วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี USU. YRU Journal of Science and Technology ISSN : 2539-5688

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวน

Shelf-life Extension of Chinese pie (Tao Sor)

กมลทิพย์ กรรไพเราะ[1*] อาลิฟ กาเจ็ง[1] และกัสมีณี เละนุ๊[1]

Kamontip Kanpairo[1*], Alif Kacheng[1] and Kasminee Leanuh[1]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1]Bachelor of Food science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang Yala 95000

*Corresponding author, e-mail: koikamontip.k@gmail.com

(Recieived: Dec 6, 2020; Revised: Aug 17, 2020; Accepted: Sep 13, 2020)

บทคัดย่อ

เต้าส้อเป็นขนมที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปจากเดิมจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) 2 รูปแบบคือ สภาวะบรรยากาศปกติ และใช้สารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นน้อยกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ จึงสรุปได้ว่าสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนคือ บรรจุในถุงพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีนที่ภายในใส่สารดูดความชื้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 18 วันที่อุณหภูมิห้อง โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มผช. 115/2555) ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบและนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: ถั่วกวน การเก็บรักษา เต้าส้อ สารดูดความชื้น

Abstract

Tao Sor, sweet bean crust filling product, is a dessert that has a short shelf life with the problem that its texture can change from the original until it is not acceptable to consumers. The purpose of this research was to study the cofactor between storage time and packaging conditions of Tao Sor in polypropylene (PP) film plastic pouches. The samples were contained in the packages in 2 conditions; normal atmospheric packaging and placing a desiccant inside. After storing at room temperature (29 ± 2°C), the study was found that the cofactor between the storage time and the two packing conditions significantly influenced (p <0.05) the hardness, springiness, cohesiveness, water activity (a_w), and moisture content. However, the samples placing desiccant showed fewer changes in all values mentioned above than the samples contained in atmospheric packaging. It was therefore concluded that the suitable

packing condition for the sweet bean crust filling product or Tao Sor was packing in a plastic bag made of polypropylene (PP) film with a desiccant inside. The product had a shelf life of 18 days at room temperature and the quality was still within the standard (Thai Community Product Standard, 115/2012). The result of this study can be applied to baked food products or further commercialized.

Keywords: Sweet bean paste, Shelf life, Tao sor; Chinese pie, desiccant

บทนำ

ขนมเปี๊ยะหรือเต้าส้อจัดว่าเป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นสัญลักษณ์แห่งความเป็นสิริมงคลของชาวจีน นอกจากจะผลิตเฉพาะเทศกาลต่าง ๆ แล้ว ยังมีการจำหน่ายและรับประทานเป็นขนมหรืออาหารว่างด้วย ขนมเปี๊ยะและเต้าส้อทำด้วยแป้งมีเปลือกเป็นชั้น ๆ มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน น้ำตาล เกลือ อาจมีไข่ผสมอยู่ด้วย (Chysirichote & Mekrawee, 2016, p. 1) มีไส้ทั้งคาวและหวาน โดยไส้ถั่วกวนจัดเป็นไส้หวานที่นิยมบริโภค เนื่องจากมีรสชาติดีรับประทานง่าย ส่วนประกอบหลักสำหรับการผลิตถั่วกวน ประกอบด้วย ถั่วเขียวกะเทาะเปลือก น้ำกะทิ และน้ำตาลทราย นำมากวนในกระทะทองเหลืองจนกระทั่งมีความข้น จากนั้นจึงนำไปวางทิ้งไว้ให้เย็น ถั่วกวนที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน พร้อมทั้งมีกลิ่นหอมของกะทิ (Rueangrot *et al*., 2012, p. 18; Noosin ş & Leelawat., 2016, p. 279) ซึ่งถั่วกวนมักนำมาใส่ในไส้ขนม โดยนิยมใส่ในขนมเปี๊ยะและเต้าส้อ โดยลักษณะที่ดีของขนมเปี๊ยะและเต้าส้อนั้นส่วนที่เป็นแป้งหุ้มขนมจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ต้องมีสีกลิ่น และรสชาติตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ และกลิ่นหืน เป็นต้น (Thai Community Product Standard, 2012, p. 1)

จากการลงพื้นที่อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี กลุ่มเต้าส้อคุณเย็น ผู้ผลิตขนมเปี๊ยะและเต้าส้อ พบว่ามีการผลิตและวางขายเฉพาะในพื้นที่ 3 จังหวัดเท่านั้น ไม่สามารถกระจายสินค้าไปยังพื้นที่อื่นๆได้เนื่องจากไส้ขนมเกิดการเยิ้มและขึ้นราเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ประมาณ 7 วัน ซึ่งการเสื่อมเสียของขนมเปี๊ยะและเต้าส้อมีสาเหตุหลายประการเช่น การเกิดกลิ่นหืน กลิ่นอับ และการเจริญเติบโตของเชื้อราในผลิตภัณฑ์ (Chysirichote, 2011, p. 1) สอดคล้องกับ Thuwaviroj (2012, p. 2) ที่กล่าวว่าขนมเปี๊ยะแบบครัวเรือนจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนขนมเปี๊ยะในระดับอุตสาหกรรมจะมีอายุการเก็บรักษา 2 – 4 สัปดาห์ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ชนิดของบรรจุภัณฑ์ สภาวะในการเก็บรักษาและวางจำหน่าย สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเสื่อมเสียในขนมเปี๊ยะคือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้มีองค์ประกอบหลายส่วน (multidomain foods) และองค์ประกอบเหล่านี้มีระดับความชื้นที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวแป้งและไส้ขนมในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไปเช่น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส รวมทั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอาหารที่มีความชื้นและบรรจุในภาชนะปิดอาจมีปัญหาในเรื่องการระบายความชื้นที่เคลื่อนย้ายจากภายในมาภายนอกชิ้นอาหาร ทำให้อาหารมีความชื้นสูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Thuwaviroj, 2012, p. 2)

การลดปริมาณความชื้นหรือการลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะและเต้าส้อก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหามีหลายวิธีเช่น Chysirichote & Mekrawee (2016, p.151) พบว่าการใช้ฟิล์มพลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (ฟิล์มพลาสติกชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) จะสามารถยืดอายุของผลิตภัณฑ์โดยเก็บได้ 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) ส่วน Thuwaviroj (2012, pp. 15-16) ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดคือ ถุงพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน (PP) หนา 40 ไมครอน พลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีนที่มีการเรียงของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ (OPP) หนา 50 ไมครอน และพลาสติกประเภทโพลีเอทาลีน (PE) หนา 40 ไมครอน ทำการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะในสภาวะอุณหภูมิห้อง

(30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ถุงพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน (PP) มีความสามารถในการลดค่า a_w ได้ดีกว่าถุง PE และ OPP โดยที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะและเต้าส้อ โดยใช้สารดูดความชื้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณความชื้นและค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานที่สุด ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบและต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและผลของการใช้สารดูดความชื้นที่ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าส้อไส้ถั่วกวน

วิธีดำเนินการวิจัย

ผลิตเต้าส้อไส้ถั่วกวนตามสูตรและวิธีการของกลุ่มเต้าส้อ คุณเย็น อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี ซึ่งในสูตรประกอบด้วย ถั่วเขียวซีกร้อยละ 58.74 น้ำตาลทรายร้อยละ 19.91 น้ำมันพืชร้อยละ 16.66 หอมเจียวร้อยละ 3.33 พริกไทยร้อยละ 0.83 และเกลือแกงร้อยละ 0.53 ตามลำดับ วิธีการทำคือ นำถั่วเขียวซีกมาแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน (อัตราส่วนของถั่วเขียวซีกต่อน้ำเป็น 1:10 โดยน้ำหนัก) นำมาต้มในน้ำเดือด (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 30 นาที จากนั้นนำมากวนในกระทะทองเหลือง ใส่ส่วนผมทั้งหมด กวนส่วนผสมที่ได้ในกระทะที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ห่อไส้ถั่วกวนด้วยแป้งที่เตรียมจากแป้งสาลีผสมน้ำและน้ำมันพืช ในแต่ละชิ้นประกอบด้วยส่วนไส้ขนม 25 กรัมและส่วนแป้งหุ้มขนม 10 กรัม จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 200 - 220 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 - 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำขนมมาบรรจุในถาดพลาสติก 6 ชิ้น/ถาด บรรจุในซองพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ขนาด 4x10 นิ้ว หนา 40 ไมครอน ที่มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ 0.99 กรัม/เมตร^2.วัน (บริษัทสตรองแพ็ค จำกัด) น้ำหนักรวม 220 กรัม/ซอง จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส โดยศึกษา 2 ปัจจัยคือ 1) ระยะเวลาการเก็บรักษาคือ วันที่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 2) สภาวะการบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) 2 รูปแบบคือ ชุดควบคุม (สภาวะบรรยากาศปกติ) และใส่สารดูดความชื้น (silica gel) ขนาดบรรจุ 2 กรัม จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (2x8) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสตามวิธีของ Chysirichote & Mekrawee, (2016, pp.167) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus (Surry, England) ใช้หัววัดแบบ cylinder probe P/50 กดลงบน ตัวอย่าง 54.5 % ของความสูงเริ่มต้น ด้วยความเร็ว 0.3 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าแรงที่วัดได้ที่ระยะการกดต่าง ๆ รายงานค่าเป็น ค่าความแข็ง (hardness) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) และความสามารถในการเกาะยึด (cohesiveness) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้แก่ ค่า a_w ด้วยเครื่อง Novasina AG รุ่น CH – 8853 และปริมาณความชื้นตามวิธีของ A.O.A.C. (2000, pp. 36) ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและราตามวิธีของ A.O.A.C. (2000, p. 67) โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมเปี๊ยะ (มผช.115/2555)

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD (completely randomized design) ทำการ ทดลอง 3 ซ้ำ และหาความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ความแข็ง (Hardness)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความแข็งทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาแป้งขนมมีค่าความแข็งลดลงจาก 125.16 – 125.63 กรัม เป็น 89.20 – 96.43 กรัม ส่วนไส้ขนมมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 75.10 – 75.26 เป็น 89.20 – 96.43 ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยค่าความแข็งมีความสัมพันธ์กับความชื้นและ a_w ทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมโดยพบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของแป้งหุ้มขนมและไส้หุ้มขนมเพิ่มขึ้นในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษาจากนั้นจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายของไอน้ำจากไส้ขนม (ความชื้นและ a_w สูง) ไปยังแป้งหุ้มขนม (ความชื้นและ a_w ต่ำ) (moisture migration) (Charoenphun & Pakeechai, 2018, pp. 29-30; Rotarwut *et al*., 2018, p. 173) ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้แป้งหุ้มขนมมีค่าความแข็งลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนไส้ขนมจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนผลใช้สารดูดความชื้น พบว่าขนมเต้าส้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ภายในบรรจุสารดูดความชื้นทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดความชื้นมีคุณสมบัติในการดูดซับโมเลกุลของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งกลไกการทำงานของสารดูดความชื้นคือ ดูดความชื้นและเก็บความชื้นไว้ที่ผิวของเม็ดสารดูดความชื้น ส่งผลให้อาหารมีปริมาณความชื้นลดลง ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณลักษณะที่ดีคือ แป้งหุ้มขนมไม่นิ่มและไส้ไม่เยิ้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chysirichote & Mekrawee (2016, p. 45) ที่พบว่า การใช้สารดูดความชื้นช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและค่า a_w ทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์คือ แป้งหุ้มขนมยังคงความกรอบและไส้มีความชุ่มชื้นอยู่

ความสามารถในการคืนตัว (Springiness)

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความสามารถในการคืนตัวทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือ วันแรกของการเก็บรักษา แป้งหุ้มขนมจะมีความสามารถในการคืนตัวอยู่ในช่วง 1.63 – 1.64 มิลลิเมตร เมื่อผ่านไป 21 วัน ความสามารถในการคืนตัวลดลงเหลือ 0.73 – 0.92 มิลลิเมตร ส่วนของไส้ขนมพบว่ามีค่าความสามารถในการคืนตัวลดลงจาก 1.83 – 1.84 มิลลิเมตร เหลือเพียง 0.87 – 1.19 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) เป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายของไอน้ำจากไส้ขนมไปยังเปลือกขนม (Chysirichote & Mekrawee, 2016, pp. 45-46) ทำให้ไส้ขนมมีลักษณะร่วน แห้งและแป้งหุ้มขนมมีลักษณะนิ่ม ค่าที่ได้ยังสอดคล้องกับค่าความแข็งของแป้งหุ้มขนมที่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อค่าความแข็งลดลงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถคงรูปเดิมได้ ความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ก็ลดลงด้วย ส่วนผลของการใช้สารดูดความชื้นพบว่า แป้งหุ้มขนมและไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการคืนตัวน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดความชื้นช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างไส้ขนมกับแป้งหุ้มขนม (Rotarwut *et al*., 2018, p. 173) การที่ความชื้นภายในตัวผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ กล่าวคือผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการนิ่มของแป้งหุ้มขนม รวมทั้งไส้ถั่วกวนไม่เละ

ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness)

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่าความสามารถในการเกาะตัวทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ แป้งหุ้มขนมจะมีความสามารถในการเกาะตัวลดลงจาก 1.23 – 1.24 เหลือ 0.70 – 0.88 เมื่อผ่านไป 21 วัน และไส้ขนมจะความสามารถในการเกาะตัวลดลงเช่นกันคือ มีค่าลดลงจาก 1.66 – 1.67 เหลือเพียง 0.91 – 1.21 เมื่อผ่านไป 21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 สอดคล้องกับปริมาณความชื้นและค่า a_w ที่พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากการถ่ายเทความชื้นจากภายในไส้ขนมสู่แป้งหุ้มขนม ทำให้ไส้ขนมมีลักษณะร่วน แห้ง ส่วนแป้งมีลักษณะนิ่ม (Chinnasarn & Chinnasarn, 2018, p.60) และค่าที่ได้ยังสอดคล้องกับค่าความแข็งที่พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แป้งหุ้มขนมจะมีค่าความแข็งลดลง ส่วนไส้ขนมจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นพบว่าขนมเต้าส้อทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนม มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสด้านความสามารถในการเกาะตัวน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดซับความชื้นมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นหรือโมเลกุลของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งปริมาณความชื้นหรือ a_w ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ กล่าวคือในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่า a_w มากกว่า 0.85 เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร (Rao *et al*., 2017, p. 113; Suppakul *et al*., 2016, pp. 60-61) รวมทั้งส่งผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์เช่น แป้งนิ่ม ไส้เยิ้ม ดังนั้นการใช้สารดูดความชื้น จึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการเกาะตัวระหว่างแป้งและไส้มากขึ้น ส่งผลให้แป้งหุ้มขนมยังคงความกรอบและไส้มีความชุ่มชื้นอยู่

2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ค่า a_w

จากผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อค่า a_w ทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเปลี่ยนแปลง ค่า a_w ของขนมเต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ค่า a_w ในส่วนของแป้งหุ้มขนมจะเพิ่มขึ้นจาก 0.64-0.65 เป็น 0.70 – 0.73 ในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษาและจะมีค่าลดลงเหลือ 0.68 – 0.71 เมื่อเก็บรักษาไป 21 วัน ส่วนค่า a_w ของไส้ขนมมีค่าลดลงจาก 0.85 – 0.85 เป็น 0.70 – 0.76 (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่มีแป้งหุ้มเช่น ขนมเปี๊ยะและเต้าส้อ จัดเป็นขนมที่มีองค์ประกอบหลายส่วน ซึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w คือการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ซึ่งการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะค่อยๆช้าลงจนถึงจุดสมดุลคือองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนมีความชื้นใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chysirichote & Mekrawee, 2016, p. 45) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ค่า a_w ของไส้ขนมมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นต่อผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ขนมเต้าส้อทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและส่วนของไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w น้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดความชื้นทำหน้าที่ดูดซับความชื้นหรือโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ล้อมรอบอาหารต่ำกว่าค่า a_w ของอาหาร จึงมีการเคลื่อนย้ายความชื้นจากอาหารและทำให้อาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีสารดูดความชื้นมีค่า a_w ต่ำกว่าปกติ (Rotarwut *et al*., 2018, p. 176) ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลอย่างมากต่อการเสื่อมเสียของอาหาร เพราะความชื้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีอย่างช้าๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยการใช้สารดูด

ความชื้น จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Khoshakhlagh *et al.,* 2014, p.44) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบส่งผลต่อปริมาณความชื้นทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า a_w คือ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ปริมาณความชื้นในส่วนของแป้งหุ้มขนมจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8.31 – 8.32 เป็นร้อยละ 11.02 – 14.67 ในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษาและจะมีค่าลดลงเหลือร้อยละ 9.81 – 12.05 เมื่อเก็บรักษาไป 21 วัน ส่วนปริมาณความชื้นของไส้ขนมมีค่าลดลงจากร้อยละ 15.59 – 15.60 เป็นร้อยละ 13.60 – 13.82 (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากส่วนของไส้ขนมไปยังส่วนของแป้งหุ้มขนม ส่งผลทำให้ส่วนของแป้งหุ้มขนมมีปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นส่วนไส้ขนมมีปริมาณความชื้นลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chunu (2010, p. 53) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้สับปะรดโดยพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 6 สัปดาห์ ปริมาณความชื้นในส่วนของแป้งหุ้มขนมเพิ่มจากร้อยละ 5.15 – 5.75 เป็นร้อยละ 5.31 – 5.83 ส่วนความชื้นในไส้ขนมลดลงจากร้อยละ 15.37 – 15.60 เหลือร้อยละ 15.27 – 15.49 ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นต่อผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่า ขนมเต้าส้อทั้งส่วนของแป้งหุ้มขนมและส่วนของไส้ขนมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นน้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดความชื้นทำหน้าที่ดูดซับความชื้นหรือโมเลกุลของไอน้ำจากบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการดูดซับความชื้นของสารเป็นการดูดซับทางกายภาพโดยโมเลกุลของน้ำจะถูกดูดซับไว้ด้วยแรงยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำและพื้นผิวของสารดูดความชื้น ซึ่งการใช้สารดูดความชื้นที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นเพิ่มมากขึ้นด้วย (Suksub., 2014, pp. 13-14; Ramzy *et al*., 2011, p. 988)

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งหุ้มขนมเต้าส้อในระหว่างการเก็บรักษา

Conditions	Days	Hardness (g)	Springiness (ml)	Cohesiveness	a_w	Moisture (%)
Control	0	125.16±0.96^{a}	1.64±0.22^{a}	1.24±0.02^{a}	0.65±0.01^{d}	8.32±0.16^{d}
Control	3	115.195±1.95^{d}	1.52±0.06^{c}	1.18±0.08^{ab}	0.68±0.01^{cd}	9.75±0.49^{cd}
Control	6	114.10±1.95^{d}	1.18±0.06^{e}	1.15±0.06^{b}	0.76±0.01^{b}	11.01±0.21^{c}
Control	9	108.30±1.99^{f}	0.92±0.02^{g}	1.05±0.11^{d}	0.77±0.02^{b}	13.67±0.41^{ab}
Control	12	106.30±1.76^{fg}	0.90±0.04^{g}	0.93±0.02^{e}	0.80±0.02^{a}	14.67±0.39^{a}
Control	15	106.93±0.75^{fg}	0.88±0.02^{gh}	0.86±0.02^{ef}	0.74±0.01^{c}	14.67±0.39^{a}
Control	18	103.67±1.50^{g}	0.77±0.04^{h}	0.84±0.07^{ef}	0.72±0.05^{cd}	13.34±0.23^{ab}
Control	21	99.07±2.27^{h}	0.73±0.03^{h}	0.70±0.03^{f}	0.71±0.02^{cd}	12.05±0.51^{b}
Moisture absorber	0	125.53±0.83^{a}	1.63±0.10^{a}	1.23±0.06^{a}	0.64±0.06^{d}	8.31±0.24^{d}
Moisture absorber	3	120.00±1.88^{b}	1.61±0.01^{ab}	1.22±0.03^{a}	0.67±0.06^{d}	9.41±0.51^{cd}
Moisture absorber	6	119.00±0.83^{c}	1.55±0.02^{b}	1.18±0.02^{ab}	0.71±0.02^{cd}	10.72±0.29^{c}
Moisture absorber	9	115.13±1.55^{d}	1.33±0.09^{d}	1.15±0.02^{b}	0.73±0.02^{c}	11.00±0.61^{c}
Moisture absorber	12	114.90±0.98^{d}	1.18±0.02^{e}	1.13±0.03^{b}	0.73±0.01^{c}	11.02±0.46^{c}
Moisture absorber	15	110.90±1.56^{e}	1.08±0.06^{f}	1.06±0.04^{d}	0.71±0.01^{cd}	10.67±0.77^{c}
Moisture absorber	18	107.76±1.43^{f}	0.92±0.01^{g}	0.91±0.01^{e}	0.69±0.01^{cd}	10.34±0.23^{c}
Moisture absorber	21	107.60±0.87^{f}	0.90±0.03^{g}	0.88±0.02^{ef}	0.68±0.01^{cd}	9.81±0.28^{cd}

Note : $^{a-h}$ significant difference within values in the same column is indicated by different letter ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไส้ขนมเต้าส้อในระหว่างการเก็บรักษา

Conditions	Days	Hardness (g)	Springiness (ml)	Cohesiveness	a_w	Moisture (%)
Control	0	75.26±0.64^{d}	1.83±0.03^{a}	1.67±0.03^{a}	0.85±0.05^{a}	15.59±1.02^{a}
Control	3	76.76±1.33^{d}	1.67±0.04^{bc}	1.60±0.06^{ab}	0.83±0.01^{ab}	15.25±0.79^{a}
Control	6	79.80±0.75^{cd}	1.48±0.04^{d}	1.48±0.04^{d}	0.80±0.01^{b}	14.92±0.40^{b}
Control	9	83.20±1.68^{c}	1.20±0.02^{f}	1.27±0.08^{e}	0.76±0.01^{c}	14.09±0.75^{b}
Control	12	85.10±0.70^{c}	1.17±0.06^{fg}	1.20±0.04^{f}	0.74±0.01^{cd}	13.90±1.02^{bc}
Control	15	91.70±0.98^{b}	1.10±0.04^{g}	1.11±0.03^{g}	0.72±0.06^{d}	13.82±0.45^{bc}
Control	18	93.00±0.90^{b}	0.90±0.03^{g}	1.01±0.04^{g}	0.71±0.01^{d}	13.62±0.23^{bc}
Control	21	96.43±1.04^{a}	0.87±0.04^{h}	0.91±0.03^{g}	0.70±0.02^{d}	13.60±0.51^{bc}
Moisture absorber	0	75.10±0.17^{d}	1.84±0.02^{a}	1.66±0.02^{a}	0.85±0.03^{a}	15.60±0.26^{a}
Moisture absorber	3	76.10±0.80^{d}	1.70±0.04^{b}	1.61±0.05^{ab}	0.85±0.06^{a}	15.58±0.25^{a}
Moisture absorber	6	76.76±0.61^{d}	1.67±0.04^{bc}	1.57±0.04^{b}	0.84±0.05^{a}	14.59±0.29^{b}
Moisture absorber	9	79.80±0.75^{cd}	1.58±0.08^{c}	1.52±0.04^{b}	0.81±0.01^{b}	14.08±0.75^{b}
Moisture absorber	12	81.87±1.36^{cd}	1.48±0.04^{d}	1.48±0.04^{c}	0.80±0.06^{b}	13.75±0.46^{c}
Moisture absorber	15	83.20±1.67^{c}	1.27±0.04^{e}	1.40±0.04^{d}	0.77±0.01^{c}	13.75±0.78^{c}
Moisture absorber	18	84.53±0.75^{c}	1.20±0.04^{e}	1.37±0.06^{de}	0.76±0.03^{c}	12.55±0.62^{d}
Moisture absorber	21	89.20±0.75^{bc}	1.19±0.03^{f}	1.21±0.03^{e}	0.76±0.06^{c}	11.82±0.28^{e}

Note : $^{a-f}$ significant difference within values in the same column is indicated by different letter ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

ผลจากการนำผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนมาเก็บรักษา 2 สภาวะ คือ ชุดควบคุม (สภาวะบรรยากาศปกติ) และใส่สารความชื้น ในถุงพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นสุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทุก 3 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมเปี๊ยะ (Thai Comunity Product Standard, 2012, p. 5) ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^{4} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนเชื้อราต้องน้อยกว่า 1×10^{2} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากการทดลองพบว่า เต้าส้อไส้ถั่วกวนชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.6×10^{2} CFU/g ปริมาณเชื้อราเท่ากับ 1.2×10^{1} CFU/g เมื่อผ่านไป 9 วัน พบว่า เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณ 2.1×10^{4} CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณ 2.2×10^{2} CFU/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า สามารถเก็บรักษาได้ 6 วัน ส่วนเต้าส้อไส้ถั่วกวนที่ภายในใส่สารดูดความชื้นพบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.6×10^{2} CFU/g เชื้อราเท่ากับ 1.2×10^{1} CFU/g แต่เมื่อผ่านไป 21 วัน พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.1×10^{4} CFU/g ส่วนเชื้อรามีปริมาณเท่ากับ 2.1×10^{2} CFU/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่า เก็บรักษาได้ 18 วัน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w และปริมาณความชื้น โดยการใช้สารดูดความชื้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์และเชื้อราที่พบในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าชุดควบคุม เนื่องจากสารดูดความชื้นทำหน้าที่ลดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลทำให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chysirichote & Mekrawee, 2016, p. 55) ที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในขนมเปี๊ยะที่ทำจากไส้ถั่วกวนสูตรลดค่า a_w โดยพบว่า สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32+2 °C) ซึ่งการเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นบริเวณเปลือกขนมเนื่องจากมีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรารวมถึงพิษที่เชื้อราสร้างขึ้นด้วย

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเต้าส้อระหว่างเก็บรักษา

Storage Time (day)	TVC (cfu/g)	
	Control	Moisture absorber
0	1.6×10^2	1.6×10^2
3	3.1×10^2	1.7×10^2
6	6.4×10^2	3.5×10^2
9	9.2×10^3	5.1×10^2
12	2.1×10^4	8.2×10^2
15	-	9.1×10^2
18	-	1.5×10^3
21	-	3.2×10^3
24	-	2.1×10^4

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อราในเต้าส้อระหว่างเก็บรักษา

Storage Time (day)	Mold (cfu/g)	
	Control	Moisture absorber
0	1.2×10^1	1.2×10^1
3	1.7×10^1	1.4×10^1
6	4.5×10^1	3.9×10^1
9	2.2×10^2	4.2×10^1
12	-	5.1×10^1
15	-	6.2×10^1
18	-	8.5×10^1
21	-	1.1×10^2
24	-	2.1×10^2

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวนที่บรรจุในซองพลาสติกทำจากฟิล์มชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ในระหว่างการเก็บรักษา 21 วันพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาและสภาวะในการบรรจุ 2 รูปแบบ ส่งผลต่อความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้น ทั้งในส่วนของแป้งหุ้มขนมและไส้ขนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือ แป้งหุ้มขนมมีค่าความแข็ง ความสามารถ ในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัวลดลง ส่วนค่า a_w และปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ไส้ขนมมีค่าความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนผลการใช้สารดูดความชื้นต่อคุณภาพของเต้าส้อไส้ถั่วกวนพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว ความสามารถในการเกาะตัว ค่า a_w และปริมาณความชื้นน้อยกว่าชุดควบคุม เมื่อ วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์และเชื้อราพบว่า การใช้สารดูดความชื้นสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 18 วัน ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง 29±2 องศาเซลเซียส โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาให้ได้นาน กว่า 18 วัน ควรควบคุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและการบรรจุแบบปรับ

สภาพบรรยากาศก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อบ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอายุการเก็บรักษาอาหารประเภทขนมอบเพื่อขายในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาปีงบประมาณ 2562 และศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemists* (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Charoenphun, N. & Pakeechai, K. (2018). A Study of Suitable Formula for Gluten-free Tart Cups Production. *The Journal of Faculty of Science and Technology Siam University*, *14*(1), 26-36. (in Thai)

Chunu, N. (2010). Development of Khanom-Pia with Pineapple Paste Filling. Master' s Thesis. Kasetsart University. (in Thai)

Chysirichote, T. & Mekrawee, N. (2018). The Use of Sinin Rice Flour Substituted Wheat Four in the Crust of Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb). *RMUTP Research Journal*, *12*(1), 27-39. (in Thai).

Chysirichote, T. & Mekrawee, N. (2016). *Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Kularb) Substituted Wheat Flour with Sinin Rice Flour*. Suan Dusit University. (in Thai).

Chaisirichote, P. (2011). *The Development of Reduced-Calorie Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pai Lek) by Using Fat Replacer and Fat Replacer*. Doctor of Philosophy Thesis. Kasetsart University. (in Thai)

Chinnasarn, S & Chinnasarn, K. (2018). Adsorption Isotherms of Fried Vegetable Sheet. *The 6th Academic Science and Technology Conference,* June 6, 2018. Bangkok: Huachiew Chalermprakiet.

Khoshakhlagh, K., Hamdami, N., Shahedi, M. & Le-Bail, A. (2014). Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage. *Journal of Cereal Science,* 60, 42 – 47.

Noosing,S & Leelawat,B. (2016). Rheological Properties and Sensory Qualities of Mung Bean (*Vigna radiate* L.) Paste, *The Journal of Faculty of Science and Technology Thammasat University*, *24*(2), 277 – 287.

Ramzy, K. A., Ashok- Babu ,T. P. & Kadoli, R. (2011). Semi-analytical method for heat and moisture transfer in packed bed of silica gel. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 54*, 983-993.

Rotarwut, B., Pongpool, C., Jiu, P & Palakawong, C. (2018). Process Development and Shelf Life Extension of Thai Custard Bread. *Prawarun Agricutural Journal, 15*(1), 168-177. (in Thai)

Rueangrot, S., Riebroy, S., Siriwong, N., Raungthamsing, R. & Duangnum, S. (2012). Physical properties and acceptability of Thau-kaun from different mixed ratios of mung bean and navy bean. *The 50th KU-KPS conference,* January 31 – February 2, 2012. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Suksub, K. (2014). Portable Batch Type Solid Desicant Dehumidifier For Museum. Master' s Thesis. Silpakorn University. (in Thai)

Suppakul, P., Thanathammathorn, T., Samerasut, O. & Khankaew, S. (2016). Shelf life extension of “fios de ovos”, an intermediate-moisture eggbased dessert, by active and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 70, 58-63.

Thai Comunity Product Standard. (2012). *Kanom-Pia* [online]. Retrieved Desember 2, 2018, from: http://tcps.tisi.go.th

Thuwawiroj, W. (2012). *Shelf Life Extension of Chinese Rose Pie (Kha-Nom Pie Kularb) by Using Humectant and Packaging.* Master' s Thesis. King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)