



รายงานวิจัย

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อคุณภาพของบะหมี่

Partial Substitute of Wheat Flour with Purple Sweet

Potato Flour in Noodles

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศรา อุไทย

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณรายได้ ปีพ.ศ. ๒๕๖๔

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ชื่อโครงการ	การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อคุณภาพของบะหมี่
แหล่งเงินทุน	งบประมาณเงินรายได้ ปีพ.ศ. 2564
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ตุลาคม 2563 ถึง 30 กันยายน 2564
หัวหน้าโครงการวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศรา อุไทย
หน่วยงานต้นสังกัด	คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

แหล่งธรรมชาติของประโยชน์ด้านสุขภาพจากสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้จากพืชหลากหลาย เช่น มันเทศสีม่วง (*Ipomoea batatas* L.) การวิจัยการใช้ประโยชน์จากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบคุณลักษณะด้านสี คุณภาพหลังการปรุง เนื้อสัมผัส ค่ากรดต่าง (pH) วอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแอนโทไซยานินรวม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีบางส่วน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้น ลักษณะปรากฏจะมีสีเขียวเข้มขึ้น คุณภาพหลังการปรุง ได้แก่ เวลาต้มที่บะหมี่สุกและน้ำหนักที่ได้หลังต้มลดลง ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มเพิ่มขึ้น ค่าความเหนียวยืดหยุ่น (elastic) และความนุ่ม (softness) ของบะหมี่ลดลง ค่ากรดต่าง (pH) และวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) อยู่ในช่วง 9.32-9.48 และ 0.94-0.95 ตามลำดับ จากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ พบปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ไขมัน และเถ้า มีปริมาณ 36.17, 6.69, 49.01, 1.18 และ 2.20 กรัม/100กรัม ตามลำดับ และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดคือ 9.84 cyanidin-3-glucoside equivalents (กรัม/100กรัม) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 151.28 มิลลิกรัมแกลลิก/100กรัม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการตรวจสอบ 3 วิธี ได้แก่ ferric reducing antioxidant power (FRAP), 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl assay (DPPH) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) มีปริมาณ 254.32, 158.70 และ 156.98 มิลลิกรัมTrolox/100กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระดับการเพิ่มขึ้นของแป้งมันเทศสีม่วง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียวยืดหยุ่น ความนุ่มของเส้น ความเรียบเนียนของผิวเส้น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่า บะหมี่สุดที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ มีคุณลักษณะใกล้เคียงบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ยีสต์ และรา อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ตรวจไม่พบเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* spp. เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ที่ประกาศโดย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3/2560 ตลอดจนการเก็บรักษา โดยรวมบะหมี่สามารถคงคุณภาพที่ยอมรับได้
เป็นเวลาอย่างน้อย 9 วันในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: แอนโธไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ แป้งมันเทศสีม่วง บะหมี่ การยอมรับทางประสาทสัมผัส



Research Title	PARTIAL SUBSTITUTE OF WHEAT FLOUR WITH PURPLE SWEET POTATO FLOUR IN NOODLES
Development Fund in Year	2021
Study Duration	October 1 st , 2020 –September 30 th , 2021
Researcher	Asst. Prof. Dr. Narissara Uthai
Institute	Faculty of Home Economics Technology

Abstract

The natural sources provide excellent health benefits from antioxidants which could be found from plenty vegetation such as purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) The utilization of this basis plant by using purple sweet potato flour (PSPF) as a partial substitution for refined wheat flour in noodle products at 0, 5, 10, 15 or 20% of refined wheat flour. The color characteristics, cooking quality, texture, pH, water activity, chemical compositions, total anthocyanin content, total phenolic content, antioxidant activity, sensory evaluation, and microorganism level during storage of the noodles made from these combinations were subsequently examined. The results indicated that as the amount of purple sweet potato flour increased, the appearance became greenish and darker. Cooking quality; cooking time and cooking yield decreased while cooking loss was increased. The elasticity and softness of the noodles were decreased. pH and water activity in the range of 9.32-9.48 and 0.94-0.95 respectively. When the noodles made from 20% purple sweet potato flour plus 80% refined wheat flour were tested their moisture content, protein, total carbohydrate, fat and ash were 36.17, 6.69, 49.01, 1.18 and 2.20 g/100g, respectively and its total anthocyanin content was 9.84 cyanidin-3-glucoside (Cyd-3-Glu) equivalents (g/100g), total phenolic content was 151.28 mg GAE/100g and antioxidant activities using 3 assays including ferric reducing antioxidant power (FRAP), 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl assay (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) were 254.32, 158.70 and 156.98 (mg TE/100g), respectively which also progressively increased with increasing levels of purple sweet potato flour. The sensory evaluation in terms of appearance, color, odor, elasticity, softness, smoothness, taste and overall acceptability showed that the cooked noodles containing 20% purple sweet potato flour had similar characteristics to cooked noodles made from 100% refined wheat flour. Levels of microorganism including total plate count, yeasts and molds stood low, while *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*

and *Samonella* spp. were non-detected. All of them microorganism remained within criterion of microbiological quality standardization of foods and tableware announced by Department of Medical Science (No.3/2017) throughout the storage. Overall, the noodles preserved acceptable quality for at least 9 days in refrigerator at $4\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Keywords: Anthocyanin, Antioxidant activity, Purple sweet potato flour, Noodle, Sensory acceptability



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อคุณภาพของบะหมี่ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564

ขอขอบคุณ คุณธิติตา สนธิรอด อาจารย์ลัคนา เจตยะคามิน ดร. สีนันท สุขทนารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงฤทัย อารังโชติ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้คำปรึกษาที่ดี จนงานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

นริศรา อุทัย



สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2	4
ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับการผลิตบะหมี่ในประเทศไทย	4
2.2 แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับมันเทศ	9
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แป้งชนิดอื่นแทนแป้งสาลี	11
บทที่ 3	14
วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ	14
3.1 วัตถุดิบ	14
3.2 สารเคมี	14
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	15
3.4 แผนการดำเนินงาน/วิธีการทดลอง	16
บทที่ 4	22
ผลการทดลอง และวิจารณ์	22
4.1 ผลการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในบะหมี่สด	22
บทที่ 5	33
สรุปผลการวิจัย/ข้อเสนอแนะ	33

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก	40
การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ	40
ภาคผนวก ข	46
การวิเคราะห์คุณภาพ	46
ประวัติผู้วิจัย	49



สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 3.1 สูตรบะหมี่ที่ใช้มันม่วงทดแทนแป้งสาลีบางส่วน	16
ตารางที่ 4.1 ค่าสี L^* , a^* และ b^* และการวัดเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ก่อนลวกและเส้นบะหมี่สุกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	23
ตารางที่ 4.2 ค่าจากการวัดเนื้อสัมผัส (Elastic Limit/Tensile Strength) ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกและเส้นบะหมี่สุก ค่ากรดต่าง (pH) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (A_w) ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	24
ตารางที่ 4.3 เวลาต้มที่บะหมี่สุก (Cooking time) น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) ของบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนทดแทนแป้งสาลีในระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	26
ตารางที่ 4.4 คะแนนการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ที่มีการแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบวิธี 9-point hedonic scale	28
ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	32
ตารางที่ 4.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> และ <i>Samonella</i> spp. ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน	32

สารบัญภาพ

เนื้อหา	หน้า
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตบะหมี่	5
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการผลิตเส้นบะหมี่	17
ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏด้านสีของโด (D 1-5) บะหมี่ก่อนลวก (R 1-5) และบะหมี่สุก (C 1-5) ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	23
ภาพที่ 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ (A) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (B) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ (C)ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของบะหมี่สุกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์	30



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มันเทศ (*Ipomoea batatas* L.) เป็น 1 ใน 6 พืชไร่ที่มีความสำคัญของประเทศในเขตร้อนชื้น รองจากข้าว ข้าวสาลี มันฝรั่ง ข้าวโพด และมันสำปะหลัง [1] ประเทศที่ผลิตมันเทศสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชีย ได้แก่ จีน อินโดนีเซีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และญี่ปุ่น[2] มันเทศเป็นพืชหัวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในมันเทศ 100 กรัม ให้พลังงาน 89 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 20 กรัม โปรตีน 1.57 กรัม ไขมัน 0.05 กรัม โยอาหาร 3 กรัม เบต้า-แคโรทีน 85.9 มิลลิกรัม วิตามินดี 0.001 มิลลิกรัม วิตามินเอ 709 ไมโครกรัม วิตามินบี1 บี2 บี3 บี5 บี6 0.078, 0.061, 0.557, 0.800, 0.209 มิลลิกรัม ตามลำดับ วิตามินซี 2.4 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.26 มิลลิกรัม ส่วนแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ แคลเซียม 30 มิลลิกรัม เหล็ก 0.61 มิลลิกรัมแมกนีเซียม 25 มิลลิกรัม แมงกานีส 0.258 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 47 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 337 มิลลิกรัมโซเดียม 55 มิลลิกรัมและ สังกะสี 0.3 มิลลิกรัม เป็นต้น [3] สายพันธุ์มันเทศ ที่ปลูกในปัจจุบันมีอยู่หลักๆ 4 สี คือมันเทศเนื้อสีส้ม สีเหลือง สีขาว และ สีม่วง [4] ซึ่งมันเทศสีม่วงมีสารสำคัญ คือ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือ แอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดงม่วง และน้ำเงิน สารสกัดแอนโทไซยานิน มีสมบัติเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogen) อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ [5,6]

เมื่อกล่าวถึงอาหารจำพวกเส้น พบว่าในประเทศไทยมีอาหารชนิดเส้นหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละแบบอาจจะทำมาจากวัตถุดิบเดียวกัน หรือต่างกันได้ เช่น บะหมี่ไข่ บะหมี่อบแห้ง บะหมี่จากแป้งข้าว (เส้นก๋วยเตี๋ยวต่างๆ เช่น เส้นเล็ก เส้นใหญ่) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น การผลิตเส้นบะหมี่โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ แป้ง ไข่ เกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือด่าง และน้ำ วิธีการคือ นำส่วนผสมทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน นวดจนเข้ากันดี นำมารีดเป็นแผ่น แล้วจึงค่อยตัดเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ [7] บะหมี่หรือเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารที่นิยมมาก ไม่เพียงแค่ว่าในประเทศไทย หรือ ทวีปเอเชียเท่านั้น แต่บะหมี่ยังได้รับความนิยมไปทั่วโลกอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าบะหมี่จะเป็นที่นิยมไปทั่วโลก แต่ในกระบวนการผลิตหรือส่วนผสมของบะหมี่ยังขาดสารอาหารที่มีประโยชน์หรือสารอาหารที่สำคัญๆไป (Choo และ Aziz, 2010) [8] จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นๆมาทดแทนหรือเสริมเข้าไปในกระบวนการผลิตบะหมี่ เช่น การใช้แป้งจากกล้วย [8] ข้าวโอ๊ต [9] หรือผงชาเขียว [10] เป็นต้น

การนำแป้งจากมันเทศสีม่วงมาใช้ประโยชน์นั้น เท่ากับเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรที่ผลิตได้ในประเทศ ช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้แป้งจากมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในการทำบะหมี่นั้น อาจจะเป็นการได้เพิ่มสารอาหารหรือพัฒนาคุณภาพของบะหมี่โดยทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาการผลิตบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศ ในด้านคุณภาพหลังการต้ม องค์ประกอบทางเคมี การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาลิพิดลิพิด เพื่อเป็นอีกทางเลือกให้ผู้บริโภคในการเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันเทศและแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่

1.2.2 ศึกษาคุณภาพหลังการต้ม องค์ประกอบทาง กายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งมันเทศสีม่วง

1.2.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาลิพิดลิพิดบะหมี่จากแป้งมันเทศสีม่วง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในบะหมี่ โดยอัตราส่วนการทดแทนดังนี้คือ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้งรวมทั้งหมดตามลำดับ และนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียวยืดหยุ่น ความเรียบเนียนของผิวเส้น และความชอบโดยรวมที่ผ่านการยอมรับ โดยมีชุดควบคุมซึ่งไม่มีการทดแทน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.3.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ นำบะหมี่จากข้อ 1.3.1 มาวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม ได้แก่ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking Time), น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield), ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี calorimeter (Minolta แสดงค่าสีโดย L^* , a^* และ b^* และการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของบะหมี่ (สูตรพื้นฐาน) และบะหมี่จากแป้งมันเทศก่อนและหลังลวกที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA-XT plus, England) ด้วยการวัดแรงดึงของเส้นบะหมี่ การทดลอง 3 ซ้ำ

1.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในบะหมี่สูตรพื้นฐานและบะหมี่แป้งมันเทศโดยวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแอนไซยานิน และการตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

1.3.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของบะหมี่จากแป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลี (ตัวอย่างที่นำมาทดลองคือบะหมี่ที่สามารถใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณมากที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค) การเก็บตัวอย่าง

บะหมี่ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน การทดลอง 3 ซ้ำ

1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics) ในข้อ 1.3.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) และข้อ 1.3.2-1.3.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple - Range Test) วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



บทที่ 2

ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับการผลิตบะหมี่ในประเทศไทย

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบะหมี่

ความหมายของบะหมี่จากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 หมายถึง ชื่ออาหารชนิดหนึ่ง ทำด้วยแป้งสาลี เป็นเส้นเล็ก ๆ มีสีเหลือง ลวกสุกแล้วปรุงด้วยเครื่องมีหมูเป็นต้น โดยอาจผ่านกระบวนการในการทำให้แห้งและสุกที่อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เพื่อให้เก็บได้นานและสามารถรักษาคุณภาพ กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ [7]

บะหมี่เป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งของประชากรที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่ชาวจีนค้นคิดขึ้นมาก่อน ประกอบด้วยแป้งสาลี และน้ำเป็นส่วนประกอบหลักและอาจมีไข่เกลือ สารละลายต่างหรือสีย้อมอาหาร สำหรับประเทศไทยมีกรรมวิธีการผลิตที่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การผสม การรีดให้เป็นแผ่นบาง การตัดให้เป็นเส้นและการทำให้แห้งหรือสุก ซึ่งหากแบ่งชนิดของบะหมี่ตามสูตรในการผลิตจะมี 2 ประเภท คือ [7]

1. บะหมี่แบบจีน ทำจากแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ที่มีโปรตีนประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับต่างโซเดียมคาร์บอเนต 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ และเกลือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บะหมี่ที่ได้จะมีสีเหลือง

2. บะหมี่แบบญี่ปุ่น ทำจากแป้งสาลีโปรตีนต่ำ หรือ แป้งผสมระหว่าง soft wheat และ hard wheat เพื่อให้มีโปรตีนประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำ 28-33 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นต่าง ทำให้บะหมี่มีสีขาว เนื้ออ่อนนุ่ม

อรอนงค์ นัยวิกุล, (2540) [7] มีข้อมูลที่แสดงว่า บะหมี่สามารถแบ่งตามวิธีการผลิตได้เป็น 5 ชนิด ดังต่อไปนี้

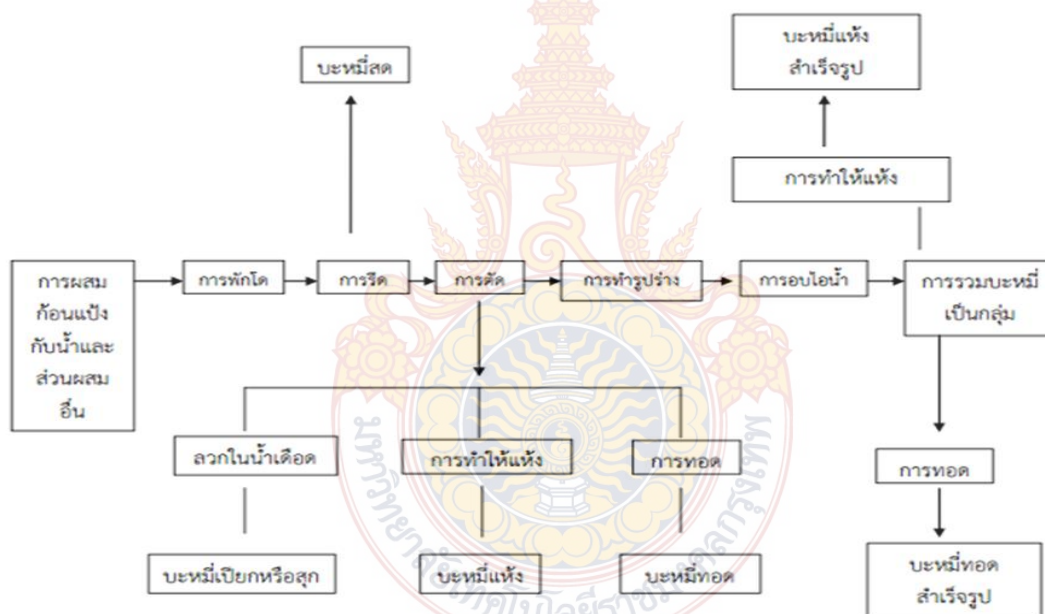
1. บะหมี่สดที่ผ่านขั้นตอนผสม รีดเป็นแผ่นบางและทำเส้นแล้วแต่ไม่ได้ผ่านการทำให้สุกและการตากแห้ง ต้องบริโภคภายใน 1-2 วัน มีส่วนประกอบ คือ แป้งสาลี น้ำสารละลายต่าง ไข่ เกลือ สีย้อมอาหาร มีความเข้มข้นของโดยประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ พักไว้ 20 นาที แล้วรีดเป็นแผ่นบางประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นตามต้องการ

2. บะหมี่สุก ที่ผ่านการลวกให้สุกโดยเฉพาะผิวนอกเพื่อทำลายจุลินทรีย์ เหลือตรงกลางเป็นไส้ดิบเมื่อต้องการบริโภคต้องนำมอลวกหรือต้มอีกครั้งเพื่อให้สุกทั้งเส้น

3. บะหมี่สดแห้งที่ผ่านขั้นตอนทำให้แห้ง โดยการนำบะหมี่สดมาตากแดดอย่างช้าๆ หรือเข้าตู้อบควบคุมอุณหภูมิ พยายามรักษาเส้นไว้ให้ตรง บะหมี่ชนิดนี้แตกหักง่าย และเปราะต้องเก็บใส่ภาชนะที่แข็งแรง สามารถเก็บได้นานกว่า มีความชื้นประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อต้องการบริโภคต้องนำมาแช่น้ำและต้มน้ำให้คืนตัว

4. บะหมี่แห้งสำเร็จรูป ทำจากบะหมี่สด โดยนำมานึ่งให้สุก หรืออบไอน้ำให้สุกก่อนนำไปตาก หรืออบแห้งมีความชื้นประมาณ 10-13 เปอร์เซ็นต์ บะหมี่ชนิดนี้มีความเหนียวกว่าบะหมี่สดแห้ง เนื่องจากโปรตีนได้เปลี่ยนรูปไป และอยู่ในรูปที่เหนียวกว่าเดิม เก็บได้นาน เมื่อต้องการบริโภคต้องใช้เวลาในการต้มให้คืนตัว

5. บะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูป ที่ทำจากบะหมี่สดแล้วนำมาอบไอน้ำแล้วจับเป็นก้อน ทำให้แห้งโดยการทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิเหมาะสม 150 - 160 องศาเซลเซียส ทอดประมาณ 1-2 นาที ลักษณะที่ดีของบะหมี่ชนิดนี้คือ คั้นตัวได้เร็วเมื่อผสมน้ำร้อน ทั้งนี้เพราะเส้นบะหมี่มีรูพรุนอยู่ทั่วไป มีความชื้นอยู่เพียง 3-5% บะหมี่ชนิดนี้สะดวกและรวดเร็วในการเตรียมเพื่อบริโภค ซึ่งนิยมกันแพร่หลาย แต่เก็บไว้ได้ไม่นานเนื่องจากมีน้ำมันติดอยู่เมื่อสัมผัสกับอากาศจึงเกิดการเหม็นหืน



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตบะหมี่

ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, (2540) [7]

พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2561) [11] มีข้อมูลที่แสดงถึงการแบ่งชนิดของบะหมี่ ตามวัตถุดิบที่ใช้ผลิต จะมีดังต่อไปนี้

1. Japanese noodles (Udon) เส้นมีสีขาวหรือขาวครีมและนุ่ม ทำจากแป้งสาลีชนิด Soft wheat flour มีปริมาณโปรตีนปานกลางโดยมีส่วนผสมของแป้งสาลี (100 ส่วน) น้ำ (28-45 ส่วน) และ เกลือ (2-3 ส่วน)

2. Chinese-type noodles (Ra-men, Chuka-men or Chuka-soba) เส้นมีสีเหลืองอ่อน แข็งเล็กน้อย ทำจากแป้งสาลีชนิด Hard wheat flour โดยมีส่วนผสมของแป้งสาลี (100 ส่วน) น้ำ (32-35 ส่วน) และ kansui (สารละลายของ $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{K}_2\text{CO}_3 = 9:1$ ประมาณ 1 ส่วน)

3. Buckwheat noodles (Soba) เส้นมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวทำจากส่วนผสมของ Buck wheat flour แป้งสาลีและน้ำ โดยอัตราส่วนของ buck wheat flour และแป้งสาลีจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

2.1.2 ส่วนผสมพื้นฐานในการทำบะหมี่

2.1.2.1 แป้งสาลี แป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตบะหมี่ ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 90-95 ในสูตรทำบะหมี่ ดังนั้นลักษณะของบะหมี่ทั้งทางกายภาพและทางเคมีจึงมีผลมาจากแป้งเป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบสำคัญในแป้งซึ่งมีผลต่อลักษณะเส้นของบะหมี่ ได้แก่ สตาร์ช โปรตีน เอนไซม์และสี เนื่องจากสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักที่มีในแป้งมากที่สุดประมาณร้อยละ 67 ดังนั้นสตาร์ชจึงเป็นโครงสร้างของเส้นบะหมี่ โดยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโปรตีนในรูปกลูเตน ซึ่งให้ความยืดหยุ่น เมื่อนำแป้งมาผสมกับน้ำจนกลายเป็นโดเรียบเนียน สามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ สตาร์ชมีผลต่อเส้นบะหมี่ เมื่อสุกโดยสตาร์ชที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้เส้นบะหมี่ยึดตัวดี ลักษณะเส้นเหนียว ดังนั้นแป้งสาลีที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการทำ เช่น บะหมี่จีนต้องการความเหนียว ควรใช้แป้งที่มีโปรตีนสูง เช่น แป้งขนมปัง ส่วนบะหมี่ญี่ปุ่นต้องการความนุ่มเนียนควรใช้แป้งที่มีโปรตีนร้อยละ 9-10 [7] แป้งสาลีนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะที่ไม่เหมือนกับแป้งชนิดอื่น คือ แป้งสาลีจะประกอบด้วยโปรตีนซึ่งเมื่อผสมกับน้ำหรือของเหลวชนิดอื่นแล้วจะได้กลูเตน (gluten) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะเหนียวเป็นยางและยืดหยุ่นได้ กลูเตนประกอบด้วยgluteninและgliadin ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน gluteninจะทำให้โดมีกำลังที่อึดก้ำกึ่งที่ขึ้นฟูได้ ซึ่งจะเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ส่วนgliadinนั้นทำให้กลูเตนมีคุณสมบัติในการยืดตัวและยืดหยุ่นได้ นั่นคือgluteninนั้นให้ความแข็งแรงตัวกับกลูเตน และ gliadin ซึ่งเป็นสารที่อ่อนและเหนียวจะเป็นตัวเชื่อม แป้งสาลีที่มีลักษณะที่เหมาะสมในการทำบะหมี่จีน

2.1.2.2 ไข่และสารอื่นๆ ไข่เป็นส่วนผสมที่ไม่จำเป็น แต่อาจใส่ลงในสูตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ให้เป็นที่พอใจของผู้บริโภคมากขึ้น เช่น การใส่ไข่ มีผลให้ผู้บริโภคเห็นคุณค่าทางอาหารของบะหมี่มากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนที่ครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย และมีส่วนทำให้บะหมี่มีสีเหลืองสวยขึ้นจากสีของไข่แดงจึงทำให้บะหมี่ไข่มีราคาสูงกว่าบะหมี่ทั่วไป หรืออาจเติมแป้งถั่วเหลือง ไขมัน เติมน้ำมันไม่เกิน5%ของน้ำหนักแป้ง เพื่อเพิ่มคุณค่าอาหารโปรตีนในบะหมี่อีกชนิดหนึ่ง สำหรับสารอื่นที่นิยมใส่ คือ สารเจือปนในอาหาร ได้แก่ สีสันอาหารช่วยให้บะหมี่ มีสีเหลืองสม่ำเสมอ เกลือพอลิฟอสเฟตช่วยให้โดแข็งแรงและยืดหยุ่น โซเดียมซิลิเกตมีผลทำให้โดเรียบเนียน เลซิธินช่วยให้บะหมี่ทอดสำเร็จรูปมีลักษณะดีไม่อมน้ำมัน ทำให้เก็บรักษาได้นาน ไม่เสื่อมเสียง่าย เมื่อนำมาต้มก็จะไม่เปื่อยยุ่ยได้ง่าย สารประเภทกัม เช่น สาหร่ายทะเล จะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของบะหมี่ให้ดีขึ้น

ในบางประเทศอาจมีการเติมสารช่วยในการเก็บรักษา(preservatives) โดยเฉพาะประเทศที่นิยมบริโภคบะหมี่สด และบะหมี่เปียกหรือสุก สำหรับปริมาณที่เติมจะขึ้นอยู่กับกฎหมายอาหารของแต่ละประเทศที่จะยอมให้ใส่สารอะไรในปริมาณเท่าไร สารเหล่านี้ได้แก่กรดแอสซิดิก กรดซิตริก ใช้ในการจุ่มบะหมี่ในสารละลายกรดนี้ แล้วจึง

ทำให้แห้ง ส่วนสารอื่นที่ใช้เติม เช่น ไดโซเดียมฟอสเฟต โพแทสเซียมซอร์เบต โซเดียมคลอไรด์ และคาร์บอนेट เป็นต้น[7]

2.1.2.3 น้ำ ส่วนผสมสำคัญในการทำบะหมี่ คือ น้ำ ซึ่งต้องเติมลงไปเพื่อให้แป้งจับตัวกันเป็นก้อนโดที่มีความยืดหยุ่น และรีดเป็นแผ่นบางๆได้ น้ำมีผลต่อลักษณะของบะหมี่โดยตรง กล่าวคือ ถ้าใส่น้ำในส่วนผสมน้อยไป โครงร่างบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโป่ง ทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่าย แต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไป โดจะแฉะ เหนียวติดมือ รีดไม่ได้ ตัดเป็นเส้นก็จะติดกันง่าย ดังนั้นปริมาณน้ำที่เติมลงไปในสูตรควรจะเหมาะสมต่อชนิดของบะหมี่ ซึ่งโดยทั่วไปเติมประมาณร้อยละ 30-40 นอกจากนั้นคุณภาพของน้ำที่ใช้ก็มีความสำคัญต่อลักษณะของโดเช่นกัน เนื่องจากน้ำมีองค์ประกอบของแร่ธาตุ สารอินทรีย์และก๊าซบางชนิดปนอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นน้ำจึงมีส่วนให้สภาพของโดเปลี่ยนแปลงไปถ้ามีแร่ธาตุและสารอื่นปนอยู่มาก โดยเฉพาะแร่ธาตุ แคลเซียม เหล็ก และแมกนีเซียม จะมีผลทำให้การดูดซึมน้ำของแป้งไม่สม่ำเสมอ มีโครงสร้างของโดไม่เรียบเนียน จึงได้เส้นบะหมี่ที่ไม่ดี นอกจากนี้เกลือของเหล็กและทองแดง อาจทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาล และมีกลิ่นหืน เมื่อเก็บรักษาบะหมี่ไว้นาน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค น้ำที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ที่ดีจึงควรเป็นน้ำอ่อนมีแร่ธาตุและสารอื่นเจือปนในปริมาณต่ำ แต่ถ้าน้ำอ่อนไปไม่มีอะไรเจือปนเลยก็จะมีผลไม่ดี เพราะจะทำให้โดแฉะ มีความยืดหยุ่นตัวน้อยกว่าน้ำอ่อนที่เหมาะสม [7]

2.1.2.4 เกลือ ปริมาณเกลือที่ใส่ลงในสูตรการทำบะหมี่ ก็เพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ร้อยละ 0-2 เกลือมีผลโดยตรงต่อลักษณะกลูเตนในโด โดยเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านการยืดตัวของโด ช่วยไม่ให้โดแฉะ เมื่อเป็นเส้นบะหมี่จะไม่ติดกัน นอกจากนี้เกลียวยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ประเภทย่อยโปรตีนช่วยให้โดคงความเหนียวและ ความยืดหยุ่นอยู่ได้นานและยังช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา จึงทำให้สามารถเก็บรักษาบะหมี่ได้นาน [7]

2.1.2.5 สารละลายต่าง ในการทำบะหมี่แบบจีน นิยมสารละลายเบสซึ่งเป็นสารที่มีส่วนผสมของเบสหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต ผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต หรืออาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยตรง ในปริมาณที่เหมาะสมร้อยละ 0.3 สารละลายเบสนี้ทำให้ลักษณะโดเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยมีผลต่อลักษณะกายภาพมีผลต่อลักษณะการอุ้มน้ำของโด การดูดซึมน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มขึ้นช่วยให้โดมีความแข็งแรงต่อการผสมได้มากกว่าเดิม โดมีความยืดตัวได้มากขึ้น ส่วนผลทางเคมีนั้นที่สำคัญ คือทำให้ความเป็นเบสของโดเพิ่มขึ้น (pH 9-10) ทำให้สีของบะหมี่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากปฏิกิริยาของเบสกับสารฟลาโวนในแป้ง นอกจากนี้ยังมีผลต่อลักษณะการต้มหรือลวกบะหมี่ ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีทนต่อการต้ม [7]

2.1.3 ขั้นตอนการผลิต

2.1.3.1 การผสมแป้ง

การผสมแป้งเป็นขั้นตอนแรกของการทำบะหมี่ การผสมควรละลายเกลือและ สารเคมีในน้ำก่อนใส่ลงไป ตีให้เข้ากัน นำไปผสมกับแป้งสาลี นวดให้เข้ากันเป็นก้อนแป้ง มีเนื้อเนียน แล้วพักไว้ 10-20 นาที เพื่อให้โปรตีนคลายตัว โปรตีนจะจับกันเป็นก้อนได้ดีขึ้น ทำให้ความเหนียวของก้อนแป้งดีขึ้น ริมไม่ขาดเมื่อรีดเป็นแผ่น นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดแป้งมีเวลาดูดน้ำมากขึ้น ทำให้แป้งไม่เหนียวเหนอะหนะ และไม่ติดมือ การผสมแป้งนั้นถ้าใช้เครื่องผสม ควรใช้ความเร็วต่ำและไม่ควรใช้เวลานานเกินไป การใช้ความเร็วต่ำจะทำให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น และไม่เกิดความร้อนมากนัก การผสมนานจะเกิดความร้อนมาก อาจทำให้โปรตีนเสื่อมคุณภาพและลดความเหนียวลง สำหรับโรงงานที่ทำการผลิตบะหมี่ควรรักษาอุณหภูมิของห้องไว้ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 10-25 องศาเซลเซียส และใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที

2.1.3.2 การพักโด ขั้นตอนช่วยให้โปรตีน สดาร์ช มีการดูดน้ำเร็วขึ้น มีการกระจายตัวของความชื้นไปทั่วทั้งก้อนโด ทำให้เกิดโครงร่างของกลูเตนที่ดี การพักโดจะใช้เวลา 10-15 นาที

2.1.3.3 การรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้น การรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตและชนิดของบะหมี่ เช่น การใช้ไม้คลึง การดึงเป็นเส้น การใช้เครื่องรีดขนาดเล็ก และการใช้เครื่องรีดขนาดใหญ่ เป็นต้น การใช้ไม้คลึงจะเริ่มด้วยการวางก้อนแป้งลงบนกระดาน โรยด้วยแป้งนวลบางๆ รีดด้วยไม้คลึงให้เป็นแผ่นบางๆ และสม่ำเสมอ โรยด้วยแป้งนวลทั้งสองข้างใช้ไม้ม้วนแผ่นแป้งจากริมด้านหนึ่งไปสิ้นสุดอีกด้านหนึ่ง รีดม้วนแป้งให้บางลงอย่างสม่ำเสมอ คลี่แป้งออกคลึงรอยพับให้หมดไป ให้ทำซ้ำอีก 2-3 ครั้ง จนกระทั่งแผ่นแป้งมีความหนาประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร ใช้ไม้ม้วนแผ่นแป้ง ดึงไม้ออกแล้วหันตามขวางให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร คลี่เส้นออกจะได้เส้นบะหมี่ตามต้องการ วิธีการดึงเป็นเส้นมักจะใช้กับบะหมี่ที่มีต่างเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย เพื่อป้องกันการติดกันของเส้น ก้อนแป้งต้องมีน้ำมากกว่าแบบอื่น การดำเนินการเริ่มต้นด้วยการหมักก้อนแป้งไว้ 8 ชั่วโมง โดยผ้าเปียกคลุมไว้ ระยะนี้แป้ง (starch) ดูดน้ำได้มากขึ้น แป้งจะมีลักษณะนุ่มตึงเป็นเส้นได้ง่าย หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส (ในช่องตู้เย็น) นาน 4 ชั่วโมง ปั้นแป้งเป็นก้อนกลมเจาะรูตรงกลาง ทำให้มีลักษณะเหมือนห่วงยาง ใช้นิ้วสอดเข้าไปในห่วงดึงยืดออก พยายามให้การยืดของห่วงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยปกติแล้วมักจะใช้วิธีดึงและฟาดกับพื้นประกอบกัน ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญพอสมควร ให้ม้วนห่วงประกบกันเป็นสองห่วง ยืดห่วงออกให้ยาวออกเหมือนกับการดึงในขั้นตอนแรก ติดตามด้วยการม้วนให้ห่วงทั้งสองซ้อนกันเป็น 4 ห่วง ทำอย่างนี้เรื่อยไปจำนวนเส้นจะมีมากขึ้นจาก 1 เป็น 2 จาก 2 เป็น 4 เรื่อยไป ขณะเดียวกันเส้นจะมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งได้ขนาดตามที่ต้องการ ในขณะทำการยืดเส้นออกนั้นควรใช้แป้งนวลทุกครั้งเพื่อให้เส้นไม่ติดกันและยืดออกได้ง่าย ส่วนการรีดและตัดเป็นเส้นด้วยเครื่องขนาดเล็กเริ่มด้วยรีดก้อนแป้งที่เป็นแผ่น โดยผ่านระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูกที่หมุนเข้าหากัน ในระยะแรกจะต้องปรับลูกกลิ้งให้ห่างกัน

ประมาณ 4 มิลลิเมตร เมื่อแบ่งเป็นแผ่นดีแล้วให้ลดช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งให้น้อยลง ริดแผ่นแบ่งอีกจนกระทั่งแผ่นแบ่งมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นโดยใช้ลูกกลิ้งอีกชุดหนึ่งที่อยู่ในเครื่องเดียวกัน

2.1.3.4 การทำให้สุก การทำให้สุกมีความสำคัญมากสำหรับบะหมี่สุกแห้งและบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป การทำให้สุกอาจทำได้ด้วยการอบไอน้ำ จากการทดลองที่ทำให้บะหมี่สุกพบว่าถ้าใช้ความดันไอน้ำ 1.5-2.5 กก./ซม². นาน 1 นาที จะทำให้โปรตีนร้อยละ 90 เปลี่ยนไปเป็นแอลฟาโปรตีน ทำให้บะหมี่เหนียวมากขึ้น

2.2 แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับมันเทศ

มันเทศ (sweet potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญอันดับ 7 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าวบาร์เลย์ และมันสำปะหลัง ^[1] มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ มันเทศมีประโยชน์ในด้านการบริโภค ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และอาหารสัตว์ได้ทั้งหัวเถา ใบ และยอดอ่อน ในประเทศไทยมันเทศใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด ทั้งคาวหวาน เช่น แกงเลียง แกงคั่ว มันทอด มันเทศสามารถทำเป็นแป้งมันเทศ ส่วนผสมอาหารเด็ก อาหารว่างชนิดต่างๆ เส้นก๋วยเตี๋ยวมันเทศ แอลกอฮอล์ สุรา มันเทศ และทำเป็นกาว เป็นต้น [12] มันเทศเป็นพืชหัวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งหัวและใบ โดยเฉพาะในมันเทศเนื้อสีเหลืองหรือสีส้ม จะมีสารเบต้าแคโรทีนสูง ช่วยบำรุงสายตา และมันเทศเนื้อสีม่วงมีสารแอนโทไซยานินสูง ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้มันเทศยังสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้หลายชนิด เช่น สุกร วัว ควาย แพะ แกะ กระต่าย เป็ด ไก่ และปลา เป็นต้น [4]

2.2.1 พันธุ์มันเทศ [4]

มันเทศที่มีการปลูกในปัจจุบันมีอยู่หลักๆ 4 สี คือมันเทศเนื้อสีส้ม สีเหลือง สีม่วง และ สีขาว ตัวอย่างการศึกษาวิจัยพันธุ์มันเทศโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรได้ทำการพัฒนาพันธุ์มันเทศ เนื้อสีม่วง พันธุ์ พจ.65-3 เนื้อสีส้ม พันธุ์ T101 เนื้อสีเหลือง พันธุ์ พจ.265-1, เนื้อสีขาว พันธุ์ พจ.166-5 และ PROC NO.65-16

2.2.1.1 พันธุ์เทศเนื้อสีม่วง พจ.65-3 หัวรูปทรงแบบยาวรี หัวมีผิวสีแดง เนื้อสีม่วง ขนาดของหัวเฉลี่ย กว้าง 3.5 เซนติเมตร ยาว 13.6 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 90-110 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,100 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.1.2 พันธุ์มันเทศเนื้อสีส้ม T101 หัวรูปทรงแบบยาวรี หัวมีผิวสีแดง เนื้อสีส้มเข้ม ขนาดของหัวเฉลี่ย กว้าง 6.0 เซนติเมตร ยาว 16.7 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 90-120 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,990 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.1.3 พันธุ์มันเทศเนื้อสีเหลือง พจ.265-1 หัวรูปทรงแบบยาวรี ผิวสีแดง เนื้อสีเหลือง ขนาดของหัวเฉลี่ย กว้าง 5.0 เซนติเมตร ยาว 16.5 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 90-120 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,120 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.1.4 พันธุ์มันเทศเนื้อสีขาว

- พจ.166-5 หัวรูปทรงแบบยาวรี หัวมีผิวสีแดง เนื้อสีขาว ขนาดของหัวเฉลี่ย กว้าง 4.5 เซนติเมตร ยาว 15.5 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 90-120 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,450 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้งร้อยละ 28.7

- PROC NO 65-16 หัวรูปทรงแบบยาวรี (long elliptic) หัวมีผิวสีแดง เนื้อสีขาว ขนาดของหัว เฉลี่ย กว้าง 5.3 เซนติเมตร ยาว 13.5 เซนติเมตรอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90-110 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,603 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักแห้ง (dry matter) ร้อยละ 39.1 มีแป้งร้อยละ 78.31 (โดยน้ำหนักแห้ง)

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศ

มันเทศเป็นพืชที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรต สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลายชนิด ให้พลังงานสูงกว่าแป้งสาลี แป้งข้าว และแป้งมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของวิตามินเอ โดยเฉพาะในมันเทศสด มันเทศประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 80 ถึง 90 ของของแข็ง ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์และโอลิโกแซคคาไรด์ รวมทั้ง ซูโครส กลูโคส ฟรุคโทส มอลโทส และ ราฟิโนส โพลีแซคคาไรด์ประกอบด้วยสตาร์ช ร้อยละ 70 เซลลูโลส ร้อยละ 2 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 3-4 เพคติน ร้อยละ 2.5 และส่วนประกอบอื่นๆ มีเยื่อใยร้อยละ 9 โดยน้ำหนักแห้ง มันเทศประกอบด้วยโปรตีน ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้งหรือร้อยละ 1.5 น้ำหนักสด คิดเป็นโปรตีนหายาร้อยละ 75 และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen (NPN)) ร้อยละ 25 ซึ่งประกอบด้วย กรดอะมิโน ร้อยละ 88 และเอไมด์ โดยกรดอะมิโนส่วนใหญ่ที่พบในมันเทศคือ แอสพาราจีน ร้อยละ 61 กรดแอสพาทิก ร้อยละ 11 กรดกลูตามิก ร้อยละ 4 ซีรีน ร้อยละ 4 ทรีโอนีน ร้อยละ 3 ในส่วนของลิพิดที่พบในมันเทศ ร้อยละ 0.1 ถึง 0.8 ของน้ำหนักสดถือว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก ลิพิดในมันเทศแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ลิพิดที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง ร้อยละ 42.1 ไกลโคลิพิด ร้อยละ 30.8 และ ฟอสโฟลิพิดร้อยละ 27.1 กรดไขมันที่พบส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มมิก และลิโนเลอิก มันเทศเป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิด โดยเฉพาะแคโรทีนอยด์ ซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีวิตามินซีเป็นองค์ประกอบร้อยละ 9.5-25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รวมถึงวิตามินอื่นๆ เช่น ไทอะมิน 0.04-0.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ไรโบฟลาวิน 0.02-0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ไนอะซิน 0.26-0.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ โทโคฟีรอลหรือวิตามินอี 0-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดอินทรีย์ที่พบในมันเทศจะส่งผลต่อกลิ่น รสชาติ ความคงตัว และอายุการเก็บรักษาของมันเทศ ส่วนใหญ่เป็นกรดมาลิกควินิน ชักชินิก และ ซิตริก และถึงแม้ว่ามันเทศจะมีปริมาณกรดออกซาลิกไม่มาก แต่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้หากไม่มีการให้ความร้อนก่อน เพราะกรดออกซาลิกจะไปจับกับเกลือแคลเซียม ฟอสฟอรัสสร้างเป็นผลผลิตของแคลเซียมออกซาลาเลท ที่เป็นสาเหตุโรควะวะแคลเซียมในเลือดต่ำ และโรคไตได้ แร่ธาตุที่พบในมันเทศ เช่น โพแทสเซียม (250-450 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปียก) แคลเซียม (17-45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปียก) และแมกนีเซียม (18-36 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม) สารสีในมันเทศเป็นกลุ่มแคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และ คลอโรฟิลล์ โดยแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยแคโรทีน และอนุพันธ์ของแซนโทฟิลล์ โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด เช่น แอนโทไซยานิน ฟลาโวน คาเทชิน และฟลาโวนอล รงควัตถุที่สำคัญในมันเทศคือแคโรทีนมีสีเหลืองอ่อนหรือสีครีมไปจนถึงสีส้ม และแอนโทไซยานินมีสีแดงจนถึงสีม่วง [12]

2.2.3 การใช้ประโยชน์จากมันเทศในอุตสาหกรรมอาหาร

มันเทศเป็นพืชหัวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ราคาถูก ปลูกง่ายในเขตร้อน และมีอายุเก็บผลผลิตสั้น การใช้ประโยชน์จากมันเทศในอุตสาหกรรมอาหารแบ่งได้ดังนี้

2.2.3.1 หัวมันเทศสด นำไปแปรรูปด้วยวิธีการต้ม การนึ่ง การอบ การทอด และการปิ้ง

2.2.3.2 มันเทศที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง นำมันเทศมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น ลวก อบแห้ง บดให้ละเอียด และ บรรจุ

2.2.3.3 มันเทศบรรจุกระป๋อง นำมันเทศมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก คัดเกรด ตัดแต่ง คัดขนาด ลวก บรรจุ ไล่อากาศ ปิดผนึก ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ทำให้เย็น และเก็บรักษา

2.2.3.4 มันเทศเข้มข้น นำมันเทศมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก นึ่ง บดให้ละเอียด กรองแยก เติมน้ำตาลและกรดซิตริก บรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

2.2.3.5 มันเทศแช่เยือกแข็ง นำมันเทศมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่น คัดเกรด ลวก ทำให้เย็น กำจัดน้ำออก และนำไปแช่เยือกแข็ง

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการนำมันเทศไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายในระดับอุตสาหกรรม เช่น แป้งมันเทศ (sweet potato flour) สตาร์ช (starch) น้ำตาล แอลกอฮอล์ กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบ (เค้ก คุกกี้) เส้นหมี่ พาสต้า ขนมขบเคี้ยว วัตถุดิบปรุงแต่งอาหาร เช่น โมโนโซเดียมกลูตาเมต กรดอะมิโน เอนไซม์ สารสี เพคติน กรดซิตริกและสารอินทรีย์ที่ผลิตจากผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมแปรรูปมันเทศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ลูกกวาด แยม ซอส น้ำส้มสายชู เครื่องดื่ม โยเกิร์ต

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แป้งชนิดอื่นแทนแป้งสาลี

ประยูร ญาสมุทร (2544) [13] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โดยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากพนักงานที่ทำงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมทางภาคเหนือตามโรงงานต่างๆ จำนวน 70 โรงงาน ซึ่งการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปด้านตัวผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์มีรสชาติให้เลือกหลายรสชาติ มีคุณภาพต่อประสาทสัมผัส (กลิ่น รส) ดูการโฆษณาจากสื่อต่างๆ รวมทั้งชื่อเสียงและตราผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา คือ ราคาไม่แพงเทียบกับเวลาในการปรุงและบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีราคาถูกกว่าอาหารอื่นเมื่อเทียบด้านปริมาณ ปัจจัยด้านความสะดวกรวดเร็วในการปรุง คือ ความสะดวกรวดเร็วในการปรุงด้วยการต้มโดยใช้ส่วนประกอบที่มีในซองเติมผักกับไข่เท่านั้น นอกจากนี้ยังหาซื้อง่าย ใช้อุปกรณ์ในการปรุงน้อยสะดวกในการพกพา กลุ่มที่ทำการศึกษามีปัญหาเรื่องการทำงานที่ต้องทำงานเป็นช่วงและต่อการทำงานล่วงเวลา ทำให้มีเวลาน้อยในการประกอบอาหาร กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เข้าใจการเพิ่มคุณค่าอาหาร โดยแสดงความคิดเห็นว่าควรต้องเพิ่มผักและเนื้อสัตว์เพื่อเป็นประโยชน์แก่สุขภาพ

อภิญา เจริญกุล (2551) [14] ได้ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันสำปะหลังและแป้งถั่วเหลือง ต่อคุณภาพของบะหมี่ โดยศึกษาการทดแทนที่ระดับต่าง ๆ 0 – 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ค่าแรงตึงขาดในบะหมี่หลังสุกมีค่าเพิ่มขึ้น บะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาบะหมี่สูตรทดแทนแป้งสาลี 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ค่าแรงตึงขาดของบะหมี่ทั้งก่อนและหลังทำให้สุกมีค่าลดลง

วิมล และคณะ (2556) [15] ศึกษาการผลิตขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีและตรวจสอบคุณภาพของขนมปังที่ได้ โดยศึกษาผลของการใช้ปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง) และปริมาณน้ำ (60, 70 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง) ที่มีต่อคุณลักษณะของโดและคุณภาพของขนมปัง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงส่งผลให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นด้วย โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ให้โดที่มีค่าการแผ่ขยายสูงที่สุดจากโดที่เตรียมจากการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง คือปริมาณน้ำร้อยละ 60, 70 และ 80 ตามลำดับ สำหรับขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ผสมแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง (สูตรควบคุม) แต่มีค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นที่สูงกว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 และน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

อินชา และญานิล (2556) [16] ศึกษาการผลิตคุกกี้จากแป้งมันเทศสีม่วง โดยทดลองเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 โดยน้ำหนักแป้ง ทำให้คุกกี้มีปริมาตรปริมาณจำเพาะ อัตราการแผ่ขยายต่ำลง และมีความแข็งมากขึ้น ทั้งนี้การใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 25 โดยน้ำหนักแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ที่เนยที่ผสมแป้งมันเทศสีม่วง เนื่องจาก มีปริมาตรจำเพาะ อัตราการแผ่ขยาย และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างกับคุกกี้เนยสูตรมาตรฐาน

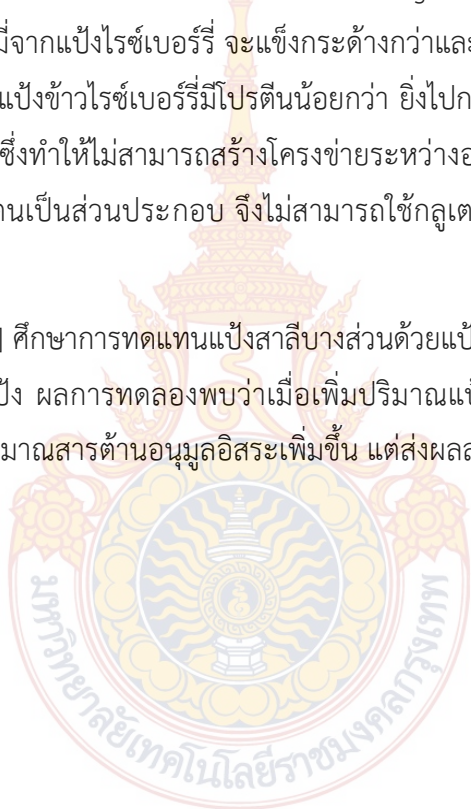
พรทวี และคณะ (2557) [17] ศึกษาการทดแทนเนื้อตาลผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทดแทนด้วยเนื้อตาลผลร้อยละ 10 ผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับมากกว่าสูตรอื่นๆ โดยสูตรควบคุมมีค่าแรงตึงขาดมากกว่าสูตรที่มีการทดแทนเนื้อตาลผง ซึ่งปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีส่งผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบหลักในแป้งสาลี คือ สตาร์ช ซึ่งมีความสำคัญต่อโครงสร้างของบะหมี่โดยมีความสัมพันธ์กับกลูเตนทำให้เกิดโดสตาร์ชมีผลต่อเส้นบะหมี่เมื่อสุก โดยสตาร์ชที่มีความหนืดสูงช่วยให้เส้นบะหมี่ยืดตัวดี และเหนียว จึงทำให้สูตรควบคุมมีค่ามากกว่าสูตรที่มีการทดแทนเนื้อตาลผง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ (2556) [18] ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วเหลืองต่อคุณภาพของบะหมี่โดยการทดแทนที่ 0-30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อมีการทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น บะหมี่หลังลวกจะมี

ค่าสีแดง (a^*) สูงขึ้น แต่ค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง และจากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่การทดแทน 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติ เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม แต่จะมีคะแนนด้านสีและความชอบโดยรวมสูงกว่า

Sirichokworakit และคณะ (2015) [19] ศึกษาการทดแทนบางส่วนของแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ tensile strength เพิ่มขึ้น ในขณะที่ breaking length ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งไรซ์เบอร์รี่ นั้นสามารถแปลได้ว่าบะหมี่จากแป้งไรซ์เบอร์รี่ จะแข็งแรงกว่าและความยืดหยุ่นต่ำกว่าบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลี ทั้งหมดอาจเป็นเพราะว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีโปรตีนน้อยกว่า ยิ่งไปกว่านั้นโปรตีนส่วนใหญ่ในแป้งไรซ์เบอร์รี่จะอยู่ในรูปของ protein body ซึ่งทำให้ไม่สามารถสร้างโครงข่ายระหว่างอยู่ในช่วงโดพอร์มตัว นอกจากนี้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแป้งที่ไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ จึงไม่สามารถใช้กลูเตนเพื่อความคงตัวของโครงสร้างของบะหมี่

Uthai และคณะ (2020) [20] ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งเมล็ดมะขามในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักแป้ง ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดมะขามส่งผลให้เส้นบะหมี่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลลดต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความนุ่ม ความยืดหยุ่นของเส้นบะหมี่



บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 มันเทศสีม่วง
- 3.1.2 แป้งสาลีโปรตีนกลาง (บริษัท ยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด)
- 3.1.3 เปลือกป่นบริโภค (บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)
- 3.1.4 ไข่ไก่สด (บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด มหาชน)
- 3.1.5 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)
- 3.1.6 น้ำดื่มสะอาด

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 Methanol 95% HPLC grade (ACI Labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.2 Ethanol 95 % HPLC grade (ACI Labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.3 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.4 Ferric chloride hexahydrate (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.5 Acetic acid HPLC grade (ACI labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.6 Sodium acetate trihydrate (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.7 Sodium bicarbonate (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.8 Folin-Ciocalteu reagent (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.9 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.10 2,2'-Azino-bis diammonium salt (ABTS) (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.11 Potassium peroxo disulfate (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.12 2,4,6-tri-2-pyridyl-2-triazine (TPTZ) (Sigma Aldrich Corp., USA)
- 3.2.13 Hydrochloric acid 36% HPLC grade (ACI labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.14 Acetone HPLC grade (ACI labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.15 Liquid nitrogen (Linde, Thailand)
- 3.2.16 Sodium chloride (Thai refined salt Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.17 Potassium Metabisulphite (ACI labscan Co., Ltd., Thailand)
- 3.2.18 Alcohol (70% v/v) (Sigma Aldrich Corp., USA)

3.2.19 Plate Count Agar (M124) (ACI labscan Co., Ltd., Thailand)

3.2.20 Distilled water (dH₂O)

3.2.21 Deionized water (dH₂O)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ในการผลิตโด และเส้นบะหมี่

3.3.1.1 เครื่องตีผสม (ยี่ห้อ Kenwood รุ่น KMM-760 Major premier, Thailand)

3.3.1.2 ตะแกรงร่อน 80 และ 100 เมช

3.3.1.3 เครื่องรีดเส้นบะหมี่ (ยี่ห้อ Sakura รุ่น Jadesadaporn-SS8, Thailand)

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

3.3.2.1 เครื่องปั่นเหวี่ยง (ยี่ห้อ Hurlle รุ่น Z206A, Germany)

3.3.2.2 วอเท็กซ์มิกเซอร์ (ยี่ห้อ Scientific Industries รุ่น Genie 2, USA)

3.3.2.3 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometry รุ่น Shimadzu UV 1800, Japan)

3.3.2.4 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Pioneer รุ่น PA 4102, USA)

3.3.2.5 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo, Germany)

3.3.2.6 เครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA-XT plus, England)

3.3.2.7 เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400, Japan)

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา

3.3.3.1 ไมโครเวฟ (ยี่ห้อ Sharp รุ่น R-29D1, Japan)

3.3.3.2 ตู้เย็น ขนาด 9 คิว (ยี่ห้อ Panasonic รุ่น NR-BV280QKTH, Japan)

3.3.3.3 หมอนึ่งฆ่าเชื้อ

3.3.3.4 ตู้อบฆ่าเชื้อ

3.3.3.5 ตู้บ่มเชื้อ

3.3.3.6 เครื่องนับจำนวนโคโลนี

3.3.3.7 เครื่องเขย่า (Mixer)

3.3.3.8 เครื่อง Laminar Flow

3.3.3.9 เครื่องตีตัวอย่าง

3.3.3.10 จานเลี้ยงเชื้อ

3.3.3.11 ปิเปตและจุกยาง

3.3.3.12 แท่งแก้วคนสาร

3.3.3.13 ปีกเกอร์

- 3.3.3.14 ตะเกียงแกส
- 3.3.3.15 แห้งแก้วเชื้อเชื้อ
- 3.3.3.16 ขวดแก้วใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 3.3.3.17 ซ้อนตักสาร
- 3.3.3.18 ขวดสเปรย์แอลกอฮอล์
- 3.3.3.19 คีมปากคีม

3.4 แผนการดำเนินงาน/วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ล้างทำความสะอาดมันเทศ ปอกเปลือก จุ่มในสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแช่ในสารละลาย KMS (1 เปอร์เซ็นต์) กรดซิตริก (0.5 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 นาที หั่นเป็นเส้นและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส อบต่อเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนมีความชื้น 7-8 เปอร์เซ็นต์ นำมาปั่นและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงอลูมิเนียมลามิเนตพอยด์ และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

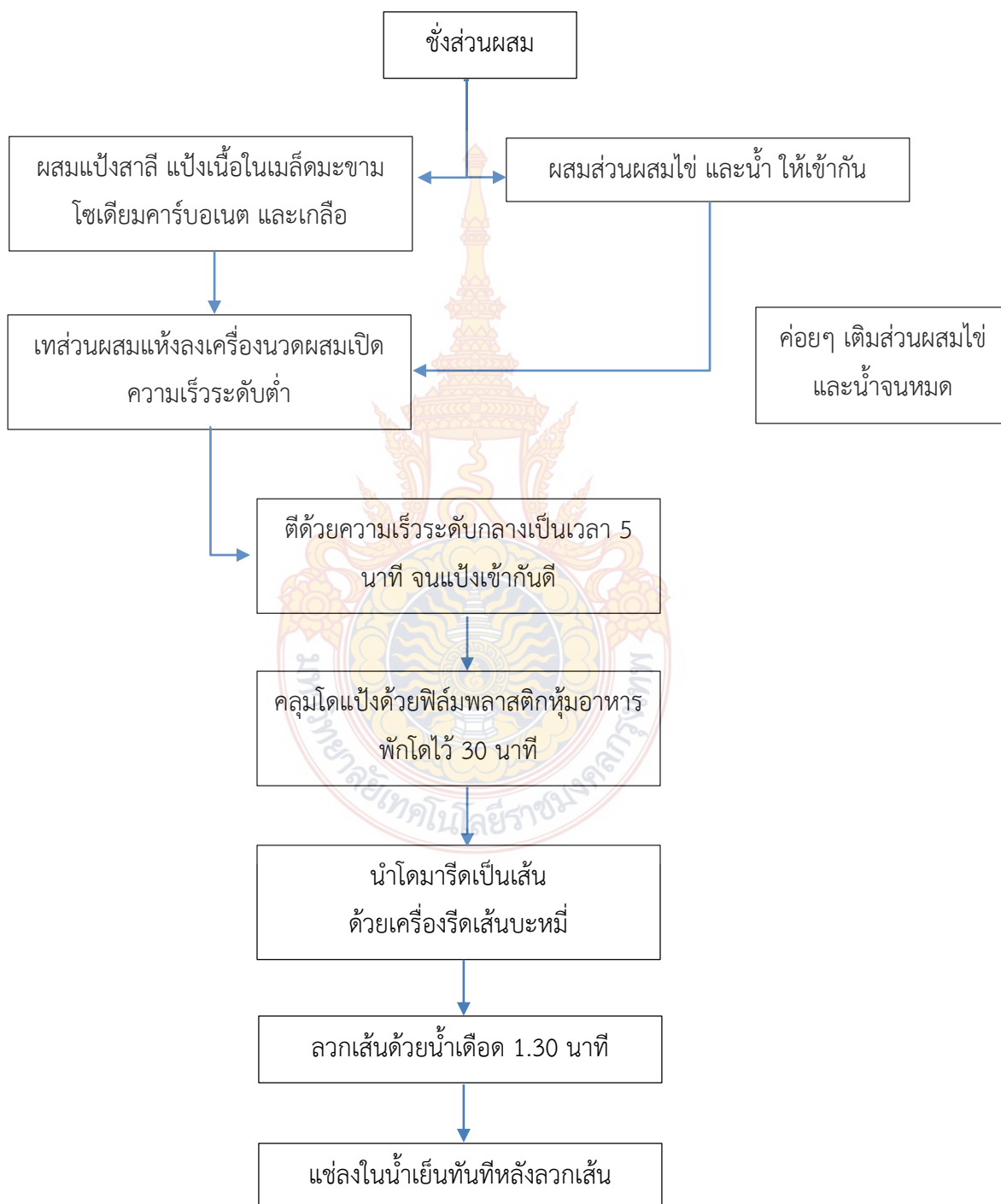
3.4.2 การผลิตบะหมี่สด

การเตรียมการผลิตบะหมี่ (สูตรพื้นฐาน) โดยวิธีของ Uthai และคณะ [20] โดยใช้แป้งสาลี 200 กรัม เกลือ 3 กรัม ไข่ไก่ 70 กรัม โซเดียมไบคาร์บอเนต 3 กรัม และน้ำสะอาด 70 กรัม การเตรียมบะหมี่จากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี 5 ระดับ คือ 0 สูตรพื้นฐาน 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแป้ง) จากนั้นทำการผสมด้วยเครื่องผสม เมื่อผสมเสร็จพักไว้ 30 นาที และนำมารีดเส้นด้วยเครื่องทำบะหมี่ จากนั้นนำไปลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 สูตรบะหมี่ที่ใช้มันม่วงทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

ส่วนผสม	ปริมาณการใช้แป้งมันเทศสีม่วง (เปอร์เซ็นต์)				
	0	5	10	15	20
แป้งสาลีโปรตีนสูง (กรัม)	200	190	180	170	160
แป้งมันเทศสีม่วง (กรัม)	-	10	20	30	40
เกลือ (กรัม)	3	3	3	3	3
ไข่ไก่ (กรัม)	70	70	70	70	70
โซเดียมไบคาร์บอเนต (กรัม)	3	3	3	3	3
น้ำสะอาด (กรัม)	70	70	70	70	70

ที่มา: Uthai และคณะ (2020) [20]



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการผลิตเส้นบะหมี่

3.4.3 ศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในบะหมี่สด

การศึกษ ปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งรวมทั้งหมด

3.4.3.1 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของบะหมี่ก่อนลวกที่แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. คุณภาพทางด้านสี

- นำเส้นบะหมี่ก่อนลวกทดสอบค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี calorimeter (Konica Minolta CR-410, Japan) แสดงค่าสีโดย L^* , a^* และ b^* ค่า lightness L^* (100=ขาว; 0=ดำ), redness a^* (+, แดง; -, เขียว) and yellowness b^* (+, เหลือง; -, น้ำเงิน) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

2. คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่

- นำเส้นบะหมี่ก่อนลวกมาทำการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ด้วยการวัดแรงดึงของเส้นบะหมี่ (Tensile Strength test) โดยใช้ชุดวัดแรงดึงเส้นบะหมี่ อัตราเร็วของหัววัด (Test speed) เท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางการดึงของหัววัดเท่ากับ 100 มิลลิเมตร โดยตั้งให้ระยะห่างของหัววัดเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และตั้งค่า Trigger Type เท่ากับ Auto 5 กรัม วัดตัวอย่างเส้นบะหมี่สุกจำนวน 5 ซ้ำ

3.4.3.2 ศึกษาคุณลักษณะกายภาพของบะหมี่สุกจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่สุก ดังนี้

1. คุณภาพทางด้านสีของเส้นบะหมี่สุก

- นำเส้นบะหมี่สุกมาทดสอบค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี calorimeter (Konica Minolta CR-410, Japan) แสดงค่าสีโดย L^* , a^* และ b^* ค่า lightness L^* (100=ขาว; 0=ดำ), redness a^* (+, แดง; -, เขียว) and yellowness b^* (+, เหลือง; -, น้ำเงิน) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

2. คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุก

- นำเส้นบะหมี่สุกมาทำการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ด้วยการวัดแรงดึงของเส้นบะหมี่ (Tensile Strength test) โดยใช้ชุดวัดแรงดึงเส้นบะหมี่ อัตราเร็วของหัววัด (Test speed) เท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางการดึงของหัววัดเท่ากับ 100 มิลลิเมตร โดยตั้งให้ระยะห่างของหัววัดเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และตั้งค่า Trigger Type เท่ากับ Auto 5 กรัม วัดตัวอย่างเส้นบะหมี่สุกจำนวน 5 ซ้ำ

3.4.3.3 ศึกษาคุณภาพหลังการต้มของบะหมี่จากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ทำการวิเคราะห์คุณภาพของเส้นบะหมี่ ดังนี้

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking Time)

- ระยะเวลาสูงสุดที่ใช้ในการต้ม ดัดแปลงวิธีการของ AACC (2000) [21] นำตัวอย่างบะหมี่ 15 กรัม ต้มในน้ำเดือด ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 500 มิลลิลิตร เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกที่ระยะเวลา 1 3 4 5 และ 6 นาที สังเกตลักษณะตรงกลางของเส้นบะหมี่ที่เป็นจุดสีขาวหายไปถือว่าเป็นเวลาในการต้มที่เหมาะสม ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

2. น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield)

- น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) ใช้วิธีการของ Chin และคณะ (2002) [22] ซึ่งบะหมี่ 10 กรัม ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้ม 5 นาที จากนั้นยกบะหมี่ขึ้นมาสะเด็ดน้ำ 15 นาทีซึ่งน้ำหนักบะหมี่หลังต้ม ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

$$\text{Cooking yield (\%)} = \frac{\text{weight of noodle after cooking} \times 100}{\text{weight of noodle before cooking}}$$

3. ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss)

- ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) ดัดแปลงวิธีการของ Chang และ Wu (2008) [23] ซึ่งบะหมี่ 10 กรัม ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้ม 5 นาที จากนั้นตักบะหมี่ขึ้นมาสะเด็ดน้ำ 15 นาที นำน้ำที่เหลือหลังจากการต้มบะหมี่ ไประเหยให้แห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักหลังการอบ ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{Residue in cooking noodle} \times 100}{\text{weight of noodle before cooking}}$$

3.4.3.4. ศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ดังนี้

นำเส้นบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ระดับต่างๆ มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน คน (อายุ 20 ปีขึ้นไป) ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale (9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ด้านลักษณะปรากฏของเส้น สี กลิ่น ความเหนียวยืดหยุ่น ความเหนียมนุ่ม ความเรียบของผิวเส้น และความชอบโดยรวม

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติและหาความแตกต่างทางสถิติของคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป

3.4.3.5 การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ของบะหมี่สุกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

1) การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

- วิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assay โดยใช้วิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Wu และคณะ (2003) [24]

- วิธี DPPH Radical Scavenging Activity โดยใช้วิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Wu และคณะ (2003) [24]

- วิธี ABTS Radical Scavenging Capacity Assay วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Wu และคณะ (2003) [24]

2) การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ Total Phenolic Content โดยใช้ Folin-Ciocalteu Reagent โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Miliauskas และคณะ (2004) [25] ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม

3.4.3.6 ศึกษาคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของบะหมี่สดจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่ทดแทนได้มากที่สุดและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการเก็บรักษาตัวอย่างบะหมี่ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในบะหมี่ ดังนี้

1) หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) รายงานผลเป็นหน่วย CFU/g (FDA-BAM,2000) [26]

2) หาปริมาณเชื้อยีสต์ และรา (Yeast and Mold) รายงานผลเป็นหน่วย CFU/g (FDA-BAM,2000) [26]

3) หาปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. รายงานผลเป็นหน่วย CFU/g และ *Escherichia coli* รายงานผลเป็นหน่วย MPN/g (FDA-BAM,2000) [26]

3.4.3.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่สุกที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วง โดยการนำเส้นบะหมี่สุกมาตรฐานและบะหมี่สดจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่ทดแทนได้มากที่สุดและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ (ทำการวิเคราะห์โดย บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด)

การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบหลักในอาหารได้แก่

1) ปริมาณความชื้น AOAC [24]

2) เถ้า AOAC [24]

- 3) โปรตีนรวม AOAC [24]
- 4) คาร์โบไฮเดรต Darryl และคณะ (1993) [27]
- 5) ไขมัน AOAC [24]
- 6) แอนโทไซยานิน Yang และคณะ (2008) [28]

3.4.3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics) ในข้อ 3.4.3.1 - 3.4.3.3 และข้อ 3.4.3.5-3.4.3.7 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) และในข้อ 3.4.3.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในขนมปัง

4.1.1 จากการศึกษาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในขนมปังโดยทดแทนที่ในอัตราส่วน ดังนี้ 0 (สูตรพื้นฐาน), 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งรวมทั้งหมด โดยนำมานวดเป็นโด รัดเปียเส้น และลูกเส้น จนสุก นำมาวิเคราะห์ทางกายภาพคุณภาพของเส้นขนมปังก่อนลวก และเส้นขนมปังสุก โดยการวัดสี (ผลแสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1) และวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ผลแสดงดังตารางที่ 4.2)

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ทั้งเส้นขนมปังก่อนลวกและเส้นขนมปังสุก เมื่อมีระดับการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดงเขียว (a^*) และค่าสีเหลืองน้ำเงิน (b^*) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ค่า b^* ในเส้นขนมปังก่อนลวกและเส้นขนมปังสุกที่มีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงที่ระดับ 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ยังแตกต่างจากการทดแทนที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามในเส้นขนมปังก่อนลวกและเส้นขนมปังสุกสีที่สังเกตเห็นได้ พบว่ามีสีใกล้เคียงสีเขียวอมน้ำเงิน โดยความเข้มของสีเขียวจะเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้น (แสดงดังภาพที่ 4.1) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เป็นส่วนผสมในการเตรียมขนมปังเมื่อนำมานวดผสมจนได้โดขนมปังซึ่งเห็นเป็นสีเขียวอมน้ำเงินนั้น พบรายงานของ Xiu-li และคณะ (2015) [29] กล่าวว่า มันเทศสีม่วงมีแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบที่มีช่วงกว้างตั้งแต่สีส้มถึงสีม่วง โดยที่ความคงตัวของสีแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงไปในสภาวะที่เป็นด่าง ตั้งแต่ pH สูงขึ้นจนถึง 8 พบสีของสารสกัดมันเทศสีม่วงเป็นสีน้ำเงินกรมท่า อีกทั้ง Khoo และคณะ (2017) [30] ยังพบว่าสีของแอนโทไซยานินที่เป็นสีม่วงจากวัตถุดิบคือมันเทศสีม่วงนั้น จะคงสีม่วงได้ที่ค่า pH เป็นกลาง หากค่า pH สูงขึ้น (เป็นด่าง) สีของแอนโทไซยานินจะกลายเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของโดและเส้นขนมปังสุกที่มีค่า pH สูงถึง 9.0 ขึ้นไป (แสดงดังตารางที่ 4.3) ทำให้สีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังมีการเติมโซเดียมในสูตรขนมปังพื้นฐานทำให้ขนมปังสูตรพื้นฐานที่ได้มีสีเหลือง เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงมากขึ้นจึงทำให้มีการผสมกับสีน้ำเงินจากแอนโทไซยานินในแป้งมันเทศสีม่วง อีกทั้งพบรายงานว่ารงควัตถุจากแอนโทไซยานิน จากแป้งอาจถูกสกัดออกมาได้จากการนึ่งหรือการต้ม [31] จึงทำให้ขนมปังที่มีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงแสดงลักษณะของสีเขียวอมน้ำเงินและสีเข้มขึ้นเมื่อปริมาณการทดแทนมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ค่าสี L^* , a^* และ b^* และการวัดเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมีก่อนลวกและเส้นบะหมี่สุกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

การใช้แป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งสาลี (เปอร์เซ็นต์)	เส้นบะหมีก่อนลวก			เส้นบะหมี่สุก		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
0 (control)	68.45±0.71 ^a	2.05±0.16 ^a	24.32±0.97 ^a	65.81±0.99 ^a	0.65±0.20 ^a	18.56±0.59 ^a
5	46.96±0.83 ^b	-1.97±0.11 ^b	11.69±0.16 ^b	42.31±1.01 ^b	-2.52±0.38 ^b	9.79±0.48 ^b
10	44.87±0.70 ^c	-4.31±0.31 ^c	10.78±0.74 ^b	37.98±0.85 ^c	-3.59±0.27 ^c	8.19±0.61 ^c
15	38.33±0.93 ^d	-7.32±0.57 ^d	9.08±0.82 ^c	35.17±1.00 ^d	-5.46±0.52 ^d	6.08±0.78 ^d
20	35.78±0.80 ^e	-9.21±0.54 ^e	8.16±0.68 ^c	31.22±0.88 ^e	-7.29±0.58 ^e	5.02±0.75 ^d

^{a-e} Mean ± SD ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏด้านสีของโด (D 1-5) บะหมีก่อนลวก (R 1-5) และบะหมี่สุก (C 1-5) ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.2 ค่าจากการวัดเนื้อสัมผัส (Elastic Limit/Tensile Strength) ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกและเส้นบะหมี่สุก ค่ากรดต่าง (pH) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

การทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งมันเทศสีม่วง (เปอร์เซ็นต์)	Elastic Limit/Tensile Strength		pH	Aw ^{ns}
	เส้นบะหมี่ก่อนลวก	เส้นบะหมี่สุก	เส้นก่อนลวก	เส้นก่อนลวก
	(กรัม)	(กรัม)	-	-
0 (control)	28.80±1.96 ^a	20.80±2.55 ^a	9.32±0.07 ^b	0.94±0.01
5	26.22±1.56 ^b	19.40±2.65 ^{ab}	9.30±0.02 ^b	0.94±0.00
10	24.86±1.47 ^b	18.03±1.16 ^{bc}	9.28±0.01 ^b	0.94±0.01
15	22.01±1.02 ^c	17.21±1.22 ^{bc}	9.46±0.02 ^a	0.95±0.01
20	20.82±1.14 ^c	16.52±0.99 ^c	9.48±0.01 ^a	0.95±0.02

^{a-c} Mean ± SD ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสทั้งเส้นบะหมีก่อนลวกและเส้นบะหมี่สุก ผลแสดงดังตารางที่ 4.2 จะเห็นว่า อัตราส่วนในการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงที่อัตราส่วนการทดแทน 0 เปอร์เซ็นต์ (สูตรพื้นฐาน) มีแรงดึงสูงสุด 28.80 กรัม และมีแนวโน้มแรงดึงลดลงในอัตราส่วนการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วง 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแรงดึง 26.22, 24.86, 22.01 และ 20.82 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วง 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงที่ 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เมื่อนำเส้นบะหมี่สดไปลวกจนสุกพบว่ามีค่าแรงดึงขาดลดลง โดยการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงที่ 0 เปอร์เซ็นต์ (สูตรพื้นฐาน) มีค่าแรงดึงขาดสูงสุด 20.80 กรัม เมื่อมีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้นที่การทดแทน 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าดึงขาดลดลง มีค่าเท่ากับ 19.40, 18.03, 17.21 และ 16.52 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนในแป้งสาลีส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงแทนในแป้งสาลีที่มากขึ้น ซึ่งแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักของบะหมี่มากถึง 90 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ ในแป้งสาลีมีเม็ดแป้งมากถึง 67 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ซึ่งมีผลต่อการยึดตัวของบะหมี่เมื่อสุก เม็ดแป้งที่มีความหนืดสูงทำให้บะหมี่ยึดตัวดี มีความเหนียว และส่วนประกอบของกลูเตนในแป้งสาลี ทำให้มีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น (สุทธิณี และคณะ, 2563) [32]

ปริมาณน้ำอิสระในอาหารมีผลกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) หากมีการเก็บรักษาอาหารไว้ที่อุณหภูมิสูงและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูง กระบวนการเสื่อมเสียของอาหารจะเกิดเร็วมากขึ้น วอเตอร์แอกทิวิตีของเส้นบะหมีก่อนลวกที่มีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงในแป้งสาลีในระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.2) อยู่ในช่วง 0.94-0.95 สอดคล้องกับ Li และคณะ (2011) [33] รายงานว่า เส้นบะหมี่เหลืองมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.97 อีกทั้ง Murdinah และ Wahyuni (2020) [34] ได้ศึกษาบะหมี่เสริมสาหร่ายสายพันธุ์ *Caulerpa* พบว่าเส้นบะหมี่มีค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.97 ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำอิสระของเส้นบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ซึ่งปริมาณค่าน้ำอิสระสูงเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญของจุลินทรีย์ และยังเชื่อมโยงกับปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ส่วนใหญ่ ตลอดจนคุณลักษณะทางกายภาพ (Maltini และคณะ, 2003) [35] ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของเส้นบะหมีก่อนลวกที่มีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงในแป้งสาลีระดับ 0, 5, 10, 15 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.2) มีค่า pH เป็นต่าง อยู่ในช่วง 9.32 – 9.48 ซึ่งเป็นค่าของบะหมี่ปกติทั่วไป สำหรับบะหมี่ทั่วไปและบะหมี่ต่างๆควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 9 – 11 เนื่องจากสารฟลาโวนอยด์ในแป้งสาลีจะมีสีเหลืองในสภาวะที่เป็นด่าง และค่า pH ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์โดยตรงกับสีของบะหมี่ (Hou, 2001) [36]

4.1.2 ผลจากการศึกษาคุณภาพหลังการต้มของบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ดังนี้

คุณภาพหลังการต้มของเส้นบะหมี่ ได้แก่ เวลาต้มที่บะหมี่สุก ค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกของเส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เวลาต้มที่บะหมี่สุก (Cooking time) น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) ของบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงแทนทดแทนแป้งสาลีในระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

การใช้แป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งสาลี (เปอร์เซ็นต์)	เวลาต้มที่บะหมี่สุก (วินาที)	ค่าน้ำหนักที่ได้หลัง การต้ม (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ระหว่างทำให้สุก (เปอร์เซ็นต์)
0 (control)	120	205.03±4.79 ^a	4.40±0.92 ^a
5	110	200.23±4.40 ^a	4.80±0.60 ^a
10	100	196.60±5.31 ^{ab}	5.20±0.53 ^b
15	90	190.10±5.60 ^{bc}	6.53±0.46 ^b
20	80	183.67±5.75 ^c	7.53±0.42 ^b

^{a-c} Mean ± SD ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คุณภาพของเส้นบะหมี่ที่ตีพิจารณาจากการดูดซับน้ำ หรือค่าน้ำหนักที่ได้หลังต้ม เวลาในการต้มที่น้อย และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่น้อย (Chung และคณะ, 2012) [37] จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงในแป้งสาลีเพิ่มขึ้น มีผลให้เวลาที่ใช้ในการต้มบะหมี่ให้สุกลดลง โดยเส้นบะหมี่สูตรควบคุมใช้เวลาในการต้มบะหมี่ให้สุกสูงกว่าตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตั้งแต่ 80 ถึง 120 วินาที เนื่องมาจากโครงสร้างกลูเตนที่ลดลงส่งผลให้เกิดการซึมผ่านของความชื้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เวลาในการต้มบะหมี่ให้สุกลดลง (Yadev และคณะ, 2014) [38] ผลการศึกษาค่าการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างทำให้สุกของบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ที่ 4.80 ถึง 7.53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าบะหมี่สูตรควบคุมที่มีค่าการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างทำให้สุก 4.40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้เมื่อระดับการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงในแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มมีค่าลดลงจาก 200.03 เป็น 183.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าบะหมี่สูตรควบคุม (205.3 เปอร์เซ็นต์) ผลการวิจัยนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Sun และคณะ (2019) [39] พบว่าการสูญเสีย น้ำหนักหลังการต้มของบะหมี่สูตรพื้นฐานมีค่าต่ำกว่าบะหมี่ที่มีการเสริมกลอยจีนผง (Chinese yam powder) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้งานวิจัยของ Aukkanit และ Sirichokworrakit (2017) [40] ศึกษาบะหมี่ที่ใช้ฟักทองผงทดแทนแป้งสาลี พบว่าค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการต้มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงฟักทอง และจากงานวิจัยของ Izydorzyk และคณะ (2005) [41] พบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวบาเลย์ในบะหมี่ ทำให้คุณภาพโครงสร้างแบบตาข่ายของโปรตีนลดลง แต่ค่าการสูญเสีย น้ำหนักหลังการต้มเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ มีรายงานของนฤมล และคณะ (2554)

[42] ศึกษาการใช้ผักโขมผงทดแทนแป้งสาลีในบะหมี่ มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มให้สุก และน้ำหนักหลังการต้มลดลง ในขณะที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณผักโขมผง ดังนั้นจะสรุปได้ว่าบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลีและคุณภาพโครงสร้างแบบตาข่ายของโปรตีนลดลง เป็นสาเหตุให้การกักเก็บน้ำในบะหมี่ลดลง ซึ่งส่งผลทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง และค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มเพิ่มสูงขึ้น

4.1.3 ผลจากการการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลแสดงดังตารางที่ 4.4

คุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะลดลงเล็กน้อย เมื่อมีการเติมแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มแป้งมันเทศสีม่วงระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ความเหนียวยืดหยุ่น ความนุ่มของเส้น และความเรียบของผิวเส้นมีค่าคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามคุณลักษณะด้านกลิ่นมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นและสูงกว่าสูตรควบคุม เมื่อมีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงในแป้งสาลีเพิ่มขึ้น เนื่องจากในมันเทศสีม่วงประกอบไปด้วยสารหอมระเหย ได้แก่ floral odor, floral sweet odor, sweet odor and potato odor ซึ่งมีผลในด้านดีต่อการให้การยอมรับจากผู้บริโภค [43] อาจสรุปได้ว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้นถึง 20 เปอร์เซ็นต์ บะหมี่ที่ได้จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.4 คะแนนการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของเบหมีที่มีการแปรงมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบวิธี 9-point hedonic scale

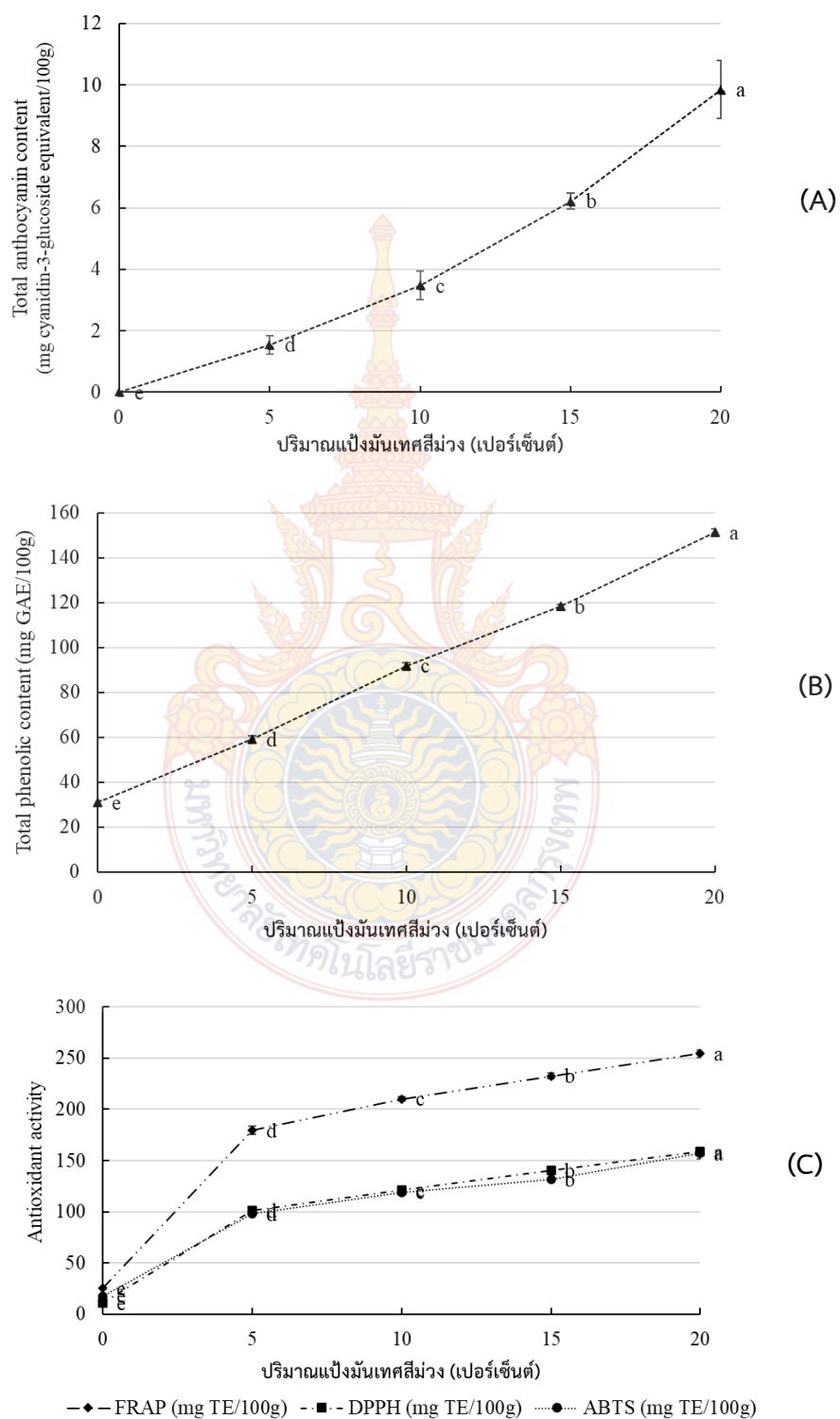
การใช้แปรงมันเทศสี ม่วงทดแทนแป้งสาลี (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น	ความเหนียว ยืดหยุ่น	ความนุ่ม ของเส้น	ความเรียบ ของผิวเส้น	รสชาติ ^{ns}	ความชอบ โดยรวม ^{ns}
0	8.12±0.99	7.76±0.81	7.54±0.73 ^b	8.16±0.81 ^a	8.58±0.75 ^a	8.12±0.89 ^a	7.70±0.78	8.52±0.73
5	8.16±1.08	7.86±0.89	7.74±1.25 ^{ab}	8.00±0.85 ^{ab}	8.22±0.90 ^b	7.88±0.65 ^{ab}	7.74±1.02	8.46±0.78
10	8.08±0.74	7.96±0.92	7.76±0.97 ^{ab}	7.92±0.87 ^{abc}	8.20±0.92 ^b	7.86±0.89 ^{ab}	7.78±0.61	8.34±0.76
15	7.92±0.52	8.00±0.60	7.88±0.82 ^{ab}	7.80±0.60 ^{bc}	7.94±0.70 ^{bc}	7.84±1.01 ^{ab}	7.90±0.83	8.42±0.67
20	8.04±0.80	8.04±1.00	8.08±1.02 ^a	7.64±1.05 ^c	7.82±0.99 ^c	7.74±0.77 ^b	7.98±0.81	8.40±0.87

^{a-c} Mean ± SD ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.4 ผลการตรวจสอบสารแอนโทไซยานิน (TAC) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) วิธี Radical Scavenging Activity (DPPH) และวิธี Radical Scavenging Capacity Assay (ABTS) ของบะหมี่สุกที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลแสดงดังภาพที่ 4.2

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์โดยใช้วิธี FRAP, DPPH และวิธี ABTS ของบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่อัตราส่วนดังนี้ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) คือ 0, 1.54, 3.47, 6.22 และ 9.87 cyanidin-3-glucoside eq (กรัม/100 กรัม) ตามลำดับ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) คือ 30.93, 59.13, 91.93, 118.34 และ 151.28 มิลลิกรัม GAE/100กรัม ตามลำดับ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP เท่ากับ 25.59, 179.67, 210.24, 232.59 และ 254.32 มิลลิกรัม TE/100 กรัม ตามลำดับ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH คือ 10.95, 101.15, 121.42, 140.37 และ 158.70 มิลลิกรัม TE/100 กรัม ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS คือ 17.69, 98.12, 119.05, 131.61 และ 156.98 มิลลิกรัม TE/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงในภาพที่ 4.2(A), 4.2(B) และ 4.2(C) ซึ่งปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบทั้งหมด เพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ปริมาณเพิ่มขึ้น โดยที่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และที่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ปริมาณ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าต่ำที่สุด รายงานนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khumkhom [44] ได้ตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด, ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP ของหมั่นโถวที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีการทดแทนแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ยานวิจัยของ Zhu และ Sun [45] ศึกษาการเติมแป้งมันเทศสีม่วงในขนมปังนี้ ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วง ทำให้ช่วยเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, ปริมาณโพลีฟีนอล และแอนโทไซยานิน นอกจากนี้ Aziz และคณะ [46] ได้เสริมแป้งมันเทศสีม่วงในบิสกิต ผลแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม และยังมีปริมาณฟีนอลิกและแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ (A) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (B) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ (C)ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของบะหมี่สุกที่ใช้แยม้นเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

4.1.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ก่อนลวก ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ไขมัน และเถ้าที่มีปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการทดแทนด้วยแป้งมันเทศเพิ่มขึ้น ขณะที่เถ้าและคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อด้วยแป้งมันเทศเพิ่มขึ้น ดังนั้นการทดแทนด้วยแป้งมันเทศที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ จึงมีองค์ประกอบทางเคมีสูงสุด คือ ความชื้น 36.17 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 6.69, 49.01, 1.18 และ 2.20 กรัม/100กรัม ตามลำดับ ข้อดีของบะหมี่ที่มีใส่แป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้นคือ การเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดซึ่งให้พลังงานแก่ร่างกาย นอกจากนี้การลดไขมันยังช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ เช่น หัวใจวาย โรคหลอดเลือดสมอง และมะเร็ง [47]

4.1.6 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่ทดแทนได้มากที่สุดและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการเก็บรักษาตัวอย่างบะหมี่ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน และทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในบะหมี่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6

การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbial spoilage) เป็นการเสื่อมเสียของอาหารที่มีสาเหตุหลักคือ จุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา หรือยีสต์ ซึ่งเกิดการปนเปื้อนและเพิ่มจำนวนขึ้นในอาหาร แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับ การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์อาจเป็นอันตรายต่อการบริโภค หากเป็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โดยลักษณะการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ ได้แก่ การเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เกิดฟองแก๊ส การเปลี่ยนสี หรือการเกิดเมือก เป็นต้น [48] การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Escherichia coli* *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* และ *Samonella* spp. ระหว่างการเก็บรักษาบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน (ตารางที่ 4.6) ผลการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Samonella* spp. ระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 3 ปีพ.ศ. 2560) ระบุว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดควรมีค่าน้อยกว่า 5×10^5 CFU/กรัม, ยีสต์และราควรมีค่าน้อยกว่า 500 CFU/กรัม, *Escherichia coli* ควรมีค่าน้อยกว่า 10 MPN/กรัม *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ควรมีค่าน้อยกว่า 100 และ 1,000 CFU/กรัม ตามลำดับ และควรจะไม่พบ *Samonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม ดังนั้นบะหมี่ที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์สามารถเก็บไว้ได้นาน 12 วัน โดยที่เป็นไปตามเกณฑ์การปนเปื้อนทางจุลชีววิทยาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข [49]

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

การใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (กรัม/100กรัม)	โปรตีน (กรัม/100กรัม)	ไขมัน (กรัม/100กรัม)	คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม/100กรัม)
0	39.57	2.02	8.89	2.05	46.99
5	38.78	2.09	8.56	1.99	47.44
10	37.01	2.12	7.89	1.95	47.96
15	36.35	2.15	7.37	1.87	48.40
20	36.17	2.20	6.69	1.81	49.01

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* spp. ของเส้นบะหมี่ก่อนลวกที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน

อายุการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)	ยีสต์และรา (CFU/กรัม)	<i>Escherichia coli</i> (MPN/กรัม)	<i>Staphylococcus aureus</i> CFU/กรัม	<i>Bacillus cereus</i> CFU/กรัม	<i>Salmonella</i> spp. (ใน 25 กรัม)
0	3.4×10^2	ND	ND	ND	ND	ND
3	4.1×10^2	ND	ND	ND	ND	ND
6	5.7×10^3	3.2×10^2	ND	ND	ND	ND
9	5.5×10^4	4.1×10^2	ND	ND	ND	ND
12	6.4×10^5	5.3×10^3	ND	ND	ND	ND

ND = ไม่พบเชื้อ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย/ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้แอมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในบะหมี่ พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณแอมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้น สีของบะหมี่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและเข้มขึ้น บะหมี่ใช้เวลาในการต้มให้สุกสั้นลง น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง และสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกสูงขึ้น ด้านคุณภาพของเนื้อสัมผัสยังมีโครงสร้างที่อ่อนแอกว่าบะหมี่สูตรพื้นฐาน ค่ากรดต่าง (pH) และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (Aw) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากบะหมี่สูตรพื้นฐาน องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีน และไขมันลดลง นอกจากนี้ปริมาณแอนโทไซยานิน สารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับบะหมี่ที่มีการใช้แอมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากบะหมี่มีคุณภาพใกล้เคียงกับบะหมี่สูตรพื้นฐาน และสามารถเก็บรักษาบะหมี่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ได้นาน 9 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่สดให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยที่ยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในด้านของจุลินทรีย์และเคมี

5.2.2 ควรศึกษากระบวนการแปรรูปบะหมี่ที่ใช้แอมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในรูปแบบของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Shekhar, D. Mishra, A.K. Buragohain and S. Chakraborty, "Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.)," *Food Chem.*, Vol.173, 2015, pp.957-965.
- [2] FAO, 2016, "Crops," Food and Agriculture Organization of the United Nations, Available Source: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> , March 14, 2018.
- [3] Food Data Central 2018, Sweet potato, raw, unprepared, US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168482/nutrients>, (August 19, 2020).
- [4] N. Dangpium, "Research and development in cultivability of sweet potato," Reported by Research and development Centre for agriculture of Phichit province. Department of Agriculture. 2015; 235.
- [5] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนูปนนต์. 2563. แอนโธไซยานิน. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin>, (วันที่ 2 มกราคม 2563).
- [6] M.C. Lazze, M. Savio, R. Pizzala, O. Cazzalini, P. Perucca, A.I. Scovassi, L.A. Stivala and L. Bianchi, "Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines," *J. Carcinog.*, Vol. 25(8), 2004, pp.1427-1433.
- [7] อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [8] L.C. Choo and A.A.N. Aziz, "Effects of banana flour and B-glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles," *Food Chem.*, Vol.119, 2010, pp.34-40.
- [9] E. Aydin, and D. Gocmen, "Cooking quality and sensorial properties of noodle supplemented with oat flour," *Food Sci. Biotechnol.*, Vol.20(2), 2011, pp.507-511.
- [10] M. Li, K. Zhu, X. Guo and W. Peng, "Effect of water activity (Aw) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles," *Innov Food Sci Emerg Technol.*, Vol.12(4), 2011, pp.526-530.
- [11] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนูปนนต์. 2561. Noodle/บะหมี่. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1151/noodle%E0%B8%9A%E0%B8%B0%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B9%88> (วันที่ 10 กรกฎาคม 2560).

- [12] K. Limroongreungrat, "Potential uses of sweet potato in food industry," *Burapha Sci. J.*, Vol.9, 2004, pp.81-93.
- [13] ประยูร ญาสมุทร. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. สาขาวิชาโภชนศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 77 หน้า.
- [14] อภิญญา เจริญกุล. 2551. ธัญชาติและพืชหัว. การแปรรูปเบื้องต้น สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- [15] วิมล วรรณวาศ, ณัฏฐา คงโนนกอก และอนิชา สุขสมบูรณ์. 2556. ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ฉบับที่ 44(2)(พิเศษ): หน้า 421-424.
- [16] อนิชา สุขสมบูรณ์ และ ญาณิล ชัยณรงค์. 2556. การประยุกต์ใช้แป้งมันเทศสีม่วงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [17] พรทวิ ธนสัมพันธ์, จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา, สาวิตรี ประสงค์ชอบ และนิตยา งามเสงี่ยม. 2557. การทดแทนเนื้อตาลผลในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, ฉบับที่ 7(1): หน้า 105-123.
- [18] กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ. 2556. ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วเหลืองต่อคุณภาพของบะหมี่. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 44(2)(พิเศษ): หน้า 265-268.
- [19] S. Sirichokworrakit, J. Phetkhut, and A. Khommoon, "Effect of Partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of noodles," *Procedia Soc Behav Sci.*, Vol.197, 2015, pp.1006-1012.
- [20] N. Uthai and L. Chetyakamin, "Effect of partial substitution of wheat flour with tamarind seed flour on physical, chemical, antioxidant and sensory properties of noodles," *African J. Food, Agric. Nutr. Dev.*, Vol.20(4), 2020, pp.16063-16084.
- [21] AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 2000.
- [22] C.K. Chin, N. Huda and T.A. Yang, "Incorporation of surimi powder in wet yellow noodles and its effects on the physicochemical and sensory properties," *Int. Food Res. J.*, Vol.19(2), 2012, pp.701-707.
- [23] H.J. Chung, A. Cho and S.T. Lim, "Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle," *LWT- Food Sci and Technol.*, Vol.47(2), 2012, pp.342-347.

- [24] H.C. Wu, H.M. Chen, and C.Y. Shiau, "Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*)," *Int. Food Res. J.*, Vol.36, No.9 2003, pp.949-957.
- [25] G. Miliauskas, P.R. Venskutonis, and T.A. Van Beek, "Screening of radical scavenging activity of some medicinal plants and aromatic plant extract," *Food Chem.*, Vol.85, 2004, pp.231-237.
- [26] U.S. Food and Drug Administration (FDA), BAM: Yeasts, Molds and Mycotoxins, URL: <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/Laboratory/Methods/ucm071435.htm>, (November 3, 2015).
- [27] M.S. Darryl and E.C. Donald, "Method of analysis for nutriron labeling," 1993; 106.
- [28] J. Yang, and R.L. Gadi, "Effects of steaming and dehydration on anthocyanins, antioxidant activity, total phenols and color characteristics of purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*)," *Am. J. Food Technol.*, Vol.3(4), 2008, pp.224-234.
- [29] H.E. Xiu-li, L.I. Xue-li, L.V. Yuan-ping and H.E. Qiang, "Composition and color stability of anthocyanin-based extract from purple sweet potato," *Food Sci. Technol.*, Vol.35(3), 2015, pp.468-473.
- [30] H.E. Khoo, A. Azlan, S.T. Tang and S. Meng, "Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," *J. Food Nutr. Res.*, Vol.61, 2017, pp.1-21.
- [31] X. Sun, W. Li, Y. Hu, X. Zhou, M. Ji, D. Yu, K. Fujita, E. Tatsumi, and G. Luan, "Comparison of pregelatinization methods on physicochemical, functional and structural properties of tartary buckwheat flour and noodle quality," *J. Cereal Sci.*, Vol.80, 2018, pp. 63-71.
- [32] สุทธิณี สีสั่งข์, จารุวรรณ วิชัยพรหม และจันทร์เพ็ญ ขำมิน. 2563. การพัฒนาคุณภาพของบะหมี่ปลาที่สำเร็จรูปจากปลานิล. เอกสารวิชาการกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง, 4: หน้า 1-42.
- [33] M. Li, K. Zhu, X. Guo and W. Peng, "Effect of water activity (A_w) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles," *Innov Food Sci Emerg Technol*, Vol.12(4), 2011; pp.526-530.
- [34] A. Murdinah and T Wahyuni, "The nutritional quality and preference of wheat noodles incorporated with *Caulerpa* sp. Seaweed," *Int. Food Res. J.*, Vol.27(3), 2020, pp.445-453.

- [35] E. Maltini, D. Torreggiani, E. Venir and G. Bertolo, "Water activity and the preservation of plant foods," *Food Chem.*, Vol.82(1), 2003, pp.79-86.
- [36] G. Hou, "Oriental noodles," *Adv. Food Nutr.*, Vol. 43, 2001, pp141-193.
- [37] HJ, Chung, A. Cho and ST. Lim, "Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle," *LWT- Food Sci and Technol.*, Vol. 47(2), 2012, pp.342-347.
- [38] B.S. Yadav, R.B. Yadav, M. Kuamri and B.S. Khatkar, "Studies on suitability of wheat flour blends with sweet potato, colocasia and water chestnut flours for noodle making," *LWT- Food Sci and Technol.*, Vol.57(2), 2014, pp.352-358.
- [39] K.N. Sun, A.M. Liao, F. Zhang, K. Thakur, J.G. Zhang, J.F. Huang and Z.J. Wei, "Microstructural, textural, sensory properties and quality of wheat-yam composite flour noodles," *Foods.*, Vol.8(10), 2019, pp.519-532.
- [40] N. Aukkanit and S Sirichokworakit, "Effect of dried pumpkin powder on physical, chemical, and sensory properties of noodle," *Int. j. adv. eng. technol.*, Vol. 5(1), 2017, pp.14-18.
- [41] M.S. Izydorczyk, S.L. Lagasse, D.W. Hatcher, J.E. Dexter and B.G. Rossnagel, "The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley," *J. Sci. Food. Agr.*, Vol.85(12), 2005, pp.2094-2104.
- [42] นฤมล พงษ์รามัญ, สิรินันท์ พันภัย และกุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์. 2554. ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): หน้า 477-480.
- [43] Wang Y and SJ Kays, Contribution of volatile compounds to the characteristic aroma of baked 'jewel' sweet potatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Vol.125(5), 2000, 638-643.
- [44] S. Khumkhom, "Effect of partial replacement of wheat flour with purple sweet potato flour on physicochemical properties and antioxidant activities of steamed bun (Mantou)," *Bu Sci J.*, Vol.25(2), 2020; pp.664-679.
- [45] F. Zhu and J. Sun, "Physicochemical and sensory properties of steamed bread fortified with purple sweet potato flour," *Food Biosci.*, Vol.30(4), 2019, pp.1004-1011.
- [46] Aziz AA, Padzil AM and Il Muhamad Effect of incorporating purple-fleshed sweet potato in biscuit on antioxidant content, antioxidant capacity and colour characteristics. *Malaysian J. Anal. Sci.*, Vol.22(4), 2018; pp. 667-675.

- [47] School of public health, 2565, Preventing heart disease, Available Source: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/disease-prevention/cardiovascular-disease/preventing-cvd/> (March 14, 2018).
- [48] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2561. Food quality เข้าถึงได้จาก: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3022> (วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2565)
- [49] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. เข้าถึงได้จาก: <http://e-library.dmsc.moph.go.th/ebooks/files/micro-ISBN60.pdf> (วันที่ 31 มีนาคม 2565).





ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

ก 1 การวิเคราะห์ทางเคมี

ก 1.1 การสกัดตัวอย่างบะหมี่เพื่อวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

1. เมทานอล 95%

วิธีการ

1. นำตัวอย่างบะหมี่ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 72 ชั่วโมงเก็บในเดสซิเคเตอร์
2. นำตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วมาทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นเครื่องเทศ
3. ชั่งตัวอย่างละ 2 กรัม เพื่อทำการสกัด ด้วยสารเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กวนทิ้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. ปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
5. นำสารสกัดที่ได้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

ก 1.2 การตรวจสอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ดัดแปลงจาก Miliauskas และคณะ (2004)

สารเคมี

1. เตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu's phenol reagent เจือจางในน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:10
2. เตรียมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1 โมลาร์ในน้ำกลั่น
3. กรดแกลลิก ในเอทานอลความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ผสมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 500 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu's phenol reagent เจือจาง 5 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันดีแล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันดีแล้ววางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที
3. เตรียมแปลงค์โดยใช้น้ำกลั่นผสมกับสารละลายแทนตัวอย่าง
4. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (เตรียมจากสารละลายเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)
5. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตรและเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน

ก 1.3 การตรวจสอบ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงจาก Wu และคณะ (2003) สารเคมี

1. สารละลาย Acetate buffer ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.6
2. สารละลาย TPTZ (2,4,6-trityridyl-s-triazine) ในความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ Hydrochloric acid (HCl)
3. สารละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์
4. เตรียมสารละลาย FRAP โดยทำการผสม 2.5 มิลลิลิตรของสารละลาย Acetate buffer ที่ได้จาก (1) กับ 2.5 มิลลิลิตรของสารละลาย TPTZ ที่ได้จาก (2) และ 2.5 มิลลิลิตรของ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ที่ได้จาก (3) ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
5. 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) ในเมทานอลความเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์

วิธีการ

1. ผสมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.15 มิลลิลิตรกับสารละลาย FRAP 2.85 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันดีแล้ววางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที
3. เตรียมแบลนด์โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง
4. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย Trolox ที่ความเข้มข้น 0, 40, 50, 100, 150, 300, 500 ไมโครโมลาร์ (เตรียมจากสารละลายเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์โดยนำมาเจือจางด้วยเมทานอล)
5. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตรและเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน

ก 1.4 การตรวจสอบ 2,2-dephenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH)

ดัดแปลงจาก Wu และคณะ (2003)

สารเคมี

1. เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.15 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์
2. 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) ในเมทานอลความเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์

วิธีการ

1. ผสมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรกับสารละลาย DPPH 1.5 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันดีแล้ววางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
3. เตรียมแบล็คโดยใช้น้ำกลั่นผสมกับสารละลายแทนตัวอย่าง
4. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย Trolox ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 50, 70, 100 ไมโครโมลาร์ (เตรียมจากสารละลายเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์)
5. เซทค่า 0 โดยใช้เมทานอลผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1
6. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรและเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน

ก 1.5 การตรวจสอบ 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid radical scavenging activity (ABTS) ดัดแปลงจาก Wu และคณะ (2003)

สารเคมี

1. เตรียมสารละลาย 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid radical scavenging activity (ABTS) ความเข้มข้น 7.4 มิลลิโมลาร์ ในน้ำปราศจากไอออน
2. เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ไดซัลเฟต ($K_2O_8S_2$) ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ในน้ำปราศจากไอออน
3. ผสมสารละลาย ABTS reagent โดยผสมสารละลาย ABTS และ โพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ไดซัลเฟต ในอัตราส่วน 1:1
4. 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) ในเมทานอลความเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์

วิธีการ

1. เตรียมสารละลาย ABTS reagent โดยผสมสารละลาย ABTS reagent 1 มิลลิลิตร กับเมทานอล 50 มิลลิลิตร และปรับความเข้มข้นเมทานอลโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตรให้ได้ค่าการดูดกลืนอยู่ที่ 1.1 ± 0.02
2. ผสมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.15 มิลลิลิตรกับสารละลาย ABTS reagent 2.85 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันดีแล้ววางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. เตรียมแบลนด์โดยใช้น้ำกลั่นผสมกับสารละลายแทนตัวอย่าง
5. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย Trolox ที่ความเข้มข้น 0, 40, 50, 100, 150, 300, 500 ไมโครโมลาร์ (เตรียมจากสารละลายเข้มข้น 1000 ไมโครโมลาร์)
6. เซทค่า 0 โดยใช้เมทานอล
7. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตรและเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน

ก 1.6 การตรวจสอบ Anthocyanin ดัดแปลงจาก Lee และคณะ (2005)

สารเคมี

1. เตรียมสารละลาย potassium chloride 0.025 โมลาร์ pH 1.0 โดยชั่ง KCl 0.466 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 240 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จนได้ pH 1.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. เตรียมสารละลาย sodium acetate 0.4 โมลาร์ pH 4.5 โดยชั่ง sodium acetate 13.608 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 240 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จนได้ pH 4.5 แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
3. ตัวอย่างบะหมี่ถูกสกัดในเมทานอลที่เติมกรด (กรดซิตริก 1 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นเจือจาง 1:2 ด้วยบัฟเฟอร์ 2 ชนิด

วิธีการ

1. เตรียมบัฟเฟอร์ pH 1.0 (potassium chloride 0.025 โมลาร์) และ pH 4.5 (sodium acetate 0.4 โมลาร์)
2. เตรียมสารละลายตัวอย่างที่จะทดสอบ 1 ส่วนใน 2 ส่วนโดยปริมาตรของสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิดในข้อ 1.
3. นำสารละลายที่เตรียมไว้ไปเขย่า และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร (A_{520}) และ 700 นาโนเมตร (A_{700}) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ภายใน 20-50 นาที
4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินรวม (Total anthocyanin contents: TA) โดยแสดงข้อมูลปริมาณแอนโทไซยานินรวมในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของ cyanidin-3-glucoside (cyanidin-3-glucoside equivalent:CGE) ต่อตัวอย่าง 100 กรัม (mg CGE/100g) ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Anthocyanin (mg/L)} = (A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 10^3) / (\epsilon \times l) \quad (3)$$

$$A = A_{520} - A_{700} \text{ pH } 1.0 - (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 4.5$$

$$\text{MW} = (\text{molecular weight}) = 449.2 \text{ g/mol for Cyd-3-Glu}$$

$$\text{DF} = \text{dilution factor}$$

$$\epsilon = 26,900 \text{ molar extinction coefficient, in } l \times \text{mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}, \text{ for Cyd-3-Glu}$$

$$10^3 = \text{factor for conversion from g to mg}$$

$$l = \text{path length of cuvette in cm}$$

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพ

ข 1 การวิเคราะห์ค่าสี



ภาพที่ ข1 เครื่องวัดสี (Chromameter Minolta CR-400, ประเทศญี่ปุ่น)

เป็นการตรวจสอบค่าสว่างของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี โดยวัดค่าสีในระบบ CIE โดยค่า

L^* คือ ความสว่างของสี (lightness) โดยมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a^* คือ ค่าสีแดงเขียว (redness) โดย $-a^*$ มีสีเขียวไปจนถึง $+a^*$ มีสีแดง

b^* คือ ค่าสีเหลืองน้ำเงิน (yellowness) โดย $-b^*$ มีสีน้ำเงินไปจนถึง $+b^*$ มีสีเหลือง

โดยก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับค่ามาตรฐานสีของเครื่อง (calibration) โดยการวางหัววัดทับบนผิวหน้าของแผ่นสีขาวมาตรฐาน กดปุ่ม calibrate เครื่องวัดสีจะทำการวัดและบันทึกค่าสีขาวของแผ่นสีขาวมาตรฐานไว้

วิธีการตรวจสอบ

นำตัวอย่างบะหมี่ที่ต้องการวัดมาทำการสุ่มจุดวัดจำนวน 3 จุดจากบะหมี่ 100 กรัม ในแต่ละครั้ง และบันทึกค่าสี

ข 2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส



ภาพที่ ข2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ)

ทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสบะหมี่ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยวิธีการวัดแรงดึง (Tensile Test) โดยใช้หัววัด A/SPR Spaghetti/Noodle Tensile Grips Rig โดยตั้งค่า Mode: Measure Force in Tension, Option: Return to start, Pre-test speed: 3.0 mm/s, Test speed: 3.0 mm/s, Post-test speed: 5.0 mm/s, Distance: 100 mm, Trigger Force: 5g และ Calibration หัววัด Distance: 30 mm โดยใช้เส้นบะหมี่ขนาดยาว 10 เซนติเมตรในการวัด

ข 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างบะหมี่แต่ละการทดลอง มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน เป็นบุคคลทั่วไป โดยใช้คะแนนความชอบโดยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยปัจจัยที่ทำการทดสอบ ประกอบด้วย ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียวยืดหยุ่น ความเรียบเนียนของผิวเส้น และความชอบโดยรวม ตัวอย่างแบบสอบถามดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ ข3

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

รายงานการประเมินความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale

ผลิตภัณฑ์: บะหมี่

คำอธิบาย: ผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งสาลี/ผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงบางส่วน

คำชี้แจง: กรุณาประเมินความชอบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามลำดับตัวอย่างที่น่าเสนอทีละตัวอย่าง พร้อมทั้งให้ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะตามความรู้สึกของท่าน และกรุณابันทึกก่อนการทดสอบตัวอย่างถัดไป โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = เฉยๆ

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง					
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
ความเหนียวยืดหยุ่น					
ความเรียบเนียนของผิวเส้น					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาพที่ ข3 ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศรา อุทัย
- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Narissara Uthai
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
149 ถนนเจริญกรุง เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 085-56789566 e-mail : narissara.u@mail.rmutk.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
 - ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - ปริญญาเอก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

