

**การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการผลิตขนมเทียนแช่เยือกแข็ง
ของกลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมใต้ ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก**

กุลชญา ลีวหงวน^{1*} วิรัชยา อินทะกันท์²

Received : July 8, 2021

Revised : December 25, 2021

Accepted : December 28, 2021

บทคัดย่อ

การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งเพื่อเป็นการชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งในแป้งขนมเทียน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งของกลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมใต้และเพื่อศึกษาอายุการเก็บของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แชนแทนกัม และโอออต้า-คาราจีแนน ปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นทดสอบทางกายภาพ พบว่า ค่าสีไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และค่าเนื้อสัมผัส พบว่า ค่า Hardness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแชนแทนกัมร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มีค่าน้อยที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารโอออต้าคาราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแชนแทนกัมร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มาศึกษาอายุการเก็บโดยตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา กายภาพและเคมี 0 ถึง 4 เดือน พบว่า คุณภาพทางจุลชีววิทยา มีค่าไม่เกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมไทย คุณภาพทางกายภาพ ในเดือนที่ 4 ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง เท่ากับ 61.84 3.10 และ 10.75 ตามลำดับ ค่าเนื้อสัมผัส มีค่า Hardness ในเดือนที่ 0 และ 4 มีความแตกต่างกัน เท่ากับ 2150.63 และ 2435.47 ตามลำดับ ค่า Springiness Cohesiveness และ Chewiness ในเดือนที่ 0 และ 4 ไม่มีความแตกต่าง และคุณภาพทางเคมี ในเดือนที่ 4 ปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 0.39 กรัม 6.26 กรัม 32.22 กรัม 3.36 กรัม และ 57.77 กรัม ตามลำดับ และปริมาณ Malondialdehyde เท่ากับ 1.19 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: ขนมเทียน แชนแทนกัม อาหารแช่เยือกแข็ง โอออต้า-คาราจีแนน

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก อีเมล: kunchaya@psru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก อีเมล: wirachya067@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: kunchaya@psru.ac.th

THE USES OF HYDROCOLLOIDS IN FROZEN KHA-NOM THIEN OF THE BAN BANG PHAYOM
TAI THAI DESSERT HOUSEWIFE GROUP IN PHLAI CHUMPHON SUB-DISTRICT, MUEANG
PHITSANULOK DISTRICT, PHITSANULOK PROVINCE

Kunchaya Siwnguan^{1*} Wirachya Intakan²

Abstract

The purpose of the research on the uses of hydrocolloids in frozen Kha-Nom Thien in order to reduce the production of ice crystals in the product was to develop the frozen Kha-Nom Thien of the Ban Bang Phayom Tai Thai dessert housewife group and to evaluate the shelf-life of the frozen Kha-Nom Thien. The research was conducted by studying optimum contents of hydrocolloids added in the frozen Kha-Nom Thien. The factors studied were types and contents of hydrocolloids namely xanthan gum and iota-carrageenan at the contents of 0.5% and 1% of starch weight. From the physical experiment, it was found that the analysis of color values not statistically different ($p \geq 0.05$) from the analysis of texture values, it was revealed that the hardness value of frozen Kha-Nom Thien added with xanthan gum at the content of 1% of flour weight was at the least value. Nonetheless, there was not statistically different ($p \geq 0.05$) with the frozen Kha-Nom Thien added with iota-carrageenan at contents of 0.5% and 1% of starch weight. Therefore, the frozen Kha-Nom Thien added with xanthan gum at the content of 1% of flour weight was chosen to study the shelf life by investigating microbiological, physical and chemical qualities during the periods of 0-4 months. The results obtained revealed that the microbiological quality had its value unexceeding the community product standard of Thai desserts. For the physical quality in the 4th month, the brightness value, red and yellow values were 61.84, 3.10 and 10.75, respectively. The texture values had different hardness values in the 0 and the 4th month at 2,150.63 and 2,435.47, respectively. The springiness cohesiveness and chewiness values in the 0 and the 4th month were indifferent. For the chemical quality in the 4th month, the contents of ash, moisture, fat, protein and carbohydrate were 0.39g, 6.26g, 32.22g, 3.36g and 57.77g, respectively. And the content of Malondialdehyde was 1.19 mg/ml.

Keywords: Kha-Nom Thien, Xanthan gum, Frozen Food, Iota-carrageenan

¹ Lecturer of Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkran Rajabhat University, e-mail: kunchaya@psru.ac.th

² Lecturer of Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkran Rajabhat University, e-mail: wirachya067@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: kunchaya@psru.ac.th

บทนำ

สารไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติเมื่อละลายน้ำจะทำให้เกิดเจลและความหนืด สกัดได้จากยางไม้ สหรัย เมล็ดพืช และการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายประเภท ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ในผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งใช้เพื่อชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็ง คือ เจลาติน คาราจีแนน โลคัสปีนัม แชนแทนกัม กัวกัม (Milani & Maleki, 2012) ซึ่งโออตา-คาราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายเจลที่ได้จะสามารถกำหนดความแข็งและยืดหยุ่นได้ และหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ และแชนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์เป็นเจลที่มีความหนืดสูง ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนนั้นใช้ส่วนผสมหลักคือแป้งข้าวเหนียว ซึ่งเมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะใสและเหนียว การเก็บรักษาไว้นานจะทำให้แป้งเกิดการแห้งแข็งอย่างรวดเร็วมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง ดังนั้นจึงได้นำสารไฮโดรคอลลอยด์มาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง

กลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมได้ เป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตขนมไทยเพื่อจำหน่ายตามช่วงเทศกาลต่าง ๆ เช่น เทศกาลตรุษจีน สารทจีน กลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมได้ จะผลิตขนมเทียน ซึ่งเป็นขนมไทยที่ทำจากแป้งข้าวเหนียว นวดกับน้ำเชื่อมแล้วหมักจากนั้นจึงนำมาใส่ไส้ (มยุรี เจริญหิน, 2537) มีรสชาติอร่อยมีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มเฉพาะตัว ในงานเทศกาลหรืองานประเพณีต่างๆ (ลดาวลย์ เตชะวุฒิพงษ์, 2552) ซึ่งในปัจจุบันพบว่าขนมเทียนไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน รวมทั้งยังไม่มีผลิตภัณฑ์ขนมเทียนสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคที่ทางกลุ่มสามารถผลิตได้ เป็นการพัฒนาชุมชนเพื่อให้พึ่งตนเองโดยการส่งเสริมศักยภาพของชุมชน โดยใช้ทุนที่มีอยู่จนสามารถพึ่งตนเองได้ เป็นการส่งเสริมและการพัฒนาศักยภาพในด้านการเป็นผู้ประกอบการ การผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่การพึ่งตนเอง (ปาริชาติ วลัยเสถียร และคณะ, 2552)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมได้ เป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ตามแนวทางวิสาหกิจชุมชน ซึ่งจะช่วยให้ชุมชนค้นพบและพัฒนาศักยภาพของตนเองพร้อมทั้งสร้างความเข้มแข็งและมั่นคงแก่ครอบครัวและชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมได้ ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการทำขนมเทียนแช่เยือกแข็ง

เตรียมตัวอย่างขนมเทียนแช่เยือกแข็งสำหรับศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม โดยผลิตขนมเทียนจากสูตรของกลุ่มแม่บ้านขนมไทยบ้านบางพยอมใต้ ทำการเตรียมแป้งขนมเทียนโดยเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงในแป้งข้าวเหนียว โดยแปรผันชนิดและปริมาณของของสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ปัจจัยที่ต้องการศึกษา คือ ชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ แชนแทนกัม และโอออต้า-คาราจีแนน จำนวน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำกะทิมาผสมกับน้ำตาลมะพร้าวจากนั้นค่อยๆ เติมแป้งข้าวเหนียวที่ผสมสารไฮโดรคอลลอยด์แล้วลงไปคนให้เข้ากันแล้วพักไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมไส้ขนม โดยนำถั่วเขียวเลาะเปลือกมาแช่น้ำไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้ละเอียด นำหอมแดงมาผัดให้หอมแล้วเติมถั่ว เกือบป่น พริกไทยป่น และน้ำตาลทราย พักไว้ให้เย็น นำมาปั้นเป็นก้อนแล้วนำแป้งมาห่อให้มิดใส่ลงในพิมพ์ที่ทาด้วยน้ำมันพืชเพื่อป้องกันไม่ให้แป้งติดพิมพ์และเนื้อแป้งแห้งจนเกินไป จากนั้นนำไปนึ่งประมาณ 20 นาที พักให้เย็นแล้วนำมาบรรจุลงโดยปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดปากถุงสุญญากาศแล้วทำการแช่เยือกแข็งแบบแช่ด้วยวิธีการใช้ตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง โดยใช้เครื่อง Color Meter แสดงค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L^* และ b^* โดยที่ค่าสี L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) ค่าสี a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว และค่าสี b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน จำนวน 5 ซ้ำ

1.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser นำขนมเทียนแช่เยือกแข็งวางไว้ในอุณหภูมิห้อง 15 นาที ทำการละลายน้ำแข็งด้วยเครื่องไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 1 นาที แล้ววัดค่าโดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 เซนติเมตร (P50) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 75 ดัดแปลงตามวิธีการของ ชนิษฐา วงศ์บาสก์ (2553) จำนวน 10 ซ้ำ

ชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีทั้ง 4 สิ่งทดลอง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาในตอนต่อไป

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมเทียนแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการวิเคราะห์ จากข้อ 1 โดยการสุ่มตัวอย่างมาเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นระยะเวลา 4 เดือน จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ จุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา *Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ตามวิธี AOAC (2000)

2.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser นำขนมเทียนแช่เยือกแข็งวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที ทำการละลายน้ำแข็งด้วยเครื่องไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 1 นาที แล้ววัดค่าโดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 เซนติเมตร (P50) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 75 ดัดแปลงตามวิธีการของ ชนิษฐา วงศ์บาสก์ (2553) จำนวน 10 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างเดือนที่ 0 และ 4 โดยใช้การทดสอบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คือ ปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2012) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างเดือนที่ 0 และ 4 โดยใช้การทดสอบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

2.4 การวิเคราะห์ค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substance) ตามวิธี Buege & Aust (1978) ผสมกรดไทโอบาบิทริก 0.0375 กรัม กรดไตรคลอโรอะซิติก 15 กรัม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 โมลาร์ 0.875 มิลลิลิตรให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตร จนได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำขนมเทียนแช่เยือกแข็งวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที ทำการละลายน้ำแข็งด้วยเครื่องไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 1 นาที ซึ่งแป้งขนมเทียน 0.5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 15 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย TBARS 2.5 มิลลิลิตร และไฮโมจิโนสเป็นเวลา 2 นาที นำใส่หลอดทดลองแล้ววางลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 – 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 3600 X g 20 นาที แยกส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ 532 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน 1,1,3,3-tetramethoxypropane ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 6 ppm TBARS รายงานผลเป็นมิลลิกรัม Malonaldehyde ต่อ กิโลกรัมตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีการเตรียมตัวอย่างตามวิธีการของ กิตติพงษ์ และคณะ (2563) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างเดือนที่ 0 และ 4 โดยใช้การทดสอบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test (DMRT) (Duncan, 1955) และวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการทำขนมเทียนแช่เยือกแข็งจากการนำขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและปริมาณที่ต่างกันของสารไฮโดรคอลลอยด์ในการทำขนมเทียนแช่เยือกแข็ง โดยนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลการทดลองดังนี้

1.1 ผลการวัดค่าสี

เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่พัฒนาโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Color parameters of frozen Khanom Thien

Color	% Hydrocolloid substance in frozen Khanom Thien flour (by weight)			
	Xanthan gum		Iota-Carageenan	
	0.5	1	0.5	1
Lightness ^{ns} (L*)	59.69±0.55	60.20±0.48	61.42±0.87	60.31±0.38
Redness ^{ns} (a*)	2.29±1.00	2.66±0.57	2.82±0.64	2.51±0.82
Yellowness ^{ns} (b*)	10.85±0.99	10.97±0.37	11.13±0.75	10.31±0.21

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation, ns = no significant difference (p≥0.05)

จากตารางที่ 1 พบว่า ด้านค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง และที่เติมสารไอโอดต้าคาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ด้านค่าสี a* (ค่าสีแดง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง และที่เติมสารไอโอดต้าคาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ด้านค่าสี b* (ค่าสีเหลือง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง และที่เติมสารไอโอดต้าคาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากสารแซนแทนกัมและไอโอดต้าคาราจีแนนเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวเมื่อผสมกับน้ำจะทำให้มีลักษณะใสเป็นเจล เมื่อนำไปผสมกับแป้งขนมเทียนจึงทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.2 ผลการวัดค่าน้ำสัมผัส

จากการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งขนมเทียนแล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวัดค่าน้ำสัมผัส Texture profile analysis (TPA) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Texture profile analysis (TPA) of frozen Khanom Thien

Physical characteristics	% Hydrocolloid substance in frozen Khanom Thien flour (by weight)			
	Xanthan gum		Iota-Carrageenan	
	0.5	1	0.5	1
Hardness [*]	2518.41 ^b ±0.58	1899.62 ^b ±0.99	2286.33 ^b ±0.87	3842.44 ^a ±0.55
Springiness [*]	0.56 ^b ±0.69	0.65 ^a ±0.98	0.64 ^a ±0.27	0.65 ^a ±0.61
Cohesiveness ^{ns}	0.40±0.21	0.40±0.11	0.46±0.39	0.48±0.42
Chewiness ^{ns}	518.61±0.49	577.16±0.19	737.34±0.53	808.26±0.89

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation

The superscripts with the different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

ns = no significant difference ($p \geq 0.05$), * = significant difference ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า Hardness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไอโอดีนคาร์ราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มีค่ามากที่สุด มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไอโอดีนคาร์ราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้งและผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า Springiness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไอโอดีนคาร์ราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง และผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้ง ค่า Cohesiveness และ Chewiness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง และผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไอโอดีนคาร์ราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 ของน้ำหนักแป้ง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร (Guarda et al., 2004) ดังนั้นปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งจึงมีผลทำให้มีค่า Hardness และ Springiness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งมีค่าต่างกัน จะเห็นได้ว่าปริมาณไอโอดีนคาร์ราจีแนนมีค่า Hardness สูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ วรลักษณ์ แสงธาราทิพย์, อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด (2563) เนื่องจากไอโอดีนคาร์ราจีแนนมีคุณสมบัติสามารถเกิดเจลได้แต่แซนแทนกัมจะมีความหนืดสูงและสามารถเกิดเจลอย่างอ่อนๆ (ประจเวท สาตมาลี, 2560) จึงทำการเลือกผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มาทำการศึกษาอายุการเก็บและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เนื่องจาก มีค่า Hardness ต่ำที่สุด ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ เวรกา เฉลิมแสน (2560) เรื่องการพัฒนาขนมครกแช่เยือกแข็ง พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้ค่า Hardness ของผลิตภัณฑ์ลดลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนัก

แป้ง มีค่า Hardness ต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารแทนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแป้ง

2. ผลการศึกษาอายุการเก็บและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมเทียนแช่เยือกแข็งสูตรปรับปรุง

2.1 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา ของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 4 ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Microbiological quality of frozen Khanom Thien

Months	Yeasts and Molds cfu/g	Total Plate Count cfu/g	<i>Salmonella</i> spp. per 25 g	<i>Staphylococcus aureus</i> cfu/g	<i>Bacillus cereus</i> cfu/g	<i>Escherichia coli</i> MPN/g
0	<10est	<25×10 ²	Not Detected	<10est.	<10	<3.0
1	<10est	<25×10 ²	Not Detected	<10est.	<10	<3.0
2	<10est	<25×10 ²	Not Detected	Not Detected	1.0×10 ²	<3.0
3	<10est	<25×10 ²	Not Detected	Not Detected	1.0×10	<3.0
4	1.5×10 ²	<25×10 ²	Not Detected	Not Detected	2.0×10	<3.0

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา ตารางที่ 3 พบว่า ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 และเดือนที่ 1 ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. เดือนที่ 2 - 4 ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* และ ในเดือนที่ 0 - 4 ปริมาณ Yeasts and Molds Total Plate Count *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* มีค่าไม่เกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมไทยตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) คือ Total Plate Count ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม Yeasts ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม Molds ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม *Bacillus cereus* ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม และ *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม เนื่องจากการทำการแช่เยือกแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของขนมเทียนให้ต่ำลงจนถึงระดับที่ทำให้จุลินทรีย์ที่มีปะปนอยู่ในอาหารหยุดการเจริญเติบโต (สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2546)

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ ของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 4 ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Color parameters of frozen Khanom Thien

Color	Frozen Khanom Thien (Months)				
	0	1	2	3	4
Lightness ^{ns} (L^*)	61.44±0.57	61.86±0.69	61.82±0.79	61.23±0.69	61.84±0.26
Redness ^{ns} (a^*)	3.11±0.56	3.20±0.95	3.14±0.57	3.10±0.64	3.10±0.87
Yellowness ^{ns} (b^*)	11.14±0.13	10.75±0.26	11.10±0.56	11.09±0.87	10.75±0.46

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation

ns = no significant difference ($p \geq 0.05$), * = significant difference ($p \leq 0.05$)

จากการวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ ตารางที่ 4 พบว่า ด้านค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งเดือนที่ 0 1 2 3 และ 4 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซียส ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ด้านค่าสี a^* (ค่าสีแดง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 1 2 3 และ 4 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซียส ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ด้านค่าสี b^* (ค่าสีเหลือง) ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 1 2 3 และ 4 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซียส ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) นั่นคือ สีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซียส นาน 4 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส ของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 ถึง และ ที่ 4 ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 Texture profile analysis (TPA) of frozen Khanom Thien

Physical characteristics	Texture profile analysis (Months)	
	0	4
Hardness [*]	2150.63±0.89	2435.47±0.73
Springiness ^{ns}	0.65±0.90	0.56±0.89
Cohesiveness ^{ns}	0.39±0.52	0.35±0.81
Chewiness ^{ns}	541.45±0.44	475.72±0.11

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation

ns = no significant difference ($p \geq 0.05$), * = significant difference ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสของขนมเทียนแช่แข็ง มีค่า Hardness ในเดือนที่ 0 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 4 มีค่า Hardness มากกว่า และมีค่า Springiness Cohesiveness และ Chewiness ในเดือนที่ 0 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากสารแทนแทนก็สามารถคงความชื้นหนืดให้คงที่ได้แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลง (กลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ, ม.ม.ป.) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความคงตัว (Stephen et al., 2006) และเนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่เป็นการลดอัตราการระเหยของน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งไม่แห้งแข็งกระด้าง ยังคงมีความยืดหยุ่น มีการเกาะตัวกัน และมีความยากง่ายในการเคี้ยวไม่ต่างกันในเดือนที่ 0 และ 4 เมื่อทำละลายแล้ว (Grotto et al., 2009)

2.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณเถ้า ไขมัน ความชื้น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ของขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 0 ถึง และ ที่ 4 ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 Proximate chemical compositions of Frozen Khanom Thien

Proximate Analysis	Frozen Khanom Thien (Months)	
	1	4
Ash ^{ns}	0.36±0.72	0.39±0.45
Fat ^{ns}	6.62±0.38	6.26±0.31
Moisture ^{ns}	32.50±0.41	32.22±0.11
Protien ^{ns}	3.51±0.56	3.36±0.16
Carbohydrate ^{ns}	57.01±0.76	57.77±0.87

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation

ns = no significant difference ($p \geq 0.05$), * = significant difference ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 1 และ 4 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ปริมาณเถ้า ไขมัน ความชื้น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากการแช่เยือกแข็งอาหารเป็นการทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารนานขึ้นและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าแบบการเก็บแบบแช่เย็น (สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2546)

2.5 ผลการวิเคราะห์ค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substance)

จากการวิเคราะห์ค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substance) เป็นเวลา 4 เดือน เพื่อหาปริมาณ Malondialdehyde ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 Changes of Malondialdehyde in Frozen Khanom Thien

Frozen Khanom Thien (Months)	Malondialdehyde (mg/ml)
1	0.82±0.77 ^b
2	0.86±0.19 ^b
3	0.91±0.78 ^b
4	1.19±0.37 ^a

หมายเหตุ Values are expressed as mean ± standard deviation

The superscripts with the different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณ Malondialdehyde ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณ Malondialdehyde ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง เดือนที่ 4 เนื่องจากในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งได้มีการใช้น้ำมันพืชทาพิมพ์ขนมก่อนที่จะนำไปนึ่งเพื่อป้องกันการติดของตัวแบ่งกับพิมพ์ขนม ซึ่งปริมาณ Malondialdehyde ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นตัวบอกการเสื่อมสภาพของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา (Grotto et al., 2009) Malondialdehyde เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารที่มีไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเป็นส่วนผสม เป็นสารก่อมะเร็ง (Fermindez et al., 1997) การที่ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณ Malondialdehyde สูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นแสดงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งเสื่อมลง

สรุป

ชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็ง คือ แชนแทนกัม ปริมาณ ร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส ค่า Hardness ของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่เติมสารไฮดรอลอยด์คาราจีแนนที่ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง มีค่ามากที่สุด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมเทียนแช่เยือกแข็งที่พัฒนาได้ระหว่างการเก็บรักษา ในระยะเวลา 4 เดือน ด้านคุณภาพทางจุลชีววิทยามีค่าไม่เกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมไทย ค่าสี ค่า เนื้อสัมผัส และค่า Proximate analysis ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่มีปริมาณ Malondialdehyde พบว่า เพิ่มขึ้นทุกเดือน แต่ในเดือนที่ 1-3 มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ทำให้สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์สามารถเก็บได้มากกว่า 3 เดือน ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถผลิตขนมเทียนสูตรใหม่เพื่อต่อยอดสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้ ทั้งยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมไทยชนิดอื่นๆต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำสารไฮโดรคอลลอยด์ไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งชนิดอื่น เช่น ขนมชั้น ขนมขนมขอม่วง เส้นหมี่ข้าว เป็นต้น
2. พัฒนาระบบการวิจัยของขนมเทียนแช่เยือกแข็งเพื่อใช้แทนใบตองในการห่อ และพิมพ์สำหรับขึ้นรูปขนมเทียน เพื่อเป็นขนมเทียนแช่เยือกแข็งสำเร็จรูป
3. พัฒนารูปแบบขนมเทียนแช่เยือกแข็งแบบอุตสาหกรรมและขนมเทียนแช่เยือกแข็งสำเร็จรูป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในปีงบประมาณ 2561 และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนด้านระบบบริหารงานวิจัยและอำนวยความสะดวกด้านสถานที่

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ. (ม.ม.ป.). Xanthan gum อุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอ้อยและน้ำตาล. สืบค้นจาก <http://www.ocsb.go.th/upload/bioindustry/fileupload/10140-7072.pdf>.
- กิตติพงษ์ จิระพงษ์สุวรรณ, เจนจิรา นิเวศน์, ดารชาต์ เทียมเมือง, กรรภา อรรถนิตย์ และกานต์ ทิพย์ไกรศรี. (2563). การเปรียบเทียบวิธีเตรียมอกปูนาทอดต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการเกิดออกซิเดชันของไขมัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58: สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, (หน้า 329-337). กรุงเทพฯ: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- ชนิษฐา วงศ์บาสก์. (2553). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทหนึ่งจากแป้งข้าวเหนียวกลึงงอกใส่ถั่วกวนผสมสตอเบอรี่กวน. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประจเวท สดมาลี. (2560). การเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารอาหาร, 47(4), 29-34.
- ปาริชาติ วลัยเสถียร, พระมหาสุทิตย์ อบอุ่น, สหทัยา วิเศษ, จันทนา เบญจทรัพย์ และชลกาญจน์ ฮาชันนารี. (2552). กระบวนการและเทคนิคการทำงานของนักพัฒนา. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พิมพ์ลักษณ์.
- มยุรี เจียมหยิน. (2537). ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของแป้งขนมเทียน. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). ขนมไทย. สืบค้นจาก <http://158.108.94.117:8005/koha-libku/pic/ขนมไทย.pdf>.
- ลดาวลีย์ เตชะวุฒิพงษ์. (2552). บทสัมภาษณ์ “ขนมมงคล” ทำกินง่าย ขายดีช่วงเทศกาล. คอลัมน์ก้าวแรกเศรษฐกิจ หนังสือพิมพ์มติชน (เส้นทางเศรษฐกิจ). ฉบับที่ 228.
- วรลักษณ์ แสงธาราทิพย์, อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2563). ผลของการจี่เนน กลูโคแมนแนน และไลคัลสปีนกับ ต่อเนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เยลลี่กระเจี๊ยบพร้อมดื่ม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขา

- วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58. (หน้า 607-614). สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- เวธกา เฉลิมแสน. (2560). **การพัฒนาขนมครกแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. (2546). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. (2000). **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- AOAC. (2012). **Official methods of analysis of AOAC International**. 19thed. The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Buege, J.A., & Aust, S.D. (1978). Microsomal Lipid Peroxidation. **Methods in Enzymology**, 52, 302-310.
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**, 11:1-42.
- Fermindez, J. et al. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**. 59: 345-353.
- Grotto, D. et al. (2009). Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. **Quim. Nova**, 32: 169-174.
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. & Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, 18: 241-247.
- Milani, J & Maleki G. (2012). **Hydrocolloids in food industry**. Retrieved from <https://cdn.intechopen.com/pdfs/29151.pdf>.
- Stephen, A.M., Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2006). **Food Polysaccharides and Their Applications**. Retrieved from https://ttnngmai.files.wordpress.com/2012/10/foodpolysacc_haridesttheirapplications.pdf.