนโดยการแช่ผลิตภัณฑ์ในน้ำที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 3 นาที ก่อนการบริโภค ในขั้นตอนการเสิร์ฟตัวอย่างจะเสิร์ฟพร้อมกันจำนวน 3 ตัวอย่าง น้ำหนักตัวอย่างละประมาณ 50 กรัม ในภาชนะทดสอบที่มีฝาปิด โดยกำหนดเป็นรหัสผลิตภัณฑ์จากการสุ่ม โดยทำการทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมกับผู้บริโภคจำนวนทั้งสิ้น 30 คน แสดงผลการทดสอบ (Figure 4)

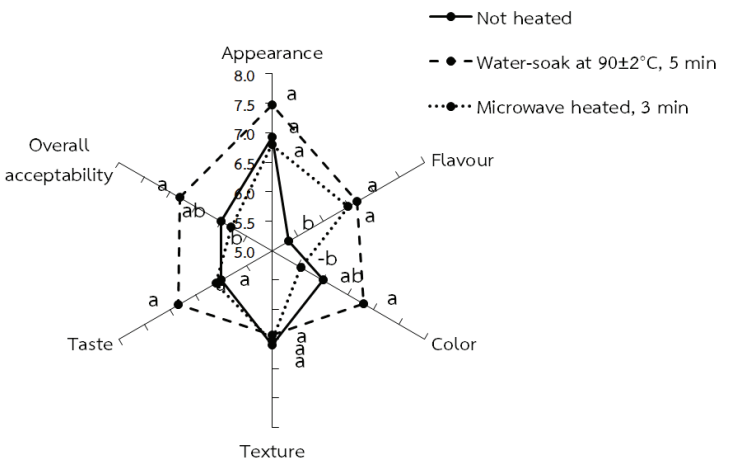

Figure 4 Sensory attributes of Zongzi products in retort pouch
a,b...means the different latters in each treatment are significantly different at P≤0.05

Figure 4 แสดงระดับความพึงพอใจทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ การแช่ในน้ำอุ่นและไม่ผ่านการให้ความร้อนก่อนการบริโภค พบว่าผู้บริโภคให้ค่าระดับความพึงพอใจสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวม กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการแช่ผลิตภัณฑ์ในน้ำที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที เท่ากับ 7.47 6.67 6.80 6.83 และ 6.80 ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนความชอบสูงสุดด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.60 กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนแกะซองบริโภคทันที ทั้งนี้จากการสังเกตข้อมูลที่ได้จะเห็นว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกลับให้คะแนนต่ำสุดในหลายๆ ด้าน เมื่อเทียบกับวิธีการอื่น คือ ด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี และความชอบโดยรวม ดังนั้นโดยภาพรวมการให้ความร้อนก่อนการบริโภคโดยการแช่ในน้ำร้อนเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นการส่งผ่านความร้อนจากตัวกลางคือน้ำร้อนแบบค่อยเป็นค่อยไปอาจใช้เวลาที่นานกว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟแต่จะเกิดผลดีต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น เนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นไม่แข็งกระด่าง ความร้อนช่วยให้เกิดการระเหยของเครื่องเทศต่างๆ ส่งผลดีต่อความรู้สึกด้านกลิ่นและรสชาติ เป็นต้น

4. สรุปผล

ผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างประกอบด้วยข้าวเหนียวดำ ข้าวไรซ์เบอรี่ และส่วนประกอบอื่นๆ ห่อในใบไผ่น้ำหนักรวมประมาณ 150 กรัมต่อห่อ บรรจุในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ ฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 และ 20 นาที จากนั้นทดสอบหาค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ค่าสี ค่าความแตกต่างสีโดยรวม ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และระดับความพึงพอใจของผู้บริโภค เปรียบเทียบกับสมบัติต่างๆ ก่อนการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้พบว่าให้ค่า L* a* ค่าความแข็ง และปริมาณสารแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการฆ่าเชื้อในขณะที่ค่า b* และค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE*) เพิ่มขึ้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมในผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อ ให้ค่าเท่ากับ 8x102 โคโลนีต่อกรัม และลดลง <10 โคโลนีต่อกรัม ในทุกสภาวะการทดสอบ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ คือ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที เนื่องจากให้คุณสมบัติที่ดีทั้งในแง่สมบัติทางกายภาพและเคมีให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภค และมีปริมาณจุลินทรีย์หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังนั้นจึงปลอดภัยสำหรับการบริโภค และผู้บริโภคให้ระดับความพึงพอใจสูงสุดกับผลิตภัณฑ์ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ก่อนการบริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยและวัสดุอุปกรณ์

6. References

[1] Panarangsan, T. (2017). Project to set up the Ba-Jang (Traditional Chinese Steam Rice) wholesale business of Thailand. (GrandMa Ba-Jang 4.0). M. Com. Arts (Entertainment Management and Production), Graduate School, Bangkok University. (in Thai)

[2] BLT Bangkok. (2021). *Health trends are strong.* Modern urban people set goals for a good and happy life. Retrieved December 22, 2021, from https://www.bltbangkok.com/bangkok-update/4405/. (in Thai)

[3] Sirisoontaralak, P., Paisarnchareon, K., & Jacutprakart, B. (2012). Development of quick prepared chinese zongzi (Chinese Oily Sticky Rice). *Agricultural Science Journal*, 43(2)(Suppl.), 309-312. (in Thai)

[4] Markkool, P. (2021). *Kiaw-ngu glutinous rice:* From a genebank to farmers' fields. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Rice Department. Retrieved December 22, 2021, from https://tarr.arda.or.th/preview/item/ pvm05Ux-0BScN-GZWpZ-Vq

[5] Settapramote, N., Laokuldilok, T., Boonyawan, D., & Utama-ang, N. (2018). Physiochemical, antioxidant activities and anthocyanin of riceberry rice from different locations in Thailand. *Food and Applied Bioscience Journal*, 6(Suppl.), 84-94.

[6] Poosri, S., Thilavech, T., Pasukamonset, P., Suparpprom, C., & Adisakwattana, S. (2019). Studies on riceberry rice (Oryza

sativa L.) extract on the key steps related to carbohydrate and lipid digestion and absorption: A new source of natural bioactive substances. *NFS Journal*, 17, 17-23.

[7] Sukkasem, K., & Siriwong, N.N. (2013). Effects of soaking black glutinous rice on nutritional value and texture properties of cooked black glutinous rice. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

[8] Sapantupong, S. (2019). Development of bread with riceberry rice bran. *RMUTP Research Journal*, Vol. 13, No. 2, July-December. (in Thai)

[9] Diaconeasa, Z., Leopold, L., Rugin, D., Ayvaz, H., & Socaciu, C. (2015). Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin rich extracts from blueberry and blackcurrant juice. *International Journal of Molecular Sciences*, 16,2352-2365.

[10] Yixiao, S., Ning, Z., Jinlong, T., Guang, X., Ling, L., Xiyun, S., & Bin, L. (2022). Advanced approaches for improving bioavailability and controlled release of anthocyanins. *Journal of Controlled Release*, 341, 285-299.

[11] Khumkhom, S. (2020). Effect of riceberry flour on physicochemical properties and antioxidant activities of steamed bun. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, 28(11), 2026-2038. (in Thai)

[12] Pimphen, P., & Nithiya, R. (2019). *Materials used to make retort pouch products.* Retrieved December 22, 2021, from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0473/retort-pouch (in Thai)

[13] Marudee, P., & Teerin, C. (2014). Effects of sterilizations time and temperature on properties of ready-to-eat porridge in retort pouch. Research report, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Faculty of Engineering. (in Thai)

[14] Prueksa, S. (2016). Effect of heating time on physical properties of Thai style stewed mackerel in salty soup packed in retort pouch. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 44 (2), 257-264. (in Thai)

[15] Thakur, R.S., & Rai, D.C. (2018). Development and optimization of shelf stable ready to eat palak paneer. International *Journal of Chemical Studies*, 6(1),1670-1680.

[16] Nipaporn, K., & Tongjuan K. (2021). The Study process on ready to eat stir-fried chan noodles with crab in flexible package (retort pouch). *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research*, 13(1),216-226. (in Thai)

[17] Thirathumthavorn, D., & Chachikul, S. (2015). Effect of hydrocolloids on the properties of sterilized Khao Lam and its thermal properties. The 8th Silpakorn University International Conference on Academic Research and Creative Arts: Integration of Art and Science February 12-13, 243-250. (in Thai)

[18] AOAC. (2000). Official Methods of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia; 2000.

[19] Maturin, L., & Peeler, J.T. (2001). *Chapter 3 Aerobic Plate Count:* Food and Drug

Administration (FDA), Bacteriological Analytical Manual Online. 8th ed. Silver Spring, Berlin.

[20] Reyes, V.G., & Jindal, V.K. (1989). A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked rice. *J Food Quality*, 13(2),109-118.

[21] Ranganna, S. (1977). *Plant pigment.* p. 72-93. In S. Ragana (ed.). Manual of analysis of fruit and vegetable produce. Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd, New Delhi.

[22] Suwan, N. (2005). Effect of coating materials on controlling of browning and weight loss in lychee fruit. Thesis (Master of Science (Biology Department)) Chiang Mai University. (in Thai)

[23] Kanjana, M., Kulika, J. & Duangta, S. (2012). Quick-cooking mixed brown rice. *Food Technology Journal Siam University*, 8(1),35-46. (in Thai)

[24] Wilai, R. (2014). *Food Processing Technology.* 5th ed. Bangkok: Tex and Journal Public Company Limited;

[25] Ibarz, A., Pagan, J. & Garza, S. (1999). Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. *Journal of Food Engineering*, 39(4), 415-422.

[26] Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N. & Srichumpoung, W., (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*, 66(2) , 259-265. (in Thai)

[27] Bindu, J., Ravishankar, C.N., & Gopal, T.K.S. (2007). Shelf-life evaluation of ready-to-eat black clam (Villorita cyprinoides) product in indigenous retort pouch. *Journal of Food Engineering*, 78(3),995-1000.

[28] Kerdpiboon, S., Charoendee, D., Chuntawong, N. & Asawachit, P. (2012). Effect of cooking Methods on morphological and physical properties of hang rice during cooking. *Agricultural Sci. J.*, 43(2)(Suppl.), 41-44. (in Thai)

[29] Bellido, G., & Beta, T. (2009). Anthocyanin composition and oxygen radical scavenging capacity (ORAC) of milled and pearled purple, black, and common barley. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(3), 1022-1028.