รายงานวิจัย

ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of hydrocolloids on stability of Roll Sheet Kanom Bow (Twisted popiah snack) during storage

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2563
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of hydrocolloids on stability of Roll Sheet Kanom Bow (Twisted popiah snack) during storage

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2563
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา
ชื่อผู้วิจัย กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง
คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2563

บทคัดย่อ

การเก็บรักษามีผลทำให้แผ่นแป้งขนมโบว์ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ได้ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของการใช้ชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ ด้วยการใช้แซนแทนกัม 0.5%, กัวร์กัม 0.10% และคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสหรือ CMC ปริมาณ 0.15% ตามลำดับ เตรียมแผ่นแป้งด้วยการนวดผสมเป็นโดและรีดเป็นแผ่นนำไปวัดค่าแรงดึงและผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์พบว่า ชนิดและปริมาณมีผลต่อค่าแรงดึงและการขึ้นรูปเป็นโบว์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นการเติมแซนแทนกัม 0.15% ผสมกับ CMC 0.15% โดยน้ำหนักแป้งมีความเหมาะสมต่อการทำแผ่นแป้งขนมโบว์ ซึ่งทำให้มีค่าแรงดึงและการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์เท่ากับ 25.51 นิวตัน และ 92% ตามลำดับ จากนั้นนำแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนามาตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับแผ่นแป้งทางการค้าพบว่า ค่า L* และปริมาณความชื้นมีค่าสูงขึ้น แต่ค่า a* b* water activity ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างทางการค้า ส่วนลักษณะผิวของแผ่นแป้งสูตรพัฒนาขรุขระ และมีเม็ดสตาร์ชบางส่วนจับอยู่ที่ผิวนอกของโครงร่างกลูเตน สำหรับความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ -18 °C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงดึง การขึ้นรูปเป็นโบว์ และปริมาณการอมน้ำมันมีค่าลดลงสำหรับการเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C ปริมาณการอมน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งขนมโบว์ทอดด้วยน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 1 นาที ด้วยวิธีความชอบแบบฮีโดนิก 9 จุดพบว่า แผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่ 5 °C เป็นระยะเวลา 0-7 วัน มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (7.00-7.77) ส่วนแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่ -18 °C เป็นระยะเวลา 0-21 วัน มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้องถึงปานกลาง (6.67-7.77)

คำสำคัญ : แผ่นแป้งขนมโบว์, สารไฮโดรคอลลอยด์, การเก็บรักษา

Research Title	Effect of hydrocolloids on Roll Sheet Kanom Bow stability (Twisted popiah snack) during storage
Researchers	KUROSIYAH YAMIRUDENG
Faculty/Section	Faculty of Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat
Year	2020

Abstract

The Storage process of Knom bow roll sheet for a period of time makes it difficult to make twisted popiah snack. Therefore, the aims of this study is to find out the most suitable type and content of hydrocolloid when producing Knom bow roll sheet such as xanthan gum 0.5%, guar gum 0.10% and carboxymethyl cellulose (CMC) 0.15%. In the preparation of Knom bow roll sheet, all ingredients were mixed and kneaded well, form a dough and rolled it into a sheet, measure the tensile strength and then tied into a twisted popiah snack. The results showed that, the type and content of hydrocolloid had significant difference on the tensile strength and the twisted snack ($p < 0.05$). The suitable content mixture for making Knom bow roll sheet were 0.15% xanthan gum and 0.15% CMC (base on flour). This resulted in the tensile strength and easy to form and tie into a twisted popiah valued for 25.51 N and 92% respectively. The prepared Knom bow roll sheet was evaluated by measuring the quality propertied, compared with the commercial dough sheet. The analyzed Knom bow roll sheet showed L* with an increment in its moisture content. Meanwhile a*, b*, water activity, protein content, fiber and carbohydrate were decreased. It was significantly difference in comparison with the commercial sample. Based on the scanning electron microscope results showed that Knom bow roll sheet was rough and did not significantly changed starch granules with a small starch seemed to be partially inlaid in the surface of gluten network. As for the stability of Knom bow roll sheet when stored at temperature of 5 °C and -18 °C for some periods of time, it was found that the long time it was stored, would decrease the tensile

strength, tied into a twisted popiah snack, and oil absorption decreased at 5 ℃ but increased at -18 ℃. The sensory evaluation of Knom bow roll sheet after deep fried at 140 ℃ for 1 min used 9-point hedonic. The storage of Knom bow roll sheet at temperature of 5 ℃ for 0-7 days had differed significantly ($p < 0.05$) and overall score acceptability was moderate (7.00-7.77) while storing at -18 ° C for 0-21 days was slightly moderate (6.67-7.77).

Key word: Knom bow, hydrocolloids, stability of Roll Sheet Kanom Bow, storage

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ทำเพื่อพัฒนากระบวนการผลิต และศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ระหว่างการเก็บรักษาด้วยการใช้ไฮโดรคอยลอยด์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏยะลา ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้

การดำเนินการวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือของคณาจารย์ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงสถานที่ในการดำเนินการจัดทำวิจัย จนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณฐิติพร อิบราฮิม หัวหน้ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น และนางสาวสารีดา มะสะภิบาลที่คอยช่วยเหลือในการทำวิจัยรวมถึงการเล่มวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ๆ น้องๆ ตระกูลยามิรูเด็งที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณนิเดร์ นิฮะ เด็กหญิงนิฟีรญาล์ นิฮะ และเด็กชายนิฟีรมาน นิฮะ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาและขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่านที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แป้ง	3
2.2 สารให้ความคงตัว	10
2.3 เทคโนโลยีการแช่แข็ง	15
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	19
3.1 วัตถุดิบ	19
3.2 สารเคมี	19
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	19
3.4 วิธีการทดลอง	20
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	22
3.6 ระยะเวลาการวิจัย	23
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	24
4.1 ผลการศึกษา และปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์	24
4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแป้งขนมโบว์	30
4.3 ผลของการศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผล	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	47
ประวัตินักวิจัย	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ Locust bean gum	11
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ Xantan gum	14
2.3 โครงสร้างทางเคมีของ Sodium Carboxmethylcellulose (CMC)	15
4.1 กระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ด้วยวิธีต่างๆ	25
4.2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนากับทางการค้าด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงส่องกราด	33

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 สูตรพื้นฐานในการทำแผ่นแป้งเตรียมเป็นน้ำแป้งและวิธีการนวดผสมก้อนโด 24

4.2 ผลการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งขนมโบว์ที่เติมสารไฮโดรคอยลอยด์และวิธีการเตรียมแบบต่าง ๆ 26

4.3 อิทธิพลของชนิด ปริมาณและการผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าแรงดึงและการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ 28

4.4 เปรียบเทียบค่าสี และค่า Aw ในแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ากับสูตรพัฒนา 29

4.5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ากับสูตรพัฒนา 32

4.6 ผลของการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ 5 °C ระยะเวลาต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และปริมาณการอมน้ำมัน 35

4.7 ผลของการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ -18 °C ระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และปริมาณการอมน้ำมัน 37

4.8 คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 38

4.9 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ 39

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ขนมผูกรักหรือขนมผูกโบว์หรือขนมโบว์ เป็นขนมกินเล่นกรุบกรอบไส้ปลา ที่มีรสชาติคล้ายขนมปั้นขลิบไส้ปลาที่ แต่จะมีความพิเศษคือ ลักษณะการห่อ ที่จะผูกแผ่นแป้งให้เป็น “รูปโบว์” ซึ่งจะต้องใช้ความชำนาญและความตั้งใจในการผูก (MGR Online, 2559: 1) โดยขนมโบว์นี้เป็นขนมที่ได้รับวัฒนธรรมมาจากประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซีย นิยมบริโภคซื้อเป็นของฝาก และบริโภคในช่วงเทศกาลต่างๆ เช่นเดียวกับประเทศไทย ในการผลิตขนมโบว์วัตถุดิบหลักคือแผ่นแป้ง ซึ่งทำมาจากแป้งสาลีเป็นหลัก และมีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังมีผลให้ลักษณะแผ่นแป้งที่ได้มีความหนืดและเหนียว จากการลงพื้นที่สำรวจกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ภูมิปัญญา อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานีซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการผลิตขนมโบว์ขายในเขตจังหวัดชายแดนใต้ และจังหวัดอื่นๆ ของประเทศไทยรวมถึงประเทศมาเลเซียพบว่า ปัญหาที่พบในการผลิตขนมโบว์ส่วนใหญ่เกิดจากคุณภาพของแผ่นแป้งปอเปี๊ยะที่ผลิตในประเทศไทยมีความเหนียวไม่คงทีทำให้เมื่อผูกเป็นโบว์เพื่อขึ้นรูปเป็นขนมมักจะขาด ทางกลุ่มแก้ไขปัญหาโดยการนำเข้าแผ่นแป้งปอเปี๊ยะจากประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีมูลค่าการนำเข้าเดือนละประมาณ 20,000-30,000 บาท และผู้ประกอบการมีความสนใจที่จะผลิตแผ่นแป้งให้มีคุณภาพตามที่ต้องการ (จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ) ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองทำวิจัยในปี 2562 ในหัวข้อเรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ โดยสามารถผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ได้ แต่พบปัญหาแผ่นแป้งขนมโบว์ขาดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ -18 °C จากการค้นคว้างานวิจัยของ Zhou et al. (2014: 168) พบว่าการใช้ hydroxypropylmethylcellulose ซึ่งเป็นสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์สามารถยับยั้งการสลายตัวของพันธะ disulfide การเจริญของผลึกน้ำแข็ง และโครงสร้างของกลูเตนคงที่ในระหว่างการแช่เยือกแข็ง และจากงานวิจัยของ Tang, et al. (2019: 7) พบว่า การใช้ carboxymethyl cellulose ร่วมกับเกลือมีผลต่อความคงตัวต่อสมบัติทางความร้อนของโปรตีนกลูเตลินมากกว่าไกลอะดีน ซึ่งโปรตีนทั้ง 2 ชนิด เป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการฟอร์มตัวเป็นกลูเตน อีกทั้งการใช้สารดังกล่าวสามารถช่วยลดการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาทอดดังเช่นในงานวิจัยของ Parimala and Sudha (2012: 191) พบว่าการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์นอกจากช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้วยังช่วยลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ปูรี (Puri) จากเหตุผลดังกล่าวและจากการหาข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยการใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์มาช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ และแผ่นแป้งไม่ขาดในระหว่างผูกขึ้นรูปเป็นโบว์ นอกจากนี้สามารถผลิตเก็บรักษาได้นาน ทำให้ลดระยะเวลาในการเตรียมแผ่นแป้งขนมโบว์ ลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการรวมถึงการพัฒนาแผ่นแป้งในรูปแบบอื่น ๆ ในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิด และปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์
2. ศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมผูกโบว์จากการเติมชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ เพื่อเพิ่มความเหนียวและความยืดหยุ่น ตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมี รวมถึงศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์
2. สามารถนำไปใช้ในการทำขนมโบว์ทดแทนการนำเข้าแผ่นปอเปี๊ยะที่จากประเทศมาเลเซีย
3. สามารถใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาแผ่นแป้งขนมโบว์ในรูปแบบอื่น ๆ

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 แป้ง

แป้งเป็นโพลีเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะช่วยทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีลักษณะเป็นเจล ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เมื่อนำไปผสมลงในผลิตภัณฑ์อาหารจึงสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น ทำให้ความข้นหนืดเปลี่ยนไป (thickeners) ทำให้ความคงตัวของอาหารเปลี่ยนไป (stabilizers) เกิดลักษณะเป็นเจล (gelling agents) และทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีรูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัสผันแปรแตกต่างกัน (texture modifiers) เป็นต้น แป้งทางการค้า จะได้มาจากทั้งเมล็ด (seeds) เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า เป็นต้น และจากพืชหัว (tubers and roots) เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น (จิตรา สิงห์ทองและคณะ, 2560:18)

2.1.1 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง (Functional properties of flours)

สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งในอาหารขึ้นอยู่กับสมบัติทางด้านกายภาพเคมีของเม็ดแป้ง สมบัติทาง กายภาพ คือ ขนาด การกระจายตัว รูปร่าง และพื้นผิวของเม็ดแป้ง มีความสำคัญและจำเพาะในการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ลักษณะรูปร่างและพื้นผิวของแป้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำงานของแป้งเมื่อนำแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติทางเคมีที่สำคัญ คือ อัตราส่วนแอมิโลสต่อแอมิโลเพกตินที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง มีผลต่อการทำงานของแป้งแต่ละชนิด เช่น ความหนืด การพองตัว การต้านต่อแรงเฉือน การละลาย การเกิดเจลาติไนซ์ เนื้อสัมผัส ความคงตัวของเจล การเกิดรีโทรเกรเดชัน การละลาย การดูดซับน้ำ การสูญเสียน้ำ พฤติกรรมทางด้านรีโอโลจีในเพสและเจล เป็นต้น การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง อาหารเช้า ขนมขบเคี้ยว ขนมอบ ลูกกวาด น้ำสลัด ซุป ซอส ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น แป้งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย การใช้แป้งจะขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง ซึ่งสมบัติต่างๆ ของแป้งได้รับอิทธิพลจากรูปร่าง โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล ขนาด องค์ประกอบแอมิโลส แอมิโลเพกติน และแหล่งทางพฤกษศาสตร์ของแป้งที่ต่างกัน แป้งมีความเป็นไปได้สูงในการแปรรูปทางอุตสาหกรรม ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตสายสั้นหรือโอลิโกแซ็กคาไรด์

(Oligosaccharides) อย่างไรก็ตาม จิตรา สิงห์ทอง และคณะ (2560:19) ได้ให้สรุปข้อจำกัดและข้อด้อยในการใช้แป้ง เช่น ละลายน้ำต่างๆ เกิดรีโทรเกรเดชัน เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการใช้ ดังนี้

2.1.1.1 สมบัติการการพองตัว การละลาย (Swelling and Solubility) เม็ดแป้งเกิดการดูดซึมน้ำเมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้นร้อยละ 10-17 แป้งที่มีความชื้นร้อยละ 8-10 สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่า เนื่องจากการจับกันของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิลของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง น้ำ หรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่เข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (Micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ แป้งดิบจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลน้ำจะมาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืด และความใสเพิ่มขึ้น

2.1.1.2 สมบัติด้านความหนืด (Viscosity properties) สมบัติการเกิดเพส (Pasting properties) บ่งบอกถึงการเป็นสารให้ความข้นหนืดที่คงตัวในการทำสุก อย่างไรก็ตามหากความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิ แสดงว่าไม่มีความคงตัวเมื่อมีการลดอุณหภูมิ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์ สมบัติการเกิดเพสได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ขนาดเม็ดแป้ง อัตราส่วนแอมิโลสและแอมิโลเพกติน ลักษณะโมเลกุลแป้ง การให้ความร้อนเพื่อเกิดเจลาติไนเซชัน เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะทำให้เม็ด แป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้นแตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้เกิดพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า Pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นและมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลของแอมิโลสและแอมิโลเพกติน บางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่า การพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกมาจากการพองตัวของเม็ดแป้งและการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) แสดงถึงความสามารถ

ของแป้งเมื่อเกิดการพองตัวก่อนที่แป้งจะเกิดการแตกสลาย Breakdown ใช้วัดการสลายตัวของแป้งเมื่อผ่าน การทำสุก ค่า Breakdown ต่อ แสดงว่าเพสมีความคงตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยแป้งมีการต้านต่อแรงเฉือนระหว่างให้ความร้อน หรืออาจกล่าวได้ว่าความสามารถของแป้งในการต้านต่อการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและแรงเฉือน ส่วนค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) บ่งบอกความสามารถของแป้งต่อค่าความหนืดของเพส และค่า Setback ใช้วัดการเกิด การสูญเสียน้ำ (Synerasis) ของแป้งภายใต้การลดอุณหภูมิของเพสแป้งที่ผ่านการทำสุก การเกิดเพสที่ แตกต่างกันของแป้งที่เห็นได้อย่างชัดเจนเกิดจากชนิดของแป้งที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการเกิดเจลและค่า Setback ขึ้นอยู่กับโพลิเมอร์โดยเฉพาะส่วนของแอมิโลสสายตรงในโมเลกุลแป้ง เม็ดแป้งเกิดการ พองเมื่อผ่านความร้อนในน้ำและแรงอ่อนตัวลง ส่งผลให้ไม่มีความคงตัวระหว่างให้ความร้อน ดังนั้นสมบัติการเกิดเพสจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเม็ดแป้ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้ง

2.1.1.3 การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนเกิดการคลายตัวเม็ดแป้งดูดน้ำและเกิดการพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งมีความหนืดและใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ด แป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อยลงทำให้เกิดความหนืด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ซึ่งแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง พบว่ามีอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช การเกิดเจลาติไนเซชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างภายในเม็ดแป้งเกิดการแตกสลายเนื่องจากการปลดปล่อยโพลีแซคคาไรด์พร้อมกับความหลากหลายของประจุ เมื่อเม็ดแป้งผ่านการให้ความร้อนในน้ำที่มากพอที่อุณหภูมิวิกฤต เม็ดแป้งจะมีการดูดซับน้ำในปริมาณมากและเกิดการบวมหลายครั้ง เมื่ออุณหภูมิมากเกินไปเม็ดแป้งอยู่ภายใต้กระบวนการที่ ไม่สามารถย้อนกลับได้ ผลึกหลอมละลาย สูญเสียไบรีฟริงเจนส์ และแป้งเกิดการละลาย เมื่อแป้งแห้งละลายน้ำ แป้งเกิดการพองตัวอย่างจำกัดและสามารถย้อนกลับได้ แต่เมื่อให้อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส การพองตัวของเม็ดแป้งไม่สามารถย้อนกลับได้ ทำให้แป้งเกิดการสูญเสียไบรีฟริงเจนส์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ที่สูงของแป้งอาจเกิดจากขนาดของเม็ดแป้ง ความแข็งแรงของพันธะในโครงสร้างตาข่ายไมเซลล์ของเม็ดแป้ง และองค์ประกอบอื่นๆ ภายในแป้ง องค์ประกอบเหล่านี้ คือ ไขมัน เยื่อใย และน้ำตาล จะไปขัดขวางการจับกับน้ำของเม็ดแป้งและไปลดการเกิดเจลาติไนซ์ เมื่อเทียบกับแป้งบริสุทธิ์ เมื่อแป้งมีความคงตัวสูงจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมากเพื่อให้เกิดการแตกสลาย อุณหภูมิใน

การเกิดเจลาติไนซ์ เกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของส่วนที่เป็นผลึก การเกิดพันธะระหว่างโมเลกุล อัตรา การให้ความร้อนของสารละลายแป้ง และองค์ประกอบทางเคมี อื่นๆ ความหลากหลายของค่าพลังงาน ในแป้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของโครง สร้างทั้งโครงสร้างโมเลกุล (โครงสร้างของแอมิโลสและ แอมิโลเพกติน) และส่วนประกอบ (อัตราส่วนแอมิโลสและแอมิโลเพกติน)

2.1.1.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) และซินเนอเรซิส (Syneresis)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อเม็ดแป้ง จะเกิดการพอง ตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของแอมิโลสที่มีขนาดเล็กเกิดการกระจายออกทำให้ความหนืดลดลง เมื่อ ปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิด เป็น ร่างแหสามมิติ ซึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำและมีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเป็นเจล เหนียว เรียกว่า เกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัว (Setback) โดยค่า Setback ใช้วัดการเกิด รีโทรเกรเดชันของแป้งโดยที่หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl) และหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) จะเกิด ออกซิเดชัน และหมู่อะซิติล (Acetyl) จะเกิดอะซิติลเลชัน (Acetylation) การเกิดรีโทรเกรเดชันเกิดขึ้น อย่างจำกัด เมื่ออุณหภูมิต่ำลงการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลน้ำอิสระที่อยู่ภายในถูก บีบออกมานอกเจล เรียกว่า Syneresis การคืนตัวจะทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดมากขึ้น มีลักษณะ ขุ่นและทึบแสงเกิด การตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลายทำให้เกิดเจลและน้ำถูกบีบออกมานอก เจล การคืนตัวของแป้ง เมื่อเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และเกิดการตกตะกอน แต่ถ้าเกิดอย่างรวดเร็วจะทำให้ เจลขุ่น ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนตัวของแป้ง คือ ชนิดแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง การให้ความร้อน อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ปริมาณและขนาดของแอมิโลสและแอมิโลเพกติน รวมถึง องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของแป้ง ความคงตัวระหว่างการเก็บของ แป้งในอาหารหรือความคงตัวต่อ การละลายและแช่แข็ง (Freeze thaw stability) เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ผลิต โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ ต้องเก็บในสภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง ระหว่างการเก็บจะทำให้เกิดรีโทรเกรเดชัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิด ขึ้นสามารถวัดได้จากแสงสะท้อนของเพส (Paste reflectance) ระหว่างการเก็บ เมื่อความคงตัวต่ำ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากอาหารโดยค่อยๆ ออกมา ทำให้ผู้บริโภคคิดว่าอาหารเกิดการเสื่อม เสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำของแป้งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในการนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรม อาหารและไม่ใช่อาหาร แป้งที่มีการคืนตัวต่ำไม่เหมาะในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ เช่น สารเกาะยึด สารเคลือบ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องแช่เย็น แป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงเมื่อผ่านการแปรรูป จะมีอิทธิพลต่อสมบัติการเกิดเจลาติไนซ์และการเกิดรีโทรเกรเดชัน แป้งที่มีการสูญเสียน้ำต่ำแสดงว่ามี

ปริมาณแอมิโลสต่ำ การรวมตัวกันของผลึกพบว่าแอมิโลสจะเกิดขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงแรกในการเก็บส่วนแอมิโลเพกตินเกิดขึ้นที่หลัง

2.1.1.5 สมบัติด้านอิมัลชัน (Emulsion properties) สมบัติด้านอิมัลชัน ได้แก่ ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity) คือ ปริมาณไขมันมากที่สุดที่ถูกอิมัลซิไฟด์ (Emulsified) โดยโปรตีน และความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability) คือ ความสามารถของอิมัลชันภายในองค์ประกอบที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีน เนื่องจากโปรตีนไปเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเม็ดไขมันในอิมัลชันสามารถคงตัวอยู่ได้ โดยฟิล์มโปรตีนที่อยู่ระหว่างผิว โปรตีนสามารถอิมัลซิไฟด์ (Emusify) และให้ความคงตัวต่อระบบอิมัลชันโดยไปลดแรงตึงผิวและกำจัดไฟฟ้าสถิตของเม็ดไขมัน ความสามารถในการละลายของโปรตีน รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น โพลีแซกคาไรด์บาง ชนิด สามารถเพิ่มความหนืดและทำให้ระบบอิมัลชันคงตัวได้ ประสิทธิภาพของการเกิดอิมัลชันของแป้งที่ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้น การละลายของโปรตีน การรวมกันของโปรตีน ผิวส่วนที่ชอบน้ำ ลักษณะของประจุ ความเป็นกรดด่าง การละลาย ความเข้มข้น ของแป้ง การแปรรูป

2.1.1.6 สมบัติการเกิดโฟม (Foaming properties) โฟมเป็นคอลลอยด์ฟองอากาศขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในของเหลวหรือของแข็งโดยมีฟิล์มบาง ๆ ล้อมรอบฟองอากาศไว้ การผลิตโฟม คือ การตีอากาศเข้าไปในของเหลวให้ได้มากและเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ แป้งสามารถเกิดโฟมได้ เนื่องจากโปรตีนในแป้งเกิดการละลายน้ำแล้ว ช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างฟองอากาศและของเหลว สามารถป้องกันการรวมตัวกันของฟองอากาศได้ โมเลกุลของโปรตีนสามารถเกิดการคลายตัวและจับกับ ผิวของฟอง อากาศตัวอื่นทำให้เพิ่มชั้นฟิล์มโปรตีน และเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณรอยต่อของอากาศ และบริเวณของเหลวทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นถูกทำลายได้ยาก โฟมที่ได้มีความเสถียรมากขึ้น แป้งที่มีความสามารถในการเกิดโฟมสูงจะมีขนาดของฟองอากาศใหญ่ ฟิล์มโปรตีนมีความยืดหยุ่นต่ำเนื่องจากรอบๆ ฟองอากาศจะบางทำให้ฟองอากาศรวมตัวกันง่ายและทำให้ความคงตัวของโฟมต่ำ นอกจากนี้สมบัติการเกิดโฟมในแป้งที่ต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน การละลายของโปรตีน องค์ประกอบของโมเลกุลโปรตีน โปรตีนที่มีความ ยืดหยุ่นจะมีความ สามารถในการเกิดโฟมที่ดี สามารถไปลดแรงตึงผิว แต่หากมีโปรตีนก้อนกลม (Globular protein) สูงการเกิดโฟมจะต่ำ เนื่องจากผิวถูกทำลายได้ยาก ปริมาณไขมันมีอิทธิพลต่อการลดความสามารถในการเกิดโฟม เนื่องจากไขมันมีผิวที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้มากกว่าโปรตีน สามารถในการดูดซับระหว่างผิวของน้ำและไขมันยับยั้งการดูดซับของ

โปรตีนระหว่างการเกิดโฟม ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนสามารถเพิ่มการจับกันระหว่างโปรตีนและโปรตีนได้ เพิ่มความหนืดและฟิล์มมีความเหนียวและหนามากขึ้น เนื่องจากฟิล์มไขมันจะสูญเสียสมบัติด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นของฟองโฟมเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วและเกิดการแตกขึ้น ใช้อธิบายเกี่ยวกับความคงตัวของโฟม ลดลงเมื่อแป้งมีไขมันเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ได้แก่ ค่า pH เกลือ น้ำตาล ไขมัน และความเข้มข้นของโปรตีน

2.1.1.7 ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน (Water and Oil absorption capacity) องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ คือ โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนที่ชอบน้ำ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมีความเป็นขั้วและประจุอยู่ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแอมิโนชนิดไม่มีขั้วและคาร์โบไฮเดรตชนิดชอบน้ำและส่วนประกอบไขมันมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ เนื่องจากมีความเป็นขั้วน้อย ความสามารถจับกับน้ำขึ้นอยู่กับกรดแอมิโน รูปร่างของโปรตีน ความเข้มข้นของโปรตีนในสารละลาย pH และอุณหภูมิ กลไกการดูดซับไขมันเกิดจากการกัก เก็บทางกายภาพของไขมันที่เกี่ยวข้องกับสายส่วนที่ไม่มีขั้วของโปรตีน ทั้งปริมาณและชนิดโปรตีนต่อ สมบัติการเก็บรักษาไขมันของอาหาร ความสามารถจับกับน้ำที่ต่างกัน เกิดจากสายส่วนที่ไม่มีขั้วจะไปจับสายของหมู่ไฮโดรคาร์บอนของไขมันในแป้ง การกักเก็บของของเหลวในเม็ดแป้งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถของโปรตีนต่อการดูดซับและยึดเกาะกับน้ำหรือไขมันที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส รสชาติความรู้สึกในปาก ความสามารถรักษากลิ่นรส การเกิดกลิ่นหืน ความชื้นของผลิตภัณฑ์ การเกิดรีโทเกรเดชันของแป้ง และการเกิด Staling ในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อและเบเกอรี่

2.1.2 แป้งสาลี

จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ (2559:12) แป้งสาลีเป็นผงที่มนุษย์ใช้บริโภค ทำจาก การบดข้าวสาลี แป้งสาลีเป็นแป้งประกอบอาหารที่ผลิตมากที่สุด ข้าวสาลีมีหลายประเภทตามปริมาณ กลูเตน ข้าวสาลีแข็งหรือข้าวสาลีขนมปัง มีปริมาณกลูเตนสูง ระหว่าง 12% ถึง 14% และมีความเหนียว ยืดหยุ่นที่รักษารูปทรงได้ดีเมื่ออบ แป้งอ่อนมีกลูเตนค่อนข้างต่ำ จึงให้เนื้อที่ละเอียดหรือร่วนกว่า แป้งอ่อนตามปกติแบ่งได้เป็นแป้งเค้ก ซึ่งมีปริมาณกลูเตนต่ำสุด และแป้งพาสต้า ซึ่งมีกลูเตนมากกว่าแป้งเค้กเล็กน้อย และได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของแป้งสาลี ดังนี้

1) คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีปริมาณมากที่สุดในแป้งสาลี คือ ประมาณ 70% คาร์โบไฮเดรตที่มีในแป้งสาลีได้แก่ สตาร์ช เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพนโทเซน และน้ำตาล

2) โปรตีน ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ นั้นไม่เท่ากัน อยู่ในเกณฑ์ร้อยละ8-13 โดยทั่วไปแป้งทำขนมปังจะมีปริมาณโปรตีน 12-13% แป้งเอนกประสงค์มีปริมาณโปรตีน 10-11% แป้งเค้กมีปริมาณโปรตีน 8-9%

3) ไขมัน ปริมาณไขมันที่พบในแป้งข้าวสาลีมีปริมาณ 1%

4) วิตามิน ชนิดวิตามินที่พบในข้าวสาลีส่วนมากคือ วิตามินบีรวม และวิตามินอี ส่วนวิตามินเอ พบในปริมาณที่น้อยมาก

5) แร่ธาตุ ในแป้งสาลีจะประกอบไปด้วยแร่ธาตุ แมกนีเซียม แมงกานีส โคบอลล์ ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม สังกะสี ทองแดง และโซเดียม

2.1.3 แป้งท้าวยายม่อม

แป้งท้าวยายม่อม แปรรูปมาจากหัวหรือรากของต้นท้าวยายม่อม ซึ่งเป็นพืชวงศ์ Taccaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Tacca leontopetaloid ktze มีชื่อเรียกอื่นๆ ว่า leontopetaloid บุกรอ ไม้ท้าวฤษี สิงโตดำ East indian Arrowroot, Thahiti Arrowroot เป็นต้น อาจมีถิ่นกำเนิดในแถบอเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยเคยมีการสำรวจพบว่ามีอยู่ค่อนข้างหนาแน่นในป่าบริเวณชายฝั่งตะวันออกและภาคใต้เป็นชนิดก้านใบสีเขียว ซึ่งแตกต่างจากที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีก้านใบสีม่วงอมน้ำตาล แหล่งผลิตแป้งท้าวยายม่อมของภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หัวท้าวยายม่อมสามารถใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ได้ หัวท้าวยายม่อมสด ไม่สามารถรับประทานได้เพราะมีสารรสขมที่เป็นพิษ ต้องแปรรูปเป็นแป้งเสียก่อนจึงจะรับประทานได้ อาหารที่ทำจากแป้งท้าวยายม่อมจะง่ายต่อการย่อย จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาระบบย่อยอาหาร ในประเทศไทยสกัดแป้งจากหัวท้าวยายม่อมด้วยน้ำหลายๆครั้ง เพื่อกำจัดสารรสขมชนิดต่างๆ แล้วตากแห้งเรียกว่า แป้งท้าวยายม่อม แป้งจะมีสีขาวเป็นเงา เมื่อจับจะเป็นเม็ด เมื่อนำไปหุงต้มให้สุกจะมีความเหนียวหนืดและใสนุ่มเป็นเงาคล้ายแป้งถั่ว ทำให้เย็นจะเหนียวตัว แป้งเป็นมัน ขนมไทยที่นิยมใช้แป้งท้าวยายม่อมผสมร่วมกับแป้งชนิดอื่นเพื่อให้ได้ลักษณะขนมที่ต้องการคือ ลักษณะข้นหรือเหนียวเป็นมัน เช่น ขนมชั้น ขนมกาละแม ขนมผักกาด แป้งหอยทอด และขนมช่อม่วง เป็นต้น (สาธิต ทองสุกงาม, 2561:5)

2.2 สารให้ความคงตัว

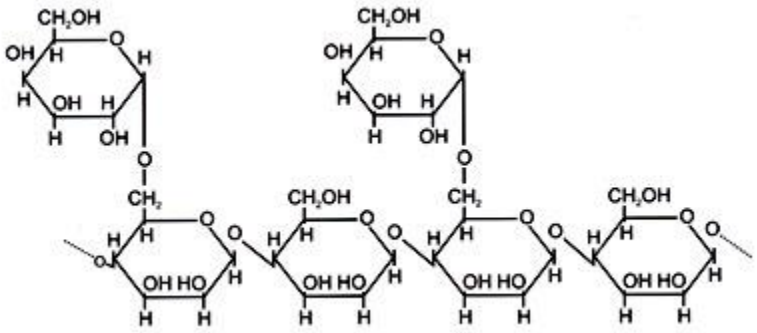
ไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง พอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนต่างๆซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ในเฟสของน้ำ เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีขนาดของโมเลกุลใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ ไฮโดรคอลลอยด์จัดว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทหนึ่งที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร (อมรรัตน์ เจริญ, 2559:2) สามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ลดการเกิดซินเนอเรสิส และช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ แซนแทนกัม อัลจีเนต และกัวร์ นอกจากนั้นยังมีการนำอนุพันธ์ของ สารประกอบจากธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์ธัญพืช ไส้ผลไม้ ซอส อาหารแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์ขนมหวาน นอกจากนี้แซนแทนกัมมีคุณสมบัติของความคงตัวที่อุณหภูมิสูงซึ่งเป็นข้อดีในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดเจลที่มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และส่วนด้าน คุณลักษณะเนื้อสัมผัสจะช่วยปรับปรุงความแข็งและลดการแตกหักของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง เป็นการเพิ่มค่าแรงแตกหักในขนมขบเคี้ยว ซึ่งเป็นผลดีกับการขนส่งของผลิตภัณฑ์เพื่อลดการสูญเสีย (ณัฐธิดา มหาชัยราชัน และคณะ, 2555:2) ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ ดังนี้

2.2.1 Plant seed gums

เป็นกลุ่มของ galactomannan gums ที่สกัดได้จากเมล็ดของพืช Ceratonia และ Cyamopsis คือ Locust bean gum และ Guar gum ตามลำดับ

2.2.1.1 Locust bean gum โลคัสบีนกัมได้จาก Endosperm ของเมล็ดต้น Carob (Ceratonia silliqua) ซึ่งเป็นพืชที่ ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน โมรอคโคและ โปรตุเกส โลคัสบีนกัมไม่สามารถละลายในน้ำเย็นต้องใช้ ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อรับความร้อนสูงถึง 95 °C หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโลคัสบีนกัมให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็นและ นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม โครงสร้างของโลคัสบีนกัมเป็น โพลิเมอร์สายยาวของแมนโนสที่ต่อกันด้วย พันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตสต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตส เป็น 4:1 โดยลักษณะโครงสร้างเช่นนี้จึงทำให้โมเลกุลมีส่วนที่เป็นสายหลักของแมนโนสที่ เรียกว่า Smooth สลับกับส่วนที่เป็นกิ่งแขนงดังภาพที่ 2.1 (ศิวัฒ ไทยอุดม, 2557:13)

โลคัสบีนกัมไม่สามารถเกิดเจลได้ต้องนำมาผสมกับแซนแทนกัมจึงจะทำให้เกิดเจล ได้หรือ อาจผสมรวมกับแคปปา-คาราจีแนนจะช่วยเพิ่มความแข็งของเจล (Gel strength) และลดการเกิดการเยิ้มน้ำ หน้าที่หลักของโลคัสบีนกัมคือ เพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอีมัลชั่นและยับยั้งการเกิดการเยิ้มน้ำ ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อ ในเนยแข็งโลคัสบีนกัมช่วยเร่งให้เกิด Coagulation เร็วขึ้น และทำให้ได้เนื้อตะกอนของ Curd เพิ่มมากขึ้นประมาณร้อยละ 10 ในไอศกรีม โลคัสบีนกัม จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อเนียน (ศิวัฒ ไทยอุดม, 2557:14)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ Locust bean gum

ที่มา: จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ (2559:16)

2.2.2 Guar gum

กัวร์ กัม เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีโครงสร้างเป็น โพลิเมอร์ของกาแล็กโทแมนแนน (galactomannan) ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส (mannose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidicrbond) ที่ตำแหน่ง บีตา-1,4 และมีกิ่งแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทส (Galactose) ซึ่งต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา-1,6 (พัชรพร ศรีชัยนาท, 2561:14)

กัวร์กัมไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่อุ้มน้ำ และกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และจะให้ความหนืดสูงสุดภายในเวลา 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะขึ้นกับ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส เวลา ความเข้มข้น การคน และขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากกัวร์กัมจะไม่

แตกตัวเป็นอิออน และทนต่อการเป็น กรด-เบสได้ในช่วงกว้าง คือ พีเอช 4-10 โดยที่ความหนืดไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถเติมอิเล็กโทรไลต์ได้ เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์สูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำ และการเกิดเจล กัวร์กัมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงที่สุดที่ความเป็นกรด-เบส 7.5-9.0 (กรรณิการ์ กุลยะณี และพนารัตน์ สังข์อินทร์, 2561:319)

2.2.2.1 Gum Arabic

Gum Arabic หรือ Gum acacia เป็น gum ที่ได้จากต้น Acacia Senegal และ Acacia seyal ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อนและมีไนโตรเจนจำนวนเล็กน้อย องค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันเล็กน้อยตามแหล่งที่มาภูมิอากาศ ฤดูกาล และอายุของต้น ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานที่อยู่ในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล คือ galactose (44%), arabinose (24%), glucuronic acid (14.5%), rhamnose (13%) และ 4 – O – methylglucuronicacid (1.5%) gum จาก Acacia seyal จะมีปริมาณ rhamnose และglucuronic acid ต่ำกว่า Acacia Senegal แต่จะมีปริมาณของ arabinose และ 4 – O – methylglucuronic acid สูงกว่า Gum Arabic เป็น heteropolysaccharide ที่มีโครงสร้างซับซ้อน นอกจากนี้ในโมเลกุลยังประกอบด้วย amino acid ได้แก่ hydroxyproline และ serine (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:17)

Gum Arabic ละลายได้ในน้ำและให้สารละลายใสที่มีสีตั้งแต่เหลืองอ่อนจนถึง น้ำตาลส้ม แต่ gum ที่ได้จาก Acacia Senegal มีโครงสร้างที่เป็นกิ่งแขนงมากและโมเลกุลอัดกันแน่น จึงทำได้สารละลายที่ข้นหนืดที่ความเข้มข้นสูง สามารถละลายได้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 55% และ สารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำจึงทำให้ Gum Arabic มีสมบัติที่แตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นซึ่ง สามารถละลายได้สูงสุดเพียง 5% เท่านั้นเนื่องจากสารละลายที่ได้มีความหนืดสูง Gum Arabicถูก นำมาใช้มากที่สุดในกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากพืช เพราะละลายได้ดีในน้ำและทนต่อ pH ส่วนใหญ่นั้น Gum Arabic มักจะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ประเภท confectionery เช่น marshmallowsและ toffees เพราะทำหน้าที่ยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลและช่วยให้เกิดอิมัลชั่นได้ดี (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:17)

2.2.2.2 Gum ghatti

Gum ghatti ได้จากพืชตระกูล Camgrelaceae คือต้น Anogeissus latifolia พบมากในประเทศอินเดียบางครั้งเรียกว่า Indian gum หรือ havda มีลักษณะยางที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม และเป็นโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อนในธรรมชาติจะอยู่ในรูปเกลือของ Ca, Mg,

K และ Na แต่เมื่อนำมาไฮโดรไลซ์พบว่าประกอบไปด้วย arabinose, galactose, mannose, xylose และ glucuronic acid ในสัดส่วนโดยโมลเป็น 10:6:2:1:2 และมี 6-deoxyhexose จำนวนเล็กน้อย (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:18)

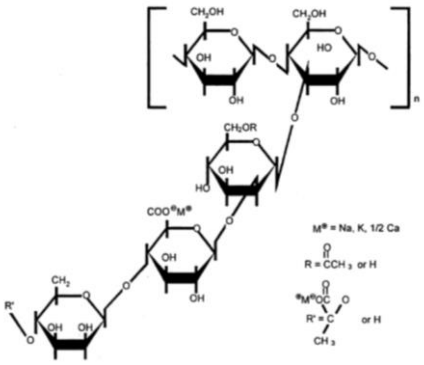
Gum ghatti ไม่สามารถละลายในน้ำได้แต่สามารถกระจายตัวได้ในน้ำและให้ลักษณะเป็นคอลลอยด์ไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้แต่ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 5% จะให้สารละลายที่มีความ ข้นหนืด มีความหนืดสูงสุดที่ pH 5-7 ที่ความเข้มข้นเดียวกันความหนืดจะอยู่ระหว่างความหนืด ของ Gum Arabic และ Gum karaya Gum ghatti ยังทำหน้าที่เป็น emulsifier ที่ดีกว่า Gum arabic แต่ยากที่จะใช้งานเพราะสารละลายของ Gum ghatti จะไวต่อด่าง กระจายตัวที่ pH 4.8 และ ให้ความหนืดสูงสุดที่ pH 8 และถ้า pH สูงกว่านี้จะให้ลักษณะที่เหนียว (stringy) Gum ghatti เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืดและช่วยอุ้มน้ำด้วย จึงมักนิยมใช้ร่วมกับเลซิตินในการทำแพนเค้กที่มีเนยผสมและในการทำ waffle syrup Gum ghatti จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะใส (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:18)

2.2.3 Xanthan gum

Xanthan gum เป็น gum ที่ได้โดยการหมักด้วยของเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ Xanthomonas campestris หลังจากกระบวนการหมักแล้ว หลังจากนั้นจะนำมาตกตะกอนด้วย isopropyl alcoholแยกเอา xanthan gum ออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด Xanthan gum หรือเรียกชื่อทางการค้าว่า Keltol มีโครงสร้างเป็น heteropolysaccahrideที่ประกอบด้วย glucose, mannose และ glucuronic acid ในอัตราส่วน 2.8 : 3:2 มีหมู่ acetyl ประมาณ 4.7% และpyruvic acid ประมาณ 3% โดย glucose ต่อกับ mannose ด้วยพันธะ b-1,4 และ mannose ที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ 1,2 หรือ 1,3 ส่วน glucuronic acid ต่อด้วยพันธะ b-1,2 (ดังภาพที่ 2) Xanthan gum ไม่มีคุณสมบัติเป็น gelling agent แต่สามารถเกิด elastic themoreversible gel ได้เมื่อรวมกับ Locust bean gum และเมื่อรวมกับ Guar gum จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:18)

Xanthan gum สามารถละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH ความหนืดของสารละลาย Xanthan gum จะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลง

ในช่วง 1-13 ก็ตาม นอกจากนั้นสารละลาย Xanthan gum ยังมีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) (พัชรพร ศรีชัยนาท, 2561:18) เนื่องจากช่วงความเข้มข้นต่ำของแซนแทนกัมจะแสดงความคงตัวในช่วงของการเก็บรักษาและความสามารถในการจับน้ำ ดังนั้นแซนแทนกัมจึงเป็นที่นิยมนำไปใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ น้ำสลัด ปรับปรุงความรู้สึกภายในปากของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกลิ่นผลไม้ เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอส ซุป และเครื่องดื่ม สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ แซนแทนกัมสามารถเพิ่มปริมาตรและปรับปรุงการกระจายตัวของอากาศของผลิตภัณฑ์ขนมอบ (อมรรัตน์ เจริญ, 2559:11)



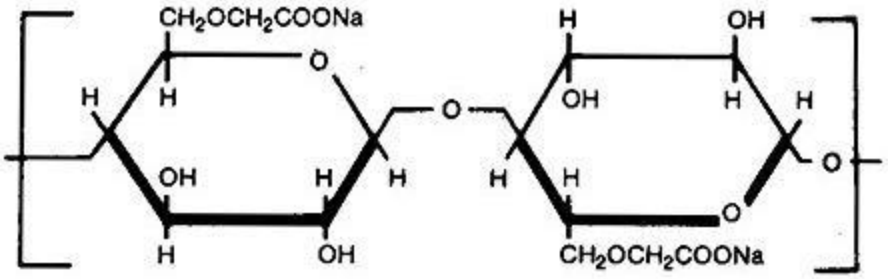
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ Xantan gum

ที่มา: Phillips and Williams (2000); นราธิป ปุณเกษม (2556: 17)

2.2.4 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose (CMC))

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส หรืออาจเรียกว่า โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose) เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นพอลิเมอร์ มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เกิดจากการดัดแปรหรือปรับปรุงสมบัติของเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล (ธนัชพร ใจตาบ, 2560:11) มีโครงสร้างดังภาพที่ 3 ความคงตัวของ CMC ขึ้นอยู่กับชนิดของไอออน ถ้าเป็นเกลือของ CMC ที่เกิดจากไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซีเท่ากับ 1 (monovalent cation) จะละลายได้ดีในน้ำ แต่ถ้าเป็นไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซีเท่ากับ 2 (divalent cation) จะได้สารละลายที่มีลักษณะขุ่น และมีความหนืดลดลง ถ้าเป็นไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซีเท่ากับ 3 (trivalent cation) จะได้สารละลายเกลือที่ไม่ละลายน้ำ (ธนัชพร ใจตาบ, 2560:12)

CMC ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดหรือสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้เติมในไอศกรีม ช่วยให้อุ้มน้ำ ลดการเคลื่อนตัวของโมเลกุลน้ำ ทำให้ไอศกรีมเนื้อนุ่ม เนียน ไม่เกิดผลึกน้ำแข็ง ขนาดใหญ่ CMC ใช้เป็น bulking agent เพื่อลดพลังงานในอาหาร CMC ใช้เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) ในนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต CMC มีคุณสมบัติเป็นประจุลบจึงจับกับ Casein ที่มีประจุบวก ในสภาวะที่เป็นกรด (pH ต่ำกว่า 5.2) เป็น Casein Cellulose Complex ทำให้โปรตีนไม่เกิดการเสียสภาพและแยกชั้นออกมา (จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจและคณะ, 2559:19)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของ Sodium Carboxymethylcellulose (CMC)
ที่มา: ธนัชพร ใจตาบ (2560:11)

2.3 เทคโนโลยีการแช่แข็ง

เทคโนโลยีการแช่แข็ง เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการลดอุณหภูมิของอาหารลดต่ำลง ทำให้น้ำภายในอาหารถูกแช่แข็งกลายเป็นผลึก ซึ่งการบวนการนี้มีการกำจัดความร้อนออกด้วยขั้นตอน 2 ประการดังนี้ คือ การเกิดนิวเคลียสผลึก (Nucleation phase) และการเติบโตของผลึก (Crystal growth phase) ซึ่งการแช่แข็งจะมีคุณสมบัติสำคัญคือ ทำให้สามารถรักษาได้นานทั้งคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากการแช่แข็งยังสูงกว่าการเก็บรักษาอาหารด้วยวิธีการแช่เย็นปกติ และการคืนรูปของผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งเป็นกระบวนการที่ทำให้ผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ละลายเพื่อคืนรูปสู่สภาพเดิมของอาหารโดยการให้ความร้อนกับอาหารแช่แข็ง ซึ่งเวลาที่ถูกใช้ในการคืนรูปจะเริ่มที่อาหารหรือผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิที่เทียบเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา จนถึงช่วงที่ไม่เหลือผลึกน้ำแข็งใน

อาหาร ซึ่งกระบวนการนี้สามรถทำได้หลายวิธีคือ การหมุนเวียนของน้ำเย็น การใช้เตาอบ การใช้กระแสไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าและการใช้ไมโครเวฟ (สาธิต ทองสุกงาม, 2561:19)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา (2560) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ทีเหมาะสมต่อการเพิ่มคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำการทดลองโดยผสมแป้งข้าวเจ้ากับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 5:3 ผสมแซนแทนกัม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และกัวร์กัมทีความเข้มข้น 0.05% และ 0.1% ของน้ำแป้งคนผสมให้เข้ากันแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที 600 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที นำเส้นก๋วยเตี๋ยวทีได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาท สัมผัสพบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ตามชนิดและความเข้มข้นข้างต้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ แต่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับเส้นก๋วยเตี๋ยวเชิงพาณิชย์ ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และเส้นก๋วยเตี๋ยวชุดควบคุมได้คะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย

ณัฐธิดา มหาชัยราชัน และคณะ (2555) ได้ศึกษาหาปริมาณไฮโดรคอลลอยด์และความชื้นของส่วนผสมที่เหมาะสมต่อคุณภาพของอาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3X3 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ (0, 1 และ 2%) และความชื้นของส่วนผสมก่อนอบ 3 ระดับ (10, 20 และ 30% โดยน้ำหนักเปียก) พบว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (Aw) การดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น แต่การละลายมีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้ค่าความแข็ง และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง และปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแข็งและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสูตรอาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมไม่เติมแซนแทน และปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบ 30% โดยน้ำหนักเปียก โดยผลิตภัณฑ์มีค่า Aw เท่ากับ 0.39 ค่าความแข็ง 137.14 นิวตัน และมีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

สุณิสา ร้อยดวง และคณะ (2561) ได้ศึกษาอัตราส่วนแป้งจากฟักทองเพื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ทาร์ตฟักทอง โดยกำหนดอัตราส่วนของแป้งฟักทองต่อแป้งสาลี 4 ระดับ (0:100,

30:70, 50:50 และ70:30) เปรียบเทียบกับทาร์ตแป้งสาลี 100% พบว่าทาร์ตแป้งสาลี 100% มีค่า Aw สูงกว่าทาร์ตที่มีส่วนผสมของแป้งฟักทองทั้งสามสูตรโดยมีค่า Aw ของทาร์ตแป้งฟักทองอยู่ในช่วง 0.77 - 0.81 ค่า L* ของทาร์ตแป้งฟักทองต่ำกว่าทาร์ตแป้งสาลี 100% อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า a* และ b* สูงกว่า ($p < 0.05$) สูตรแป้งฟักทอง 30% ได้คะแนนการจัดลำดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด จากนั้นศึกษาสภาวะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 15 วันพบว่า การแช่เยือกแข็งทำให้ความกรอบและความแข็งของทาร์ตฟักทองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยทาร์ตแป้งฟักทองแช่เยือกแข็ง 5 วันมีค่า Aw และปริมาณความชื้นในอาหารต่ำที่สุด (0.66 และ 11.97% ตามลำดับ) มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทาร์ตแป้งฟักทองแช่เยือกแข็งที่ระยะเวลา 0 วัน 5 วันและ 15 วันด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ทาร์ตแป้งฟักทองแช่แข็งที่ระยะเวลา 0, 5 และ 15 วันได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ในการใช้แป้งฟักทองทดแทนแป้งสาลีในการผลิตทาร์ตได้ รวมถึงแนวทางการยืดอายุการเก็บรักษาทาร์ตแป้งฟักทองด้วยวิธีแช่แข็งซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทาร์ตแป้งฟักทองสำเร็จรูปแช่เยือกแข็งต่อไป

ณัฏฐิกา ศิลาลายและคณะ (2562) ทดลองปรับปรุงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากการผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง และใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับ 0 (ควบคุม) 0.3 0.4 0.5 0.6 และ 0.7% ของน้ำหนักแป้งผสม (แป้งข้าว:แป้งมันสำปะหลัง, 65:35) ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าแป้งผสมที่เติม CMC 0.3, 0.4 และ 0.7% มีค่าการคืนตัวต่ำ (Setback) กว่าแป้งผสมที่ไม่มีการเติม CMC แสดงว่าการเกิดรีโทรเกรเดชันน้อยลงและสอดคล้องกับค่าความแข็ง (Hardness) ของเจลแป้งที่ลดลงเมื่อทิ้งให้เกิดรีโทรเกรเดชัน และเมื่อนำ แป้งผสมที่ได้มาขึ้นรูปเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งที่มีการเติม CMC มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม ยืดหยุ่น และไม่ขาดง่าย เมื่อเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเติม CMC แป้งผสมชุดควบคุมที่ไม่มีการเติม CMC มีค่าแรงดึง (Tensile strength) ต่ำกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งผสมที่มีการเติม CMC 0.4% ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนด้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเติม CMC 0.4% จะช่วยให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดี มีความนุ่มและยืดหยุ่นดีที่สุด

Li et al. (2019) ศึกษาผลของไฮโดรคอยลอยด์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและการหมักของโด ด้วยการใช้สารไฮโดรคอยลอยด์ 16 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เติมลงไปในการเตรียมโดพบว่า การเติมกัวร์กัม และ Locust bean gum ปริมาณ 0.2-1% ทำให้โดมีความแข็งแรงแต่ถ้าเติมเพคติน และ Konjac glucomannan ทำให้โดอ่อนตัว นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอยลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของโด เช่น Carrageenan แซนแทนกัม กัวร์กัม สนับสนุนและช่วยเพิ่มพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยากับโครงร่างของ Gluten ส่วน Sodium alginate Carrageenan และ Konjac glucomannan ช่วยยับยั้งการจับตัวใหม่ของโมเลกุลของแอมิโลสในระหว่างการเกิดปฏิกิริยารีโทรเกรเดชัน นอกจากนี้ไฮโดรคอยลอยด์ที่โครงสร้างเป็นเส้นตรง และมีความหนืดสูงสามารถทำให้เพิ่มปริมาณโครงร่างของกลูเตน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 แป้งสาลี ตราดาว บริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซนเตอร์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร

3.1.2 แป้วท้าวยายม่อม ตราแมวดำดาวเทียมลูกโลก บริษัท เกรียงไกร (เกียงไต๋) ค้าแป้ง จำกัด, นครปฐม

3.1.3 แป้งมันสำปะหลัง ตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก บริษัท เกรียงไกร (เกียงไต๋) ค้าแป้ง จำกัด, นครปฐม

3.1.4 น้ำมันพืช ตราหยก บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน), สมุทรปราการ

3.1.5 เกลือ ตราทิพย์ บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, นครราชสีมา

3.1.6 แผ่นแป้งปอเปี๊ยะสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง ตรา KG (KG Spring Roll Pastry Kawan Food Manufacturing Sdn Bud, Malaysia)

3.1.7 น้ำ

3.2 สารเคมี

3.2.1 Xantan gum หจก.ซี.อี.จี.ซายน์ แอนด์ (สำนักงานใหญ่), สงขลา

3.2.2 Gua gun, หจก.ซี.อี.จี.ซายน์ แอนด์ (สำนักงานใหญ่), สงขลา

3.2.3 Carboxymethyl cellulose (CMC), Food grade, บริษัท สยาม มอดีฟายด์ สตาร์ช จำกัด, ปทุมธานี

3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์

3.3.1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง Mattler Toledo, AB 204 S**,** Switzerland

3.3.1.2 เครื่องตีผสม Atlas, 1048534, Italy

3.3.1.3 อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น หม้อนึ่ง ถาด ชามผสม กระชอน เตาแก๊สและผ้าขาวบาง

3.3.2 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.2.1 เครื่องวัดค่าสี (ColorFlexEZ) รุ่น hunter lab: 1471, Japan

3.3.2.2 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity; Aw) รุ่น CH-8853, Switzerland

3.3.2.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM)

3.3.3 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.3.1 เครื่องมือวิเคราะห์ความชื้น ประกอบด้วย

1) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) Mettler Toledo รุ่น 204, China

2) โถดูดความชื้น (Desiccators), China

3) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Binder, USA

3.3.3.2 เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (Protein Analyzer) Foss รุ่น 520017830, Germany

3.3.3.3 เครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน Gerhard รุ่น 4050226, USA

3.3.3.4 เครื่องมือวิเคราะห์เถ้า เตาเผา (Muffle furnace) Vulcan รุ่น A-550, USA

3.3.3.5 เครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย Velp sciehtfica รุ่น FIWE, USA

3.3.4 เครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

3.3.4.1 เครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัสรุ่น TA.XT Express texture analyzer, Stable Micro Systems, UK

3.4 วิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

3.4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์

การศึกษาทดลองเพื่อหาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1.1 ทดลองเปรียบเทียบการเตรียมแผ่นแป้งขนมโบว์ 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 เตรียมเป็นน้ำแป้ง โดยชั่งส่วนผสม แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้ตะกร้อไฟฟ้าตีด้วยความเร็วสูงสุดประมาณ 1-2 นาที นำน้ำแป้งใส่ถุงขนาด 7x12 นิ้ว ไปบ่มที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เป็นแผ่นด้วยการให้ความร้อนบนกระทะใช้ไฟปานกลางเวลา 1-2 นาที เพื่อให้แป้งพอสุกและโรยด้วยแป้งมันสำปะหลัง ตามวิธีการของกูรอซียะห์ ยามิรูเด็งและคณะ (2562: 18,43) ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการนวดผสมเป็นก้อนโด เตรียมส่วนผสมแล้วนวดผสมจนแป้งไม่ติดมือประมาณ 8-10 นาที ให้ก้อนโดมีลักษณะเนียน แล้วพักแป้งทิ้งไว้ 30 นาที แบ่งก้อนโดให้เท่ากันและนำมารีดให้เป็นแผ่นโรยด้วยแป้งมันสำปะหลัง ดัดแปลงตามวิธีการของ Kanga *et al*., (2018: 14) สังเกตลักษณะของแผ่นแป้งขนมโบว์ จากนั้นทดลองผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ตามวิธีการดังกล่าวด้วยการเติมสาร ไฮโดรคอยลอยด์ 3 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum), กัวร์กัม (Guar gum) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose; CMC) ที่ระดับ 0.05% สังเกตลักษณะการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์

3.4.1.2 ศึกษาผลของชนิด ปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ และอิทธิพลร่วมของชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ ด้วยการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD การทดลองทั้งหมด 36 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยแรกที่ศึกษาคือชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดคือ แซนแทนกัม กัวร์กัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณการเติมโดยน้ำหนักแป้งที่ระดับ 0.05, 0.1, 0.15% คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดด้วยการทดสอบค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) การวัดแรงดึงเพื่อทดสอบความเหนียวและความยืดหยุ่นของแผ่นแป้งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT Express Texture analyzer) ตามวิธีการของ Stable Micro System (1995:5) ด้วยการวัดแรงดึง (Tension) ใช้หัววัด A/SPR สภาวะในการวัดดังภาคผนวก ข เตรียมตัวอย่างด้วยการตัดให้มีขนาดความกว้าง 1.5 นิ้ว และความยาว 4 นิ้ว

2) ทดสอบความเหนียวและความยืดหยุ่นของแผ่นแป้งขนมโบว์ โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญในการทำขนมโบว์ จำนวน 3 คน จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ภูมิปัญญา อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี นำแผ่นแป้งมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง x ยาว (1.5x4 นิ้ว) ทดลองผูกแผ่นแป้งขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ จำนวนตัวอย่างละ 10 ชิ้น สังเกตลักษณะการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ที่สมบูรณ์คือ ผูกแล้วแผ่นแป้งไม่ขาด จากนั้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป

3) การคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดด้วยการคัดเลือกค่าแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี (Duncan's New Multiple Range Test, DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.4.2 ตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแป้งขนมผูกโบว์

นำแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 3.4.1 มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ดังนี้

3.4.2.1 คุณภาพทางด้ายกายภาพ วัดค่า สี วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorFlex EZ) ค่า Water activity (Aw) โดยใช้เครื่องวัดค่า Aw ตรา Aqualab รุ่น S 360090 และลักษณะโครงร่างของแผ่นแป้งขนมโบว์ด้วยกล้องอิเล็คตรอนแบบแสงส่องกราด ดัดแปลงตามวิธีการของ Yamula & Navarro (2020: 2)

3.4.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย

1) ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2002)

2) ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (2016-981.10)

3) ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2016-948.15)

4) ปริมาณเยื่อใย ตามวิธีการของ AOAC (2002)

5) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยการคำนวณ

3.4.2.3 ตรวจสอบลักษณะโครงสร้าง (Microstructure) นำแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ดีที่สุดมาตรวจสอบลักษณะโครงร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron

microscopy; SEM) เปรียบเทียบกับแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้าตามวิธีการของ Yamula & Navarro (2020: 2)

3.4.3 ศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

นำแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ได้มาทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 5 วัน และ -18 °C เป็นระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน และนำมาคืนรูปจากการเก็บรักษา 2 วิธีคือ คืนรูปที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 32 °C) เป็นระยะเวลา 3-4 นาที กับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 200 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมาทดสอบค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.4.3.1 การวัดแรงดึงเพื่อทดสอบความเหนียวและความยืดหยุ่นของแผ่นแป้งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT Express Texture analyzer) ตามวิธีการของ Stable Micro System (1995: 5) ด้วยการวัดแรงดึง (Tension) ใช้หัววัด A/SPR

3.4.3.2 ทดสอบความเหนียวและความยืดหยุ่นของแผ่นแป้งขนมโบว์ โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญในการทำขนมโบว์ จำนวน 3 คน จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ภูมิปัญญา อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี นำแผ่นแป้งมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง x ยาว (1.5x4 นิ้ว) ทดลองผูกแผ่นแป้งขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ จำนวนตัวอย่างละ 10 ชิ้น สังเกตลักษณะการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ที่สมบูรณ์คือ ผูกแล้วแผ่นแป้งไม่ขาด จากนั้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป

3.4.3.3 ทดสอบการอมน้ำมัน นำมาทอดในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 1-2 นาที (Oil absorption) ตามวิธีการของ (Kupkanchanakul *et al*., 2004: S208) แสดงภาคผนวกที่ ค5

3.4.3.4 ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเช่น ความกรอบ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมของแผ่นแป้งขนมโบว์ภายหลังการทอดในน้ำมันท่วมด้วยวิธี 9-Hedonic scaling ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เลือกตัวอย่างที่ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงสุด

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.5.1 การศึกษาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ศึกษาปัจจัยคือชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด และปริมาณการเติมโดยน้ำหนักแป้ง 3 ระดับ คัดเลือกจากการวัดค่าแรงดึง และการผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์

3.5.2 การตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแป้งขนมโบว์เปรียบเทียบกับแผ่นแป้งทางการค้า วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ T-test

3.5.3 การศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ การเก็บในสภาวะอุณหภูมิ 5 °C (1, 3 และ 5 วัน) และ -18 °C (7, 14 และ 21) และการคืนรูป 2 วิธี คือ

อุณหภูมิห้อง และการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ คัดเลือกจากการวัดค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และการอมน้ำมัน

3.5.4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนการทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี (Duncan's New Multiple Range Test; DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.6 ระยะเวลาการทำวิจัย

ระยะเลาในการทำวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2562 จนถึงวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2563

บทที่ 4

ผลและอภิปรายผล

4.1 ผลของการศึกษาชนิด และปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์

4.1.1 ผลของการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมแผ่นแป้งขนมโบว์

การเตรียมแผ่นแป้งขนมโบว์ประกอบด้วย 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 เตรียมเป็นน้ำแป้ง และทำให้เป็นแผ่นด้วยการให้ความร้อน ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการนวดผสมเป็นก้อนโด แล้วรีดให้เป็นแผ่น โดยมีสูตรและกระบวนการผลิตดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สูตรพื้นฐานในการทำแผ่นแป้งเตรียมเป็นน้ำแป้งและวิธีการนวดผสมเป็นโด

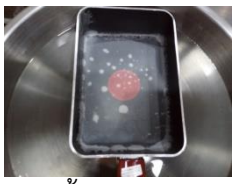
ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	
	วิธีที่ 1 (น้ำแป้ง)	วิธีที่ 2 (ก้อนโด)
แป้งสาลี	30	56
แป้งท้าวยายม่อม	3	6
เกลือ	0.5	0.5
น้ำมัน	2.5	3.5
น้ำ	64	34

ผลของการเตรียมแผ่นแป้งขนมโบว์ทั้ง 2 วิธีพบว่า ลักษณะของแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ได้แตกต่างกัน โดยการนวดเป็นก้อนโดตามวิธีที่ 2 และแผ่นแป้งไม่ผ่านความร้อน มีลักษณะเรียบ ผิวเนียน นิ่ม และมีความยืดหยุ่น (ภาพที่ 4.1) ส่วนแผ่นแป้งขนมโบว์ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 1 เป็นน้ำแป้ง ขึ้นรูปเป็นแผ่นแป้งด้วยการผ่านความร้อน ลักษณะแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ได้แห้ง เนียน และมีความยืดหยุ่นน้อยกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะวิธีการเตรียมแผ่นแป้งเป็นก้อนโด (เกิดกลูเตน) ซึ่งเกิดจากโปรตีนไกลอะดีน และกลูเตลินสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ระหว่างโมเลกุลทั้งนี้โปรตีนทั้งสองชนิดนี้แตกต่างกันมากทั้งโครงสร้างและฟังก์ชันการทำงาน ไกลอะดีนให้ความหนืดของกลูเตนเป็นหลักและกลูเตนให้ความยืดหยุ่นเป็นหลัก ส่งผลทำให้ได้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น (Feng, Ma & Wang, 2020: 29)

ผสมส่วนผสมตามสูตร

ตีผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยตะกร้อไฟฟ้า 1-2 นาที ใส่ถุงแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 24 ชม.

ให้ความร้อนด้วยไฟปานกลางประมาณ 1-2 นาที



แช่กระทะในน้ำให้คลายร้อนแล้วลอกแผ่นแป้งออก

แผ่นแป้งขนมโบว์

วิธีที่ 1 เตรียมเป็นน้ำแป้ง

นวดผสมให้เป็นก้อนไม่ติดมือ

พักก้อนโด 30 นาที

รีดให้เป็นแผ่น

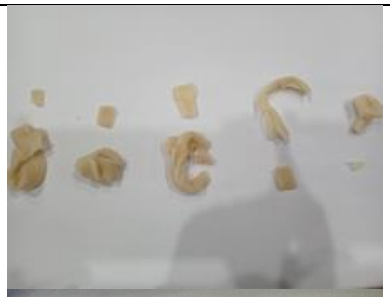
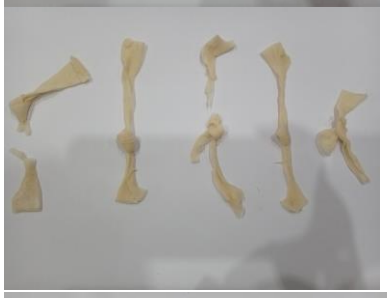
แผ่นแป้งขนมโบว์

วิธีที่ 2 นวดผสมเป็นก้อนโด

ภาพที่ 4.1 กระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ด้วยวิธีต่าง ๆ

ส่วนวิธีที่ 1 อาจเป็นเพราะในสูตรมีปริมาณน้ำมาก ซึ่งปริมาณน้ำมีผลต่อการฟอร์มตัวเป็นโครงร่างแหสามมิติของกลูเตนผ่านพันธะไดซัลไฟด์ และไกลอะดินเชื่อมต่อกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ส่งผลให้กลูเตนที่เกิดขึ้นไม่แข็งแรง ประกอบการการให้ความร้อนทำให้พันธะภายในโมเลกุลถูกทำลาย (Lagrain, Brijs & Delcour, 2008: 10660; Feng, Ma & Wang, 2020: 30) จากนั้นจึงทดลองผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ด้วยการเติมสารไฮโดรคอยลอยด์ 3 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum) กัวร์กัม (Guar gum) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose; CMC) ปริมาณ 0.05% เพื่อดูแนวโน้มความเป็นไปได้ที่สารไฮโดรคอยลอยด์สามารถช่วยในการขึ้นรูปเป็นโบว์ เมื่อผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ทั้ง 2 วิธี นำมาผูกขึ้นรูปเป็นโบว์ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งขนมโบว์ที่เติมสารไฮโดรคอยลอยด์และวิธีการเตรียมแบบต่าง ๆ

ชนิดสารไฮโดรคอยลอยด์	**วิธีการเตรียมแผ่นแป้ง**	
	เตรียมเป็นน้ำแป้ง	**เตรียมเป็นก้อนโด**
แซนแทนกัม		
กัวร์กัม		
CMC		

เมื่อพิจารณาการผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งที่ผ่านการเตรียมทั้ง 2 วิธี และมีการเติมสารไฮโดรคอยลอยด์ 3 ชนิด มีผลต่อการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ โดยพบว่า วิธีการเตรียมเป็นก้อนโด และนำมารีดเป็นแผ่นมีแนวโน้มที่สามารถขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ได้มากกว่าการเตรียมเป็นน้ำแป้ง เนื่องจากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ด้วยวิธีการเตรียมเป็นน้ำแป้งมีผลทำให้แผ่นแป้งมีความเหนียว ติดมือ และขาดได้ง่าย ส่วนการเตรียมนวดผสมเป็นก้อนโดพบว่า การเติมแซนแทนกัมทำให้แผ่นแป้งขนมโบว์เมื่อผูกมีความยืดหยุ่น และขาดง่าย กัวร์กัมแผ่นแป้งขนมโบว์มีลักษณะยืดได้มากกว่า ส่วน CMC สามารถผูกเป็นรูปโบว์ได้ แต่มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย และหดตัวได้ง่าย ดังนั้นเมื่อพิจารณาการผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งพบว่า วิธีการนวดผสมเป็นก้อนโดสามารถผูกได้ดีกว่าการเตรียมน้ำแป้ง เนื่องมาจากการนวดเป็นโดและพักทิ้งไว้ทำให้กลูเตนทำปฏิกิริยากับไฮโดรคอยลอยด์เกิดโครงร่างแหกลูเตน (Gluten matrix) ดังเช่นในงานวิจัยของ Zhao *et al*., (2020: 3) กล่าวว่า การเกิด Interaction ระหว่าง CMC กับโปรตีนกลูเตนในระหว่างกระบวนการผลิตมีผลต่อคุณภาพของโด ท้ายสุดมีผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงทดลองผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ด้วยการเตรียมเป็นก้อนโดเพื่อทดลองหาชนิด และปริมาณสารไฮโดรคอยลอยด์ที่เหมาะสมต่อไป

4.1.2 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของแซนแทนกัม กัวร์กัม และ CMC ปริมาณ 0.05 0.1 และ 0.15% พบว่า ชนิดและปริมาณของแซนแทนกัม กัวร์กัม และ CMC มีผลต่อค่าแรงดึง และการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อิทธิพลของชนิด ปริมาณและการผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าแรงดึงและการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์

ชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (%)	ค่าแรงดึง (นิวตัน)	การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ (%)
แผ่นแป้งทางการค้า	-	47.42 ± 0.28^{a}	100^{a}
แซนแทนกัม	0.05	15.29 ± 1.39^{hijkl}	47.50 ± 5.02^{bc}
แซนแทนกัม	0.10	19.38 ± 2.04^{def}	25.50 ± 3.64^{cd}
แซนแทนกัม	0.15	17.96 ± 2.04^{defg}	24.00 ± 3.95^{cd}
กัวร์กัม	0.05	13.24 ± 2.43^{mn}	43.50 ± 4.97^{bc}
กัวร์กัม	0.10	15.06 ± 2.78^{ijklm}	61.00 ± 4.42^{b}
กัวร์กัม	0.15	18.29 ± 1.87^{defg}	58.50 ± 4.35^{bc}
CMC	0.05	18.05 ± 3.22^{defg}	17.50 ± 3.69^{d}
CMC	0.10	16.49 ± 1.88^{ghijkl}	43.00 ± 4.64^{bc}
CMC	0.15	17.33 ± 1.81^{efghij}	32.50 ± 4.56^{bc}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.05+0.05	17.36 ± 1.88^{efghij}	37.50 ± 3.07^{bc}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.05+0.10	11.78 ± 2.20^{n}	45.80 ± 3.64^{bc}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.05+0.15	14.77 ± 0.44^{klm}	61.80 ± 1.77^{b}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.10+0.05	13.32 ± 2.62^{mn}	41.10 ± 3.24^{bc}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.10+0.10	14.83 ± 0.94^{klm}	29.80 ± 3.91^{cd}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.10+0.15	16.57 ± 1.45^{ghijkl}	15.00 ± 3.24^{d}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.15+0.05	17.15 ± 2.26^{fghijk}	28.00 ± 3.86^{c}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.15+0.10	16.29 ± 0.54^{ghijk}	36.80 ± 3.29^{bc}
แซนแทนกัม + กัวร์กัม	0.15+0.15	18.11 ± 0.71^{defg}	60.50 ± 3.39^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a-n กำกับที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

4.1.2.1 อิทธิพลของชนิด และปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าแรงดึง

เมื่อพิจารณาชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์พบว่า แผ่นแป้งขนมโบว์ที่เติมแซนแทนกัม กัวร์กัม และ CMC มีค่าแรงดึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงแผ่นแป้งที่มีการเติมสาร

ไฮโดรคอลลอยด์มากกว่า 1 ชนิดเช่น แซนแทนกัมผสมกัวร์กัม แซนแทนกัมผสม CMC และกัวร์กัมผสม CMC มีค่าแรงดึงไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ผลของชนิด ปริมาณและการผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าแรงดึงและการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ (ต่อ)

ชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (%)	ค่าแรงดึง (นิวตัน)	การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ (%)
แซนแทนกัม + CMC	0.05+0.05	14.39 ± 1.38^{lm}	31.50 ± 3.60^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.05+0.10	17.58 ± 1.78^{efgh}	53.40 ± 4.01^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.05+0.15	18.22 ± 0.78^{defg}	49.30 ± 3.39^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.10+0.05	13.32 ± 0.94^{mn}	42.00 ± 3.90^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.10+0.10	16.41 ± 0.93^{ghijk}	45.80 ± 1.86^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.10+0.15	17.35 ± 1.40^{efghij}	45.00 ± 2.23^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.15+0.05	15.21 ± 0.57^{hijklm}	29.00 ± 3.47^{cd}
แซนแทนกัม + CMC	0.15+0.10	16.98 ± 0.62^{fghijk}	46.00 ± 3.34^{bc}
แซนแทนกัม + CMC	0.15+0.15	25.51 ± 1.34^{b}	92.00 ± 0.75^{a}
กัวร์กัม + CMC	0.05+0.05	25.36 ± 0.64^{b}	89.90 ± 1.01^{a}
กัวร์กัม + CMC	0.05+0.10	16.84 ± 1.05^{ghijk}	31.50 ± 3.74^{bc}
กัวร์กัม + CMC	0.05+0.15	21.86 ± 1.69^{c}	61.50 ± 2.26^{b}
กัวร์กัม + CMC	0.10+0.05	14.95 ± 0.99^{jklm}	48.00 ± 4.26^{bc}
กัวร์กัม + CMC	0.10+0.10	18.66 ± 1.49^{defg}	34.00 ± 3.97^{bc}
กัวร์กัม + CMC	0.10+0.15	17.50 ± 0.97^{efghi}	71.00 ± 1.86^{b}
กัวร์กัม + CMC	0.15+0.05	19.64 ± 0.80^{de}	34.80 ± 3.71^{bc}
กัวร์กัม + CMC	0.15+0.10	20.05 ± 1.45^{cd}	58.50 ± 3.32^{b}
กัวร์กัม + CMC	0.15+0.15	18.17 ± 0.66^{defg}	40.00 ± 4.05^{bc}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a-n กำกับที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

ยกเว้นการเติมผสมระหว่างแซนแทนกัมกับ CMC ในปริมาณ 0.15% ต่อ 0.15% และกัวร์กัมผสม CMC ในปริมาณ 0.05% ต่อ 0.05% มีผลทำให้ค่าแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอื่น ๆ และแผ่นแป้งทางการค้า โดยมีค่าเท่ากับ 25.51 และ 25.36 นิวตัน ตามลำดับ การที่เติม

สารไฮโดรคอยลอยด์มากกว่า 1 ชนิดอาจเป็นการเสริมให้โดมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ทั้งนี้ปริมาณของการเติมสารไฮโดรคอยลอยด์โดยเฉพาะ CMC พบว่า การเติม CMC ในแป้งสาลี 0.1-2% ช่วยทำให้โดมีคุณภาพที่ดีขึ้นเนื่องจาก CMC ไปช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำของแป้งสาลี (Correa *et al*., 2014: 2) นอกจากนี้ในการผสม CMC กับแป้งสาลีจะทำให้ CMC ไปจับตัวบริเวณรอบนอกของ Gluten matrix เมื่อให้ความร้อนมากกว่า 50 °C CMC จะเคลื่อนย้ายเข้าไปจับตัวกับ Gluten ภายในโครงสร้างของ Gluten matrix Zhao *et al*., (2020: 5)

4.1.2.2 อิทธิพลของชนิด และปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์

ชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมลงไปในกระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์มีผลต่อการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การเติมกัวร์กัมสามารถขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ได้มากที่สุด (61.00%) รองลงมา CMC (43.00%) และแซนแทนกัม (43.00%) ส่วนปริมาณการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์พบว่า ปริมาณที่ทำให้การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์สูงมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.05-0.10% โดยมีผลทำให้การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งที่เติมกัวร์กัมในปริมาณ 0.1% มีค่าเท่ากับ 61.00% เมื่อพิจารณาการผสมชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์มากกว่า 1 ชนิด ส่งผลทำให้การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์เพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 31.50-92.00%

4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแป้งขนมผูกโบว์

การผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ที่เหมาะสมคือผลิตจากแซนแทนกัม 0.15% ผสมกับ CMC 0.15% และเตรียมด้วยการนวดเป็นก้อนโดทำให้มีเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปเป็นโบว์สูง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสี Aw และองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้าพบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

4.2.1 สี

ค่าสีวัดค่าในรูป L* แสดงความสว่าง a* แสดงความเป็นสีแดง (ค่าติดลบ) และค่า b* แสดงความเป็นสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) ซึ่งค่าสีที่วัดได้จากแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ามีค่าแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนาดังแสดงผลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าสี และค่า Aw ในแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ากับสูตรพัฒนา

องค์ประกอบ		ค่าการวิเคราะห์	
		แผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้า	**แผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนา**
สี	L*	54.21±1.36[b]	63.62±0.23[a]
	a*	-1.42±0.08[a]	-1.03±0.03[b]
	b*	4.91±0.41[a]	2.99±0.06[b]
Aw		0.88±0.02[b]	0.96±0.02[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a และ b ที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่า L* ของแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนามีค่าสูงกว่าทางการค้า โดยมีค่าเท่ากับ 63.62 ส่วนค่า a* และ b* มีค่าเท่ากับ 1.03 และ 2.99 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่าแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้า การที่แผ่นแป้งสูตรพัฒนามีค่า L* สูงกว่าแผ่นแป้งทางการค้าอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของส่วนผสมทั้งนี้แผ่นแป้งทางการค้าระบุในส่วนผสมใช้แป้งสาลีอย่างเดียว ส่วนสูตรแผ่นแป้งพัฒนามีองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากแป้งสาลี ดังนั้นการที่มีค่า L* อาจเป็นผลขจากแป้ง ท้าวยายม่อม แซนแทนกัม และ CMC ที่เติมลงไป เมื่อสุกเจลที่ได้มีลักษณะใส ส่งผลให้ค่า L* มีค่าสูงขึ้น ส่วนค่า a* และ b* ของแผ่นแป้งขนมโบว์มีค่าน้อยกว่าทางการค้าอาจเป็นผลจากกระบวนการผลิตของสูตรแผ่นแป้งที่พัฒนาไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากองค์ประกอบทางเคมีในแป้งสาลีจึงส่งผลให้ค่า a* และ b* มีค่าน้อยกว่าทางการค้า โดยทั่วไปการเกิดสีในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนหนึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของแอมโมเนียกรดแอมิโนหรือโปรตีน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553: 231)

4.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; Aw)

เมื่อเปรียบเทียบค่า Aw ระหว่างแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนากับแผ่นแป้งทางการค้า พบว่า แผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนามีค่า Aw สูงกว่าแผ่นแป้งทางการค้า โดยมีค่าเท่ากับ 0.96 ส่วนค่า Aw ของแผ่นแป้งทางการค้ามีค่าเท่ากับ 0.88 เมื่อสัมผัสแผ่นแป้งทางการค้ามีลักษณะแห้งแข็ง มากกว่าแผ่นแป้งสูตรพัฒนาที่มีความนุ่ม และมีความยืดหยุ่นมากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากส่วนผสม และ

กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะแผ่นแป้งสูตรพัฒนามีการเติมไฮโดรคอยลอยด์ซึ่ง อาจมีผลทำให้ค่า Aw สูงเนื่องจากไฮโดรคอยลอยด์มีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้น (นราธิป ปุณเกษม, 2555: 17) การที่แผ่นแป้งสูตรพัฒนามี Aw สูงส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน เนื่องจากอาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ถ้าต้องการให้แผ่นแป้งสามารถเก็บรักษาได้เป็นปี ต้องมีค่า Aw ต่ำกว่า 0.70 (Olaimat, et al. 2020: 1)

4.2.3 ผลขององค์ประกอบทางด้านเคมี

การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรที่ได้รับการพัฒนา จากการวิเคราะห์พบว่า แผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนามีค่าความชื้นสูงกว่าตัวอย่างทางการค้า ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากส่วนผสมและกระบวนการผลิต ซึ่งสูตรที่พัฒนามีองค์ประกอบของน้ำประมาณ 34% โดยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำงานของโปรตีนกลูเตน ซึ่งมีผลต่อการฟอร์มตัว และความแข็งแรงของโครงร่างแหกลูเตน (Ooms & Delcour, 2019: 89) ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าต่ำกว่าแผ่นแป้งทางการค้าดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ากับสูตรพัฒนา

องค์ประกอบ	**ปริมาณที่วิเคราะห์ (% โดยน้ำหนักแห้ง)**	
	แผ่นแป้งทางการค้า	**แผ่นแป้งที่พัฒนา**
ความชื้น	18.23±0.86[b]	34.73±0.81[a]
โปรตีน	7.84±0.09[a]	6.73±0.33[b]
ไขมัน	5.44±0.71[a]	1.77±0.77[b]
เยื่อใย	1.70±0.03[a]	1.1±0.26[b]
คาร์โบไฮเดรต	66.8±1.6[a]	55.70±0.5[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

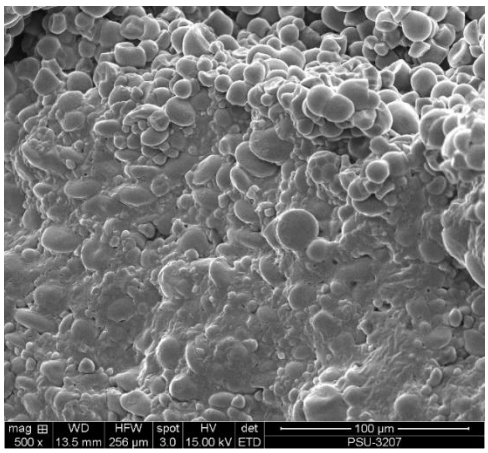
อักษร a และ b ที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีการที่แผ่นแป้งสูตรพัฒนามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากส่วนผสมทั้งนี้แผ่นแป้งทางการค้ามีองค์ประกอบของแป้งสาลีเพียงอย่างเดียว ซึ่งแป้งสาลีของไทยโดยทั่วไปประกอบด้วยโปรตีน 12.5% และคาร์โบไฮเดรต 64% (อริสรา รอดมุ้ย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550: 38) นอกจากนี้ Al-Sahlany

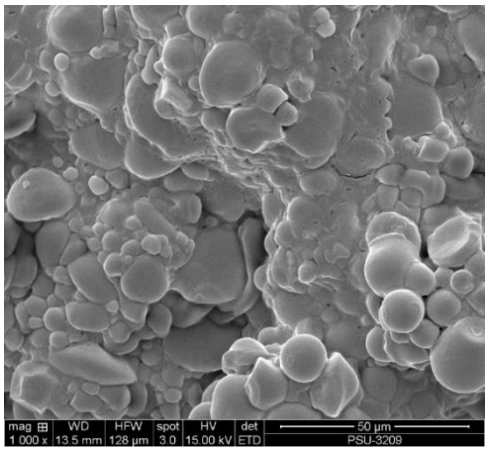
& Al-musafer (2020: 88) รายงานว่าแป้งสาลีของประเทศอิรักประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 12, 12.8, 1.5 และ 72.58% ตามลำดับ ทั้งนี้การที่องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก และการเก็บรักษา (Lancelot, et al., 2021: 4)

4.2.4 ผลการตรวจสอบลักษณะโครงสร้าง (Microstructure)

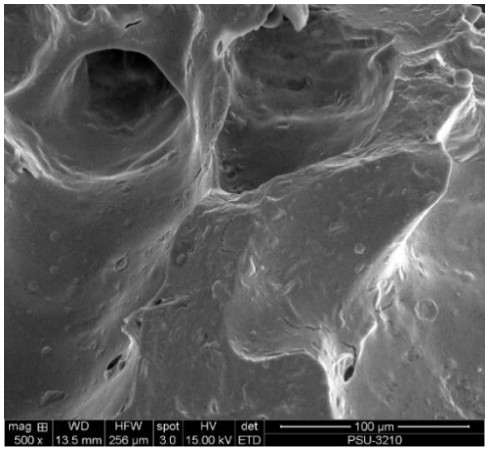
นำแผ่นแป้งขนมโบว์ที่มีส่วนผสมของแซนแทนกัม 1.5% ผสมกับ CMC 1.5% มาตรวจสอบลักษณะโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM) เปรียบเทียบกับแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้าดังภาพที่ 4.2



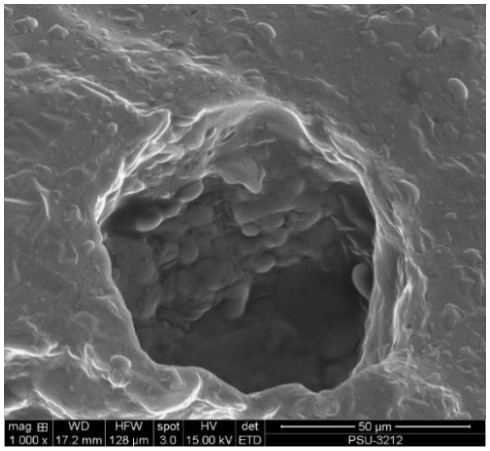
ก) แผ่นแป้งสูตรพัฒนา กำลังขยาย 500 เท่า



ข) แผ่นแป้งสูตรพัฒนา กำลังขยาย 1,000 เท่า



ค) แผ่นแป้งทางการค้า กำลังขยาย 500 เท่า



ง) แผ่นแป้งทางการค้า กำลังขยาย 1,000 เท่า

ภาพที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนากับทางการค้าด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2 ลักษณะผิวของแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนาขรุขระ ไม่เรียบ สังเกตเห็นเม็ดสตาร์ชได้ชัดเจน กระจายอยู่ทั่วไปอย่างแน่นหนา (ภาพที่ 4.2 ก) และเม็ดสตาร์ชบางส่วนจับอยู่ที่ผิวนอกของโครงร่างกลูเตนซึ่งมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ดังภาพที่ 4.2 ข เนื่องจากกระบวนการผลิตของแผ่นแป้งสูตรพัฒนาไม่ผ่านความร้อน ดังนั้นเม็ดสตาร์ชจึงไม่เกิดเจลาทิไนซ์ ส่วนลักษณะผิวของแผ่นแป้งทางการค้ามีผิวที่เรียบ และเป็นหลุม (ภาพที่ 4.2 ค) แต่เมื่อสังเกตภาพที่ 4.2 ง พบว่า ลักษณะผิวบางส่วนสังเกตเห็นแกรนูลของเม็ดสตาร์ อาจเนื่องมาจากในกระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้าอาจมีการให้ความร้อนจึงทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนเกิดการเจลาทิไนซ์เชื่อมติดกันและปิดช่องว่าง ทำให้เห็นลักษณะเนื้อที่แน่นติดกัน และบางส่วนเม็ดสตาร์ชเกิดการเจลาทิไนซ์ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้บางตำแหน่งสังเกตเห็นเม็ดสตาร์ชไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการเติมแซนแทนกัม และ CMC อาจช่วยเพิ่มพื้นที่ของเม็ดสตาร์ชในการเกิด Interaction ระหว่าง Gluten matric และองค์ประกอบอื่น ๆ ดังเช่นในงานวิจัยของ Yamula & Navarro (2020: 5) กล่าวว่า การเติมไฮโดรคอยลอยด์เช่น Hydroxypropilmethylcellulose กัมอะราบิค และ Konjac glucomannan ในแป้งสาลีผสมแป้งมันฝรั่ง เมื่อฟอร์มตัวเป็นโดพบว่า ไฮโดรคอยลอยด์ดังกล่าวไปช่วยเพิ่มพื้นผิวสัมผัส การห่อหุ้มเม็ดสตาร์ชและทำให้เกิดการเชื่อมโยงได้มากขึ้น ส่งผลทำให้โดมีความแข็งแรง และยืดหยุ่นมากขึ้น ดังนั้นจากภาพที่ 4.2 จึงสามารถสรุปได้ว่า แผ่นแป้งขนมโบว์ทางการค้ามีความแข็งแรงมากกว่าแผ่นแป้งขนมโบว์สูตรพัฒนาซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า

4.3 ผลของการศึกษาความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 5 วัน นำมาคืนรูปจากการเก็บรักษาโดยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 32 °C) เป็นเวลา 3 นาที ส่วนแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน นำมาคืนรูปจากการเก็บรักษา 2 วิธีคือ คืนรูปที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 นาที กับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 200 วัตต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา รวมถึงการคืนรูปจากการเก็บรักษามีผลต่อค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ การอมน้ำมัน และการทดสอบทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียดผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

4.3.1 ค่าแรงดึง

การเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงดึงลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 18.63 -14.43 นิวตัน โดยที่ค่าแรงดึงมีค่าลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาวันที่ 3 เป็นต้นไปดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ 5 °C ระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และปริมาณการอมน้ำมัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงดึง (นิวตัน)	การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ (%)	ปริมาณการอมน้ำมัน (%)
0	18.63±0.74^{a}	94.60±0.63^{a}	0.77±0.02^{a}
1	18.43±0.28^{b}	93.00±0.82^{a}	0.62±0.07^{c}
3	17.74±0.69^{c}	90.00±1.19^{ab}	0.65±0.02^{b}
5	15.03±0.25^{d}	80.23±3.04^{ab}	0.62±0.01^{c}
7	14.43±0.63^{e}	75.50±1.83^{b}	0.57±0.04^{d}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a, b, c, d ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นระยะเวลา 0-21 วัน เมื่อนำมาคืนรูปที่อุณหภูมิห้อง และไมโครเวฟพบว่า การคืนรูปที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ค่าแรงดึงลดลง ส่วนการคืนรูปด้วยไมโครเวฟพบว่า แผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เมื่อคืนรูปด้วยไมโครเวฟมีค่าแรงดึงสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 31.24 นิวตัน (ตารางที่ 4.7) แต่เมื่อเก็บรักษามากกว่า 7 วัน ค่าแรงดึงภายหลังคืนรูปด้วยไมโครเวฟมีค่าลดลง และมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างคืนรูปที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 16.20-17.14 นิวตัน การเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ -18 °C และนำมาคืนรูปที่อุณหภูมิห้อง และไมโครเวฟมีผลต่อค่าแรงดึงแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ -18 °C เกิดปรากฏการณ์รีโทรเกรเดชัน ทำให้โมเลกุลของสตาร์ชจับกลุ่ม และเกิด

การจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลึก มีผลทำให้สูญเสียความนุ่มลและความยืดหยุ่น (สงวนศรี เจริญเหรียญ, 2558: 250) การเกิดรีโทรเกรเดชันในระหว่างการเก็บรักษาขนมปังจากการวิจัยของ Nivelle et al (2020: 1-2) พบว่า ความแน่นเนื้อของ Crumble ในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับการเกิดรีโทรเกรเดชันของแอมิโลเพกทินซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงร่างแหของสตาร์ช โดยสายโซ่กิ่งของแอมิโลเพกตินที่มีระดับการเกิดพอลิเมอไรเซชันน้อยสุด 10 หน่วยกลูโคส มีผลต่อการเกิดรีดทรเกรเดชันในแป้งเพส (Pastes) การเกิดผลึกของสตาร์ชแบบ B (สตาร์ชที่เกิดรีโทรเกรเดชัน) มีผลทำให้น้ำภายในโครงสร้างเคลื่อนที่ได้น้อย นอกจากนี้การเกิดรีโทรเกรเดชัน และการเคลื่อนที่ของน้ำมีผลต่อปริมาณน้ำไม่เพียงพอ และส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงร่างของกลูเตน (Bosmans et al., 2013: 4652) เมื่อให้ความร้อนด้วยการคืนรูปด้วยไมโครเวฟทำให้เกิดเจลาทิไนเซชันใหม่อีกครั้ง อีกครั้งจึงอาจส่งผลให้แผ่นแป้งมีความยืดหยุ่นและมีค่าแรงดึงมากขึ้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการสลายโครงสร้างของผลึกที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้แกรนูลสตาร์ชเกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างอสัญฐานและโครงสร้างผลึก (ณัฐดนัย หาญการสุจริต, 2562: 110) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แผ่นแป้งขนมโบว์มีค่าแรงดึงลดลงเพราะ ในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ความชื้นในอาหารลดลง ส่งผลให้มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอที่จะทำให้โครงร่างของกลูเตนแข็งแรง

4.3.2 การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์

การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ของแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่ 5 °C มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นจากวันที่ 0 มีค่า 94.60% มีค่าลดลงเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 75.50% และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C คืนรูปที่อุณหภูมิห้องการผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มเหมือนกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ส่วนการคืนรูปด้วยไมโครเวฟพบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะวลา 7 วัน พบว่า การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์มีค่าต่ำมาก โดยมีค่าเท่ากับ 19.50% แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 14-21 วัน มีค่าการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 77.80-84.50% ทั้งนี้การขึ้นรูปเป็นขนมโบว์มีความสัมพันธ์กับค่าแรงดึง ซึ่งค่าแรงดึงขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโครงสร้างของแผ่นแป้ง

4.3.3 ปริมาณการอมน้ำมัน

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เพิ่มขึ้นขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการอมน้ำมันลดลง และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณการอมน้ำมันเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของการเก็บรักษาแผ่นแป้งขนมโบว์ที่อุณหภูมิ -18 °C ระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดึง การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ และปริมาณการอมน้ำมัน

วิธีการคืนรูป	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงดึง (นิวตัน)	การผูกขึ้นรูปเป็นขนมโบว์ (%)	ปริมาณการอมน้ำมัน (%)
อุณหภูมิห้อง	0	18.63±0.74^{b}	94.60±0.63^{a}	0.62±0.07^{e}
	7	16.15±1.41^{c}	92.80±0.83 ^{a}	0.45±0.02^{f}
	14	16.29±0.12^{c}	83.00±3.09 ^{a}	1.76±0.02^{b}
	21	17.42±0.34^{c}	81.50±3.09^{a}	1.03±0.03^{d}
ไมโครเวฟ	7	31.24±1.03^{a}	19.50±2.09^{b}	0.61±0.02^{e}
	14	17.14±1.29^{c}	77.80±3.06^{a}	2.50±0.03^{a}
	21	16.20±0.89^{c}	84.50±3.11^{a}	1.52±0.02^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a-f ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.7 พบว่า ปริมาณการอมน้ำมันในแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 21 วัน คืนรูปที่อุณหภูมิห้องและไมโครเวฟมีปริมาณการอมน้ำมันลดลงจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การที่ปริมาณการอมน้ำมันเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากปริมาณแอมิโลส และผิวสตาร์ชแกรนูลถูกทำลายในระหว่างการคืนรูปด้วยไมโครเวฟเนื่องจากใช้ความร้อนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al.,

(2019: 270) ทำการศึกษาการคืนรูปจากแช่เยือกแข็งของสตาร์ข้าวโพด สตาร์ชข้าวสาลี และสตาร์ชมันสำปะหลังที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงคืนรูปจากแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงพบว่า การดูดซับน้ำมันของสตาร์ชข้าวสาลีมีค่าลดลงเมื่อผ่านการคืนรูปจากเยือกแข็ง 2 รอบ ทั้งนี้เป้นเพราะการแช่เยือกแข็งและคืนรูปจากเยือกแข็งมีผลทำให้แอมิโลสแตกตัว ผิวของสตาร์ชแกรนูลหยาบ ส่งผลให้ความสามารถในการจับกับน้ำมันลดลง

4.3.4 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคุณลักษณะทางด้านความกรอบการอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมของแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ -18 °C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ หลังผ่านการคืนรูป นำมาทอดในน้ำมันท่วม และนำมาทดสอบความชอบ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
	ความกรอบ	การอมน้ำมัน	ความชอบรวม
0	7.23±1.33[a]	7.70±0.92[a]	7.77±0.86[a]
1	7.00±0.91[ab]	7.80±0.92[a]	7.40±0.97[ab]
3	7.33±1.32[a]	7.73±0.87[a]	7.80±0.76[a]
5	6.53±0.73[b]	6.73±0.78[b]	7.27±0.58[b]
7	6.60±0.81[b]	6.80±0.76[b]	7.00±0.83[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a, b, c และd ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.9 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ

วิธีการละลาย	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
		ความกรอบ	การอมน้ำมัน	ความชอบรวม
อุณหภูมิห้อง	0	7.23±1.33[a]	7.70±0.92[a]	7.77±0.86[a]
	7	6.53±0.82[b]	6.47±1.01[b]	6.80±0.79[b]
	14	7.67±1.07[a]	7.67±0.86[a]	7.60±1.01[a]
	21	5.87±1.20[c]	6.80±1.25[b]	6.67±1.41[b]
ไมโครเวฟ	7	7.33±0.94[a]	7.27±0.49[a]	7.33±0.89[a]
	14	7.20±0.79[a]	7.33±0.93[a]	7.67±1.04[a]
	21	5.87±1.60[c]	6.20±0.86[b]	6.80±1.81[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง

อักษร a b และc ที่กำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p<0.05$)

4.3.4.1 ความกรอบ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านความกรอบพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น คะแนนความชอบทางด้านความกรอบมีค่าลดลง และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษามากกว่า 3 วัน มีคะนนความชอบลดลงมีค่าเท่ากับ 6.53-6.60 คะแนน (ตารางที่ 4.8) ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C พบว่ามีแนวโน้มคะแนนความชอบลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นเช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน ตัวอย่างแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ผ่านการคืนรูปทั้งที่อุณหภูมิห้องและไมโครเวฟ มีคะแนนความชอบลดลง มีค่าเท่ากับ 5.87 คะแนน (ตารางที่ 4.9)

ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ทั้งนี้อุณหภูมิในการเก็บรักษา ระยะเวลาและวิธีการคืนรูปอาจมีผลต่อคะแนนความชอบเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งและไฮโดรคอยลอยด์

4.3.4.2 การอมน้ำมัน

คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านการอมน้ำมันของแผ่นแป้งขนม ผูกโบว์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นทั้งที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 5 °C และ -18 °C แสดงว่าเมื่อระยะเวลานานขึ้นการอมน้ำมันของแผ่นแป้งขนมโบว์มีค่าเพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อคะแนนความชอบทางด้านการอมน้ำมัน

4.3.4.1 ความชอบรวม

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางด้านความชอบรวมต่อแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาอุณหภูมิ 5 °C และ -18 °C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นคะแนนความชอบมีค่าลดลง จากตารางที่ 4.8 คะแนนความชอบของแผ่นแป้งขนมโบว์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C มีค่าลดลง แต่อยู่ในช่วงคะแนน 7.00 -7.77 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 14-21 วัน คืนรูปที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนความชอบลดลงโดยมีคะแนนเท่ากันและเท่ากับ 6.80 แต่เมื่อนำมาคืนรูปด้วยไมโครเวฟพบว่า มีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.67 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 กระบวนการผลิตแผ่นแป้งขนมโบว์ ด้วยการนวดผสมเป็นก้อนโด แล้วรีดเป็นแผ่น ประกอบด้วยส่วนผสมของแป้งสาลี 56% แป้งท้าวยายม่อม 6% เกลือ 0.5% น้ำมัน 3.5% และน้ำ 34% ส่วน แซนแทนกัม (Xanthan gum) 0.15% และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose; CMC) 0.15% ของน้ำหนักแป้ง โดยแผ่นแป้งขนมโบว์ที่ได้มีค่าแรงดึง และการขึ้นรูปเป็นขนมโบว์เท่ากับ 25.51 นิวตัน และ 92% ตามลำดับ

5.1.2 คุณภาพของแผ่นแป้งสูตรพัฒนามีค่า L* และ Aw สูงแต่ค่า a* และ b* ต่ำกว่าแผ่นแป้งทางการค้า ส่วนองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีค่าเท่ากับ 34.73, 6.73, 1.77, 1.10 และ 55.70% โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ลักษณะผิวของแผ่นแป้งขรุขระ สังเกตเห็นเม็ดสตาร์ชชัดเจนและบางส่วนรวมกันเป็นก้อนติดอยู่ที่บริเวณรอบนอกของ Gluten matric

5.1.3 ความคงตัวต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าแรงดึง การขึ้นรูปเป็นโบว์ และปริมาณการอมน้ำมันมีค่าลดลง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C แต่ปริมาณการอมน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับการคืนรูปแผ่นแป้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C การคืนรูปด้วยไมโครเวฟแผ่นแป้งขนมโบว์มีคุณภาพดีกว่าการคืนรูปที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการทดสอบความชอบมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นคะแนนความชอบรวมลดลงอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาวิธีการลดความชื้นในแผ่นแป้งขนมโบว์เพื่อสามารถยืดอายุการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็งและคณะ (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งขนมโบว์.* คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กรรณิการ์ กุลยะณี และพนารัตน์ สังข์อินทร. (2561). ผลของกัวร์กัมต่อคุณภาพของวาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี, 13*(1), 315-329.

ขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา. (2555). *ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของแป้งก๋วยเตียวสำเร็จรูป.* คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

จิตรา สิงห์ทอง และจิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี. (2560). *ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน.* คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจ ประทีป ตุ้มทอง ณิชาภา สารธิยากุล จักรินทร์ สนุกแสน และอัญชนา อุดมทวี. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังและเค้กปราศจากกลูเตนและไขมันทรานส์จากแป้งข้าวหอมมะลิโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน : กรณีศึกษา กลุ่มพัฒนาบทบาทสตรีตำบลเทพรักษา อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

ชาญชัย ตรีเพชร. (2559). *ปริมาณสารไอโซฟลาโวนและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ จากถั่วเหลือง.* คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

พัชรพร ศรีชัยนาท. (2561). *ผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อสมบัติทางรีโอโลยีและทางเนื้อสัมผัสของเนื้อมังสวิรัติที่เตรียมจากถั่วเหลือง.* วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณัฐดนัย หาญการสุจริต. (2562). *การเปลี่ยนเฟสในกระบวนการแปรรูป การบรรจุ และเก็บรักษาอาหาร*. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ

ณัฐธิดา มหาชัยราชัน กมลวรรณ แจ้งชัด และอนุวัตรแจ้งชัด. (2555). *ผลของไฮโดรคอลลอยด์และความชื้นของส่วนผสมต่อคุณภาพของอาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก*. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐิกา ศิลาลาย ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ สุภัค โตเจริญทรัพย์ และชลธิรา สารวงษ์. (2562). ผลของคาร์บอกซีเมทลิเซลลูโลสต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งผสม และคุณสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยว. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24*(3) 1029-1042.

ธนัชพร ใจตาบ. (2560). *ผลของการปรับพีเอชและไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของไซรัปน้ำตาลมะพร้าว.* วิทยานิพนธ์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารบัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นราธิป ปุณเกษม. (2556). ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสเตลิงในขนมปัง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, 8(1), 12-20.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ

นราธิป ปุณเกษม. (2555). ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสเตลิงในขนมปัง. *วารสารเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 8, 12-20.

สงวนศรี เจริญเหรียญ. (2558). *เทคโนโลยีการแช่แข็งอาหาร.* บริษัทเอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด: กรุงเทพฯ

สาธิต ทองสุกงาม. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งข้าวเจ้ามีสี.* วิทยานิพนธ์หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สุณิสา ร้อยดวง , พัชรินธร สิงห์ขันธ์ และ นภัสวรรณ ปิ่นคา. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาร์ตแป้งฟักทองแช่เยือกแข็ง. *ว.วิทย์ กษ., 49*(3), 248-254.

ศิวัฒ ไทยอุดม. (2557). *ผลของสมบัติทางวิทยากระแสและกายภาพเคมีของสารผสมโพลีแซคคาไรด์กับแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ต่อระบบต้นแบบอาหารแช่แข็ง.* วิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อมรรัตน์ เจริญ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส โดยใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก.* วิทยานิพนธ์ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อริสรา รอดมุ้ย และอรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร*, 3, 37-43.

Al-Sahlany, S.T.G. & A.M.S., Al-musafer. (2020). Effect of substitution percentage of banana peels flour in chemical composition, rheological characteristics of wheat flour and the viability of yeast during dough time. *Journal of the Saudi Saciety of Agricultural Sciences*, 19, 87-91.

Bosmans, G.M., Lagrain, B., Ooms, N., Fierens, E. & J.A., Delcour. (2013). Biopolymer Interactions, Water Dynamics, and Bread Crumb Firming. *J. of Agric. Food Chemistry,* 61, 4646-4654.

Correa, M.J. Ferrer, E., Añón, M.C. & M. Ferrero. (2014). Interaction of modified celluloses and pectins with gluten proteins. *Food Hydrocolloids, 35*, 91-99.

Feng, W., Ma, S & X. Wang. (2020). Quality deterioration and improvement of wheat gluten protein in frozen dough. *Grain & Oil Science and technology*, 3, 29-37.

MGR Online. (2559). *ผูกด้วยใจให้ด้วยรัก กับ “ขนมผูกรัก” ของฝากขึ้นชื่อเมืองสตูล.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 27 กันยายน 2561, จาก : https://mgronline.com/travel/detail/9590000090687

Nivelle, M.A., Beghin, A.S., Vrinten, P. Nakamura & J.A. Delcour. (2020). Amylose and amylopectin functionality during storage of bread prepared from flour of wheat containing unique starches. *Food Chemistry*, 320: 1-10.

Kanga, N., Reddya, C.K., Parkb, E., Choic, H-D. & S.-T. Lim. (2018). Antistaling effects of hydrocolloids and modified starch on bread during cold storage. *LWT - Food Science and Technology, 96*, 13-18.

Kupkanchanakul, W., Yamaguchi, T. & O. Naivikul. (2019). Gluten-free rice breading using composited rice flour and pre-germinated brown rice flour for health benefits. *J Nutr Sci Vitaminol, 65*, S206-S211.

Li, J., Zhu, Y., Yadav, M.P. & J. Li. (2019). Effect of various hydrocolloids on the physical and fermentation properties of dough. *Food Chemistry, 217*, 165-173.

Lagrain, B., Brijs, K & J.A., Delcour. (2008). Reaction Kinetics of Gliadin-Glutenin Cross-Linking in Model Systems and in Bread Making. J. Agric Food Chem., 56, 10660-10666.

Lancelot, E., Fontaine, J., Grua-Priol, J & A. Le-Bail. (2021). Effect of long-term storage conditions on wheat flour and bread baking properties. *Food Chemistry*, 346, 1-8.

Olaimat, A. N., Osaili, T.M., Al-Holy, M.A., Al-Nabulsi, A.A., Obaid, R.S., Alaboudi A.R. Ayyash, M. & R. Holley. (2020). Microbial safety of oily, low water activity food products: A review. *Food Microbiology, 92*, 1-15.

Ooms, N & J.A. Delcour. (2019). How to impact gluten protein network formation during wheat flour dough making. *Current Opinion in Food Science*, 25, 88-97.

Parimala, K.R. & Sudha, M.L. (2012). Effect of hydrocolloids on the rheological, microscopic, mass transfer characteristics during frying and quality characteristics of Puri. *Food Hydrocolloids, 27*, 191-200.

Phillips, G. O. and Williams, P. A. (2000). *Handbook of hydrocolloids.* Florida: CRC Press.

Tang, Y., Yang, Y., Wang, Q., Tang, Y., Li, F., Zhao, J. Zhang, Y. & Ming, J. (2019). Combined effect of carboxymethylcellulose and salt on structural properties of wheat gluten proteins. *Food Hydrocolloids, 97*, 1-8.

Wang, M., Bai, X, Jiang, Y., Lang, S. & L., Yu. (2019). Preparation and characterization of low oil absorption starch via freeze-thawing. *Carbohydrate Polymer*, 211, 266-271.

Yamula, D.K & Navarro A.S. (2020) Effect of hydrocolloids on structural and functional properties of wheat/potato (50/50) flour dough. *Food Structure journal, 24*, 1-8.

Zhao, L., Wang, K., Zhu, J., Jinying, G. & Z. Hu. (2020). Temperature-induced interaction with carboxymethyl cellulose affected the rheological properties and structure of wheat gluten. *LWT - Food Science and Technology, 133*, 1-8.

Zhou, Y., Zhao, D., Foster, T. J., Liu, Y., Wang, Y., Nirasawa, S., Tatsumi, E. &Cheng, Y. (2014). Konjacglucomannar ges in thiol/disulphide exchange and gluten conformation upon dough mixing. *Food Chemistry, 143*, 163-169.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ก.1 วัดค่าสี

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องมือวัดค่า (ColorFlexEZ) รุ่น hunter lap: 1471, Japan

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง และเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡ ทำการ calibration
   - วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (black glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่างแล้วกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡
   - วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (white glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่างแล้วกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡
   - หน้าจอเครื่องจะปรากฏ L* a* b*
2. วางตัวอย่างให้ตรงช่องวางตัวอย่าง แล้วกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡
3. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ก.2 วัดค่า water activity, (a_w)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่า water activity; (a_w) ตรา agualab รุ่น S 360090
2. ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการ

1. นำตัวอย่างใส่ลงในตลับพลาสติก ร้อยละ 50 - 60
2. นำตลับใส่ใน measuring chamber
3. ปิดฝา

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA.XT Express Texture analyzer, Stable Micro System, UK ตามวิธีการของ Stable Micro System (1995:5) ด้วยการวัดแรงดึง (Tension)

สภาวะในการทดลอง

หัววัดที่ใช้ Spaghetti tonsil grips A/SPR

TA Setting:

Mode: Measure Force in Tension

Option: Return to Start

Pre-test speed: 1.0 mm/s

Test speed: 3.0 mm/s

Post-test speed: 10.0 mm/s

Distance: 100 m

Trigger Type: Auto 10 g

Traer mode: Auto

Data Acquisition rate: 300 pps

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ค. 1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง นำภาชนะออกจากตู้อบใส่ไว้เพื่อรอให้เย็นลงนาน 15-30 นาที หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 จนได้น้ำหนักที่แน่นอน หรือชั่งสองครั้งติดต่อกันผลต่างไม่ต่างเกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 เซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนนอนและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ค. 2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมืออุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน (B-426) และเครื่องจับไอกรด (scrubber)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (B-316)
3. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร และขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
6. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร
7. ลูกแก้ว
8. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
9. สารผสมระหว่าง คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน1:10
10. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc H_2SO_4)

11. โซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 40

12. กรดน้ำกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4

13. กรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

14. อินดิเคเตอร์ เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรด เมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างของให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่หลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์

2. ใส่สารผสม $CuSO_4 5H_2O$ และK_2SO_4 ปริมาน 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

4. วางหลอดย่อยในเตาย่อย แล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องตัดจับไอกรดให้เรียบร้อย

5. เปิดสวิตช์เครื่องตัดจะไอกรดและเตาย่อย ทำการ Preheat โดยปรับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง0 เป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิไปที่ตำแหน่ง 8 ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6. ปล่อยให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและการไตรเตรท

1. จัดอุปกรณ์กลั่น และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย แล้วเปิดสวิตซ์ให้ความร้อน (ทำการ Preheat ก่อนใช้)

2. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 200 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และนำน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

3. นำหลอดย่อยสารของจากขั้นตอนการย่อยในข้อ 6 พร้อมเติมน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องกลั่น

4. เติมโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 40 จนสารละลายทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กลั่น ประมาณ 4 นาที (หรือดูจากสารละลายในหลอดเท่ากับ 150 มิลลิลิตร) ล้างลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

5. ไตรเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (หาความเข้มข้นมาตรฐาน) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(A-B) \times 1.4007 \times F}{W}$$

A คือ ปริมาณรดที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตรเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F คือ แฟรกเตอร์ เท่ากับ 6.25

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ค. 3 การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย โดยวิธี (A.O.A.C., 1999)

วัสดุเครื่องมืออุปกรณ์

1. อุปกรณ์หาปริมาณเยื่อใย (FIWE) ซึ่งประกอบด้วย ถ้วยแก้วสำหรับใส่ตัวอย่าง (crucible) จำนวน 6 ใบ อุปกรณ์ควบแน่น และอุปกรณ์ให้ความร้อน

2. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

3. ตู้อบไฟฟ้า

4. เตาเผา

5. โถดูดความชื้น

6. เครื่องชั่งไฟฟ้า

8. กรดซัลฟูริก

9. น้ำกลั่น

10. โซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาเครื่องแก้วสำหรับหาปริมาณเยื่อใยในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ลงในถ้วยแก้วสำหรับวิเคราะห์เยื่อใยประมาณ 1 กรัม

3. เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จนถึงระดับ 150 มิลลิลิตร (ต้มให้เดือดก่อน)

4. เติม N-Octanal 2-3 หยด

5. หลังจากส่วนผสมเดือดแล้ว ต้มต่อไปอีก 30 นาที (ขณะต้มให้เปิด value ด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง close

6. เปิด value ไปตำแหน่ง Vaccum และกดสวิตต์ Vaccum เพื่อระบายกรดซัลฟูริกออก

7. ล้าง 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร ในการล้างแต่ละครั้งห้เปิด value ไปตำแหน่ง pressure และกดสวิตต์ pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วย ทำให้ส่วนผสมในถ้วยแล้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด

8. หลังจากปล่อยน้ำล้างครั้งสุดท้ายออกจนหมด เติมสารละลาย 1.25 Potassium hydroxside ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงไป 150 มิลลิลิตร พร้อมกับ N-Octanal 2-3 หยด ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด

9. ต้มให้เดือด 30 นาที

10. ทำขั้นตอนที่ 6 และ 7 ซ้ำ

11. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง แล้วล้างออกอีกครั้ง Acetone 25 มิลลิลิตร เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง

12. ทำให้แห้งโดยอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

13. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำอีกครั้งๆ ละ 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (จะได้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า)

14. นำถ้วยแก้วพร้อมกากที่อบแห้งแล้วไปเผา เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (อุณหภูมิ 500 องศาเซียลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง) นำน้ำหนักที่ได้ลบออกจากน้ำหนักในข้อ 13 จะได้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

ค. 4 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
6. ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือ เฮกเซน

วิธีการ

1. อบ extraction vessel สำหรับหาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและน้ำหนักที่แน่นอน

2. ช่างตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักถ้าอาหารเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 2 - 3 กรัม หอให้มิดชิดแล้วใส่ในหลอดทดลอง

3. นำหลอดตัวอย่างใส่เข้าในเครื่องแล้วกดปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง washing

4. เติมสารละลายเฮกเซนลงใน extraction vessel ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 30 มิลลิกรัม วางบน heating plate ดึงคานให้แน่น

5. ประกอบชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิตช์จะให้ความร้อน

6. เปิดเครื่องมือสกัดไขมันพร้อมทั้งเปิดน้ำเข้า ตั้งอุณหภูมิ heating plate ที่ 180 องศาเซลเซียส

7. เปิดก๊อกให้อยู่ตำแหน่งตั้งตรงและหลังปุ่มด้านหน้าเครื่องไปที่ตำแหน่ง immersion และเปิดสวิตช์เริ่มให้ความร้อน เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที

8. เมื่อสิ้นสุดการสกัดผลักปุ่มด้านหน้าเครื่องไปตำแหน่ง washing

9. Reflux washing นาน 15 นาที

10. Reflux washing เปิดก๊อกแล้วให้อยู่ในตำแหน่งขวางและรอการดูดกลับของตัวทำละลายเสร็จสิ้น

11. ปลดคานบังคับ extraction vessel ลง นำหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างออก

12. ปล่อยตัวทำละลายลงในบีกเกอร์ (นำกลับไปใช้ใหม่)

13. นำ reflux washing อบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณ

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละ} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ค. 5 การทดสอบการอมน้ำมัน ตามวิธีของ Kupkanchanakul et al., 2004: S208)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตะแกรงอะลูมิเนียม
2. ทิชชูซับมัน
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
4. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการ

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการทอดมาสะเด็ดน้ำมันบนตะแกรงเป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นจึงชั่งน้ำหนัก (A)
2. ชั่งน้ำหนักกระดาษทิชชูที่จะนำมาห่อเพื่อซับน้ำมัน (B) ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง
3. หลังจาก 1 ชั่วโมง นำกระดาษทิชชูที่ซับน้ำมันมาชั่งน้ำหนัก (C)

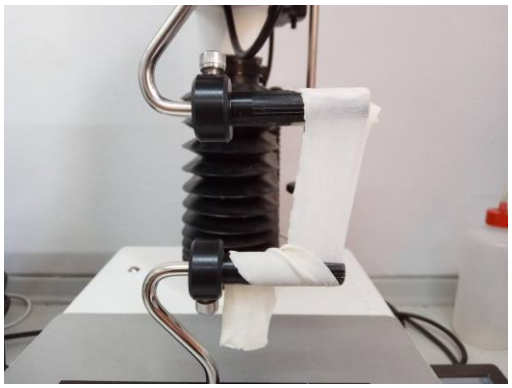
วิธีการคำนวณ

$$\text{การอมน้ำมันคิดเป็นร้อยละ} = \frac{C - B}{A} \times 100$$

ภาคผนวก ง. ภาพการวิเคราะห์

การกลั่นไนโตรเจนในการวิเคราะห์โปรตีน

การกลั่นในการวิเคราะห์ไขมัน



การวัดเนื้อสัมผัส

การเผาไล่ความชื้นในการวิเคราะห์เยื่อใย

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)	กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	KUROSIYAH YAMIRUDENG
ตำแหน่ง	ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
หน่วยงานที่สังกัด	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ที่อยู่	133 ถนนเทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000
โทรศัพท์	0813129519
อีเมล	kurosiyah.y@yru.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	สถาบันการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	พ.ศ.
ปริญญาเอก	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ปร.ด.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	2559
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วท.ม.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	2547
ปริญญาตรี	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	วท.บ. เกียรตินิยมอันดับ 2	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	2542

ความเชี่ยวชาญ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล และการแปรรูปข้าว

ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ผลงานวิจัย

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, จริยา สุขจันทรา และนุชเนตร ตาเย๊ะ. (2560). การปรับปรุงคุณภาพของโรตีกรอบโดยใช้แป้งข้าวและรำข้าว. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และภารดี พละไชย. (2560). การพัฒนากระบวนการผลิตตามหลักฮาลาล: ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวบางส่วนต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส คุณภาพทางเคมี และโครงสร้างของบะหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป.ยะลา: คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

นุชเนตร ตาเย๊ะ, กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และรอมลี เจ๊ะดอเลาะ. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เฉาก๊วยในน้ำนมแพะ ฮาลาลพร้อมบริโภค. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

จริยา สุขจันทรา กูรอซียะห์ ยามิรูเด็งและนุชเนตร ตาเย๊ะ. (2561).ศักยภาพภูมิปัญญาท้องถิ่นอาหารสามวัฒนธรรมจังหวัดชายแดนใต้. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.(กำลังดำเนินการ)

จริยา สุขจันทรา กูรอซียะห์ ยามิรูเด็งและสุไบด๊ะ หะยีวาเงาะ. (2561).ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของหัวข้าวเกรียบแช่เยือกแข็ง. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งขนมโบว์. ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และจริยา สุขจันทรา. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสวรรค์แผ่นกรอบยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง. (2563). ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของแผ่นแป้งขนมโบว์ในระหว่างการเก็บรักษา ยะลา : คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ผลงานตีพิมพ์

Kurosiyah Yamirudeng and Onanong Naivikul. (2016). Effect of pre-germinations on the microstructure, texture properties and sensory evaluation of pre-germinated brown rice. VRL Research and Development Journal .11 (2): 47-57

Sitachitta, N., K. Yamirudeng and O. Naivikul. (2006). Processing of frozen parboiled rice product. In Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40: 1-6.

จริยา สุขจันทรา, กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และวิไลวัลย์ อินทรไชยมาศ. 2549 สถานการณ์การผลิตบูดูในจังหวัดปัตตานี. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สุธีรา ศรีสุข, กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, นุชเนตร ตาเย๊ะ, และ พรสวรรค์ เพชรรัตน์. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมแพะรสแยมกล้วยหินผสมส้มโชกุน. ในรายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) ประจำปี 2559. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และภารดี พละไชย. (2562). บะหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูปฮาลาล : การวิเคราะห์ความเสี่ยงกระบวนการผลิตและการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าบางส่วน. ในรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 “สร้างสรรค์งานวิจัย สู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน” ประจำปี 2562. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง. (2562). การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 4(2): 104-112.

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และจริยา สุขจันทรา. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสวรรค์แผ่นกรอบจากปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 4(2): 113-121.

ผลงานบริการวิชาการ

2561 โครงการยกระดับ OTOP ใน 10 จังหวัดที่ยากจนที่สุดในประเทศพื้นที่จังหวัดนราธิวาส กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2562 โครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เวาะดิง สำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

2563 โครงการ การพัฒนาสูตรเค้กคัสตาร์ดช็อกโกแลตและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อยู่ในระหว่างดำเนินงาน)

ประสบการณ์พิเศษ

2559-2561 วิทยากร เรื่อง กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าว วิทยาลัยชุมชนปัตตานี และวิทยาลัยชุมชนสงขลา

2561 วิทยากร เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว สำนักงานจัดหางาน จังหวัดยะลา

2562 วิทยากร เรื่อง การทำธุรกิจจากการแปรรูป (ข้าวเกรียบปลาสมุนไพร) ในโครงการการพัฒนาและการสร้าง ผู้ประกอบการโดยใช้ความรู้ในสถาบันอุดมศึกษาเป็นพื้นฐาน อายุการเก็บรักษา

ของหัวข้าวเกรียบแช่เยือกแข็งทุนอุดหนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

2562 วิทยากร เรื่อง การทำธุรกิจการผลิต (ข้าวยำจากข้าวกล้องพื้นถิ่นเพื่อผู้สูงวัย) ในโครงการการพัฒนาและการสร้างผู้ประกอบการโดยใช้ความรู้ในสถาบันอุดมศึกษาเป็นพื้นฐาน อายุการเก็บรักษาของหัวข้าวเกรียบแช่เยือกแข็งทุนอุดหนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561