โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ แป้งมันเทศสีม่วง : สมบัติทางกายภาพและเคมีและการใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

ชื่อนิสิต นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์

นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

แป้งมันเทศสีม่วง : สมบัติทางกายภาพและเคมีและการใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

โดย
นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์
นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประจำปีการศึกษา 2561

Purple Sweet Potato Flour: Physical and Chemical Properties and Its Use as Glutinous Rice Flour Substitution in Sweet Rice Dumplings

Thunyatorn Siripolphaibool
Nutnaree Chatchawanwirote

Project Advisor
Assoc. Prof. Jirarat Anuntagool, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้องานวิจัย	แป้งมันเทศสีม่วง : สมบัติทางกายภาพและเคมีและการใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย
โดย	นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์ นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล
ปีการศึกษา	2561

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2561

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย แป้งมันเทศสีม่วง : สมบัติทางกายภาพและเคมีและการใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

โดย นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์
นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมันเทศสีม่วงและการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียวในผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอย โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแป้ง ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก (อุบลราชธานี ประจวบคีรีขันธ์) และการปอกเปลือก จากการศึกษา พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีและประจวบคีรีขันธ์ให้ผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 18.85-27.14 และ 20.66-23.46 ตามลำดับ โดยแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณ ไขมัน เถ้า เส้นใย สูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนพื้นที่เพาะปลูกไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติของแป้ง สำหรับปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และแป้งมันเทศที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และการปอกเปลือกอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันทั้งแบบปอกเปลือกไม่ปอกเปลือกมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเริ่มพองตัวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนมีค่าการพองตัวสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 75 องศาเซลเซียส และค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับการพองตัว จากการทดสอบความหนืดพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือกมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 654 cP จึงได้เลือกแป้งชนิดนี้มาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 36 คน โดยมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมบัวลอยที่มีการแปรระดับแป้งมันเทศสีม่วงเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้งข้าวเหนียว พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่มีการทดแทนในปริมาณร้อยละ 10 ($p<0.05$) จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

Project Title	Purple Sweet Potato Flour: Physical and Chemical Properties and Its Use as Glutinous Rice Flour Substitution in Sweet Rice Dumplings
Student	Thunyatorn Siripolphaibool Nutnaree Chatchawanwirote
Study Program	Bachelor of Science in Food Technology
Advisor	Project Advisor Assoc. Prof Jirarat Anuntagool, Ph.D.
Academic	2018

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the physicochemical and chemical properties of purple sweet potato flour and it's used as glutinous rice flour substitution in sweet rice dumplings. Two cultivated area (Ubon Ratchathani and Prachuap Khirikhan) and peeling were studied. The yield of purple sweet potato flour from Ubon Ratchathani and Prachuap Khirikhan were 18.85-27.14% and 20.66-23.46%, respectively. Unpeeled purple sweet potato flour had significantly higher crude fat, ash and crude fiber content ($p<0.05$) than peeled purple sweet potato flour but the proximate composition of the flour produced from sweet potatoes cultivated in different area were not significantly different. The anthocyanin content of unpeeled purple sweet potato flour was significantly ($p<0.05$) higher than peeled purple sweet potato flour and that of purple sweet potato flour from Prachuap Khirikhan was significantly ($p<0.05$) higher than that of Ubon Ratchathani. The protein and carbohydrate content did not clearly tend to change according to area and peeling. Moreover, swelling power of unpeeled and peeled purple sweet potato flour from different cultivated area initiated at 65 °C and had the greatest swelling power at around 75 ° C. The swelling power and solubility increased when the temperature was increased. The peak viscosity of peeled purple sweet potato flour from Prachuap Khirikhan was the highest (654 cP). Thus, peeled purple sweet potato flour from Prachuap Khirikhan were selected to use as glutinous rice flour substitution in sweet rice dumplings with different substitution levels (0, 10, 20 and 30%) for the sensory evaluation on color, flavour, texture and overall acceptance by 36 panelists. The results showed that sweet rice dumplings made from glutinous rice flour with 10% purple sweet potato flour substitution presented the highest score of overall acceptance. These results showed the possibility of purple sweet potato flour utilization as glutinous rice flour replacement for increasing antioxidant activity in sweet rice dumplings.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนตามหลักสูตรในระดับปริญญาตรีของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับเงินอุดหนุนจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2561 โดยมี รศ.ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะผู้วิจัยสามารถดำเนินโครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จิรารัตน์ อนันตกูล เป็นอย่างสูงที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด และคำติชมต่างๆ ในระหว่างการดำเนินการวิจัย รวมทั้งการแก้ไขตรวจทานรายงานวิจัยเล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้คำปรึกษา แนะนำในทุกๆด้านที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ เจ้าของตำราทุกเล่มที่ผู้ทำการวิจัยนำมาอ้างอิงประกอบในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการศึกษาและพัฒนาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมันเทศสีม่วง และงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องต่อไป

ด้วยความเคารพอย่างสูง

นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์

นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์

สารบัญ

	หน้า
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มันเทศ	3
2.2 แอนโทไซยานิน	5
2.3 กระบวนการแปรรูปแป้งมันเทศสีม่วง	8
2.4 สมบัติของแป้ง	8
2.4.1 องค์ประกอบทางเคมี	8
2.4.2 สมบัติทางกายภาพ	9
2.5 บัวลอย	10

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 11
3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ 11
3.2 การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง 11
3.3 การิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง 12
3.4 การิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง 12
3.5 การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศในขนมบัวลอย 13
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 15
4.1 ผลการผลิตแป้งมันเทศสีม่วง 15
4.2 สมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง 16
4.2.1 องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย 16
หยาบ และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด)
4.2.2 ปริมาณแอนโทไซยานิน 22
4.3 สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง 23
4.3.1 รูปร่างลักษณะของเม็ดแป้ง 23
4.3.2 ความหนืด 25
4.3.3 การพองตัวและการละลาย 25
4.4 การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในขนมบัวลอย 33
4.4.1 เนื้อสัมผัสของขนมบัวลอย 33
4.4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อแสนอแนะ 35
เอกสารอ้างอิง 37

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของมันเทศน้ำหนัก 100 กรัม	4
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ	8
3.1	สูตรขนมบัวลอยที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียว	13
4.1	ปริมาณผลผลิตแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกจากแต่ละขั้นตอนแปรรูป	15
4.2	ปริมาณความชื้นของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%wb)	16
4.3	ปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)	17
4.4	ปริมาณไขมันของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)	18
4.5	ปริมาณเถ้าของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)	19
4.6	ปริมาณเส้นใยหยาบของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)	20
4.7	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)	21
4.8	ปริมาณแอนโทไซยานินของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (mg/100g db)	22
4.9	การเปลี่ยนแปลงความหนืดน้ำแป้งที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก	25
4.10	การพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก	31
4.11	การละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก	32
4.12	ลักษณะเนื้อสัมผัสขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียว	33
4.13	ผลการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วน	34

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ภาพมันเทศสีม่วง	3
1.2	โมเลกุลของแอนโทไซยานิน	6
1.3	ภาพที่ 3 การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินในสภาวะ pH ต่างๆ	7
1.4	การพองตัวของเม็ดแป้ง	9
1.5	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน	10
3.1	แผนภาพแสดงการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วงทั้งแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก	11
4.1	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งอุบลราชธานีปอกเปลือก 1	23
4.2	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งอุบลราชธานีปอกเปลือก 2	23
4.3	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งอุบลราชธานีไม่ปอกเปลือก 1	23
4.4	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งอุบลราชธานีไม่ปอกเปลือก 2	23
4.5	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งประจวบคีรีขันธ์ปอกเปลือก 1	24
4.6	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งประจวบคีรีขันธ์ปอกเปลือก 2	24
4.7	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งประจวบคีรีขันธ์ไม่ปอกเปลือก 1	24
4.8	รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้งประจวบคีรีขันธ์ไม่ปอกเปลือก 2	24
4.9	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบปอกเปลือก 1	26
4.10	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบไม่ปอกเปลือก 1	26
4.11	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบปอกเปลือก 2	27
4.12	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบไม่ปอกเปลือก 2	27
4.13	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือก 1	28
4.14	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบไม่ปอกเปลือก 1	28
4.15	กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือก 2	29

4.16 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบไม่ปอกเปลือก 2 29
4.17 ลักษณะของเม็ดบัวลอยที่แปลงปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณที่แตกต่างกัน 33
4.18 ลักษณะของเม็ดแป้งบัวลอยที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส 34

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มันเทศ (Sweet Potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae เป็นพืชที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตของหัวค่อนข้างสูง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ ,2546) มันเทศแต่จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามพันธุ์และพื้นที่เพาะปลูก โดยมันเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์สีม่วง สีเหลือง สีขาว และ สีส้ม

มันเทศสีม่วงเป็นพืชหัวที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลากหลายชนิด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงอยู่ที่ร้อยละ 80-85 โปรตีนร้อยละ 1.0-2.5 อีกทั้งยังเป็นแหล่งของวิตามิน (B1, B2, C และ E) แร่ธาตุ (แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และ สังกะสี) และใยอาหาร โดยมันเทศสีม่วงมีสารสีที่อยู่ในรูปแอนโทไซยานินซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามันเทศสีขาว สีเหลือง และ สีส้ม (Elyana, Silke, & Peter, 2011; Soyoung, 2012) สำหรับสารแอนโทไซยานิน เป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง อีกทั้งมีส่วนช่วยในการชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ เส้นเลือดอุดตัน และช่วยชะลอความเสื่อมของดวงตา (กรรณิการ์ กุลยะณี, 2557)

นอกจากนี้มันเทศสีม่วงยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษา หรือผลิตแป้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อนำมาทดแทนแป้งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และอาหารชนิดต่างๆ เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือโรคอ้วน และผู้ที่แพ้สารกลูเตน (กรรณิการ์ กุลยะณี, 2557)

ขนมบัวลอย จัดเป็นขนมไทยที่ใช้ แป้ง น้ำตาล มะพร้าว เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งในปัจจุบันคนไทยเริ่มให้ความสนใจกับการรับประทานขนมไทยน้อยลง เนื่องจากหันมาสนใจสุขภาพมากขึ้น ทางผู้ทดลองจึงมีความสนใจที่จะนำแป้งมันเทศสีม่วงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ มาทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอยเพื่อให้ได้บัวลอยที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมันเทศสีม่วงที่ผลิตจากมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่ 2 จังหวัดในประเทศไทย โดยปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก
2. เพื่อศึกษาการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งที่ผลิตจากมันเทศสีม่วงจากพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์โดยปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก
2. หาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการทำขนมบัวลอย โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณร้อยละ 0, 10, 20 และ 30

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันและผลิตโดยปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก
2. ได้ทราบปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย
3. ได้ขนมบัวลอยสูตรใหม่ที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค

บทที่ 2
วาสารปริทัศน์

2.1 มันเทศ

มันเทศ (Sweet Potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae เป็นพืชที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตของหัวค่อนข้างสูง โดยมันเทศมีลำต้นเป็นเถาหรือเป็นพุ่มตั้งตรงเกิดจากการขยายตัวของรากซึ่งเนื้อเยื่อภายในราก ที่เรียกว่า Parenchyma เป็นส่วนที่สะสมแป้ง รากที่ขยายตัวเป็นหัวขึ้นมาอาจเกิดจากรากของลำต้นที่ใช้ปลูกหรือจากรากที่เกิดจากข้อของลำต้นที่เลื้อยไปตามดินก็ได้ ลักษณะหัวมีรูปร่างทรงกระบอกด้านหัวท้ายเรียว และตรงกลางป่องออก มันเทศในแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันไปตามสีผิวของหัวและเนื้อ (นรินทร์ พูลเพิ่ม ,2541) ซึ่งพันธุ์มันเทศที่นิยมในประเทศไทย คือพันธุ์เนื้อสีม่วง เหลือง ส้ม และขาว (กรรณิการ์ กุลยะณี, 2557)

รูปที่ 2.1 ภาพมันเทศสีม่วง
แหล่งที่มา: MGR Online (2560)

มันเทศสีม่วง (Purple Sweet Potato) จัดเป็นพืชกินหัว มีลำต้นเป็นเถาหรือเป็นพุ่มตั้งตรง ถิ่นกำเนิดของมันเทศสีม่วงอยู่ในเขตร้อนแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ส่วนมันเทศสีม่วงในไทยมีแหล่งเพาะปลูกอยู่ทั่วทุกภาค โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมันเทศสำคัญแบ่งตามภูมิภาคได้ ดังนี้

- ภาคเหนือ: เชียงใหม่ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ และสุโขทัย
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: เลย สุรินทร์ และบุรีรัมย์
- ภาคกลาง: อยุธยา สุพรรณบุรี และปทุมธานี
- ภาคใต้: นครศรีธรรมราช ชุมพร และปัตตานี

2.1.1 สารอาหารและสารพฤกษเคมีในมันเทศสีม่วง

มันเทศสีม่วงเป็นพืชหัวที่อุดมไปด้วยสารอาหารและพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลากหลายชนิด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 17.57 กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมมันเทศสด และโปรตีน 2.03 กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมมันเทศสด รวมถึงกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิด อีกทั้งยังเป็นแหล่งของวิตามิน (B1, B2, C และ E) แร่ธาตุ (แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และซิงค์) และ ใยอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมันเทศสีม่วงมีสารสีที่อยู่ในรูปแอนโทไซยานินในปริมาณสูง เมื่อเทียบกับมันเทศสีขาว สีเหลือง และสีส้ม (Elyana, Silke, & Peter, 2011; Soyoung, 2012)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมันเทศน้ำหนัก 100 กรัม

Nutrient	Unit	Value per 100 g
Energy	kcal	74
Protein	g	2.03
Total lipid (fat)	g	0.00
Carbohydrate	g	17.57
Fiber, Total dietary	g	1.4
Sugars, Total	g	0.68
Calcium	mg	14
Iron	mg	0.73
Magnesium	mg	16
Phosphorus	mg	41
Potassium	mg	419
Zinc	mg	0.20
Copper	mg	0.054
Vitamin C, Total ascorbic acid	mg	18.2
Niacin	mg	1.081
Vitamin B-6	mg	0.135
Fatty acids, Total saturated	g	0.000
Fatty acids, Total trans	g	0.000
Cholesterol	mg	0

แหล่งที่มา: USDA Branded Food Products Database (2018)

2.1.2 ประโยชน์ของมันเทศสีม่วง (Honestdocs, 2019)

1. ชะลอความเสื่อมของเซลล์: มันม่วงมีสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “แอนโทไซยานิน” โดยสารตัวนี้จะช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ได้ดี ทำให้เซลล์ต่างๆ ในร่างกายไม่เสื่อมสภาพไปตามวัย และส่งผลให้สุขภาพแข็งแรงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเสื่อมของเซลล์ผิวได้อย่างดีเยี่ยม ทำให้ผิวดูกระชับ เต่งตึงอยู่เสมอ

2. ลดความเสี่ยงโรคหัวใจ: เนื่องจากมันม่วงมีส่วนช่วยในการสลายไขมันในเส้นเลือด และกระตุ้นให้ระบบหมุนเวียนเลือดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะภาวะเส้นเลือดหัวใจอุดตันที่เป็นสาเหตุให้เกิดความผิดปกติกับหัวใจนั่นเอง หรือในคนที่ป่วยด้วยโรคหัวใจ การกินมันม่วงก็จะช่วยบรรเทาอาการและช่วยให้หายเร็วขึ้นได้เหมือนกัน

3. บำรุงและชะลอการเสื่อมของดวงตา: มันม่วงอุดมไปด้วยสารอาหารและวิตามินที่มีส่วนช่วยในการบำรุงดวงตาได้ดี ซึ่งก็เหมาะกับคนที่มักจะต้องใช้สายตาบ่อยๆ โดยเฉพาะคนที่ต้องทำงานหน้าคอม เนื่องจากดวงตามักจะถูกแสงจากหน้าจอทำร้าย ทำให้เสื่อมสภาพเร็วและอาจเจอกับปัญหาดวงตาตามมามากมาย นอกจากนี้ก็เหมาะสำหรับวัยสูงอายุอีกด้วย เพราะมันม่วงจะช่วยชะลอการเสื่อมของดวงตาได้อย่างดีเยี่ยม การกินมันม่วงเป็นประจำ จึงทำให้มีสุขภาพตาที่ดีมากกว่าผู้ที่ไม่ได้กิน

4.ป้องกันโรคท้องร่วง: ในมันม่วงมีสารชนิดหนึ่งที่จะช่วยยับยั้งเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) หรือ อี. โคไล ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง จึงป้องกันการเกิดโรคท้องร่วงได้ดี แถมยังช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นอีก

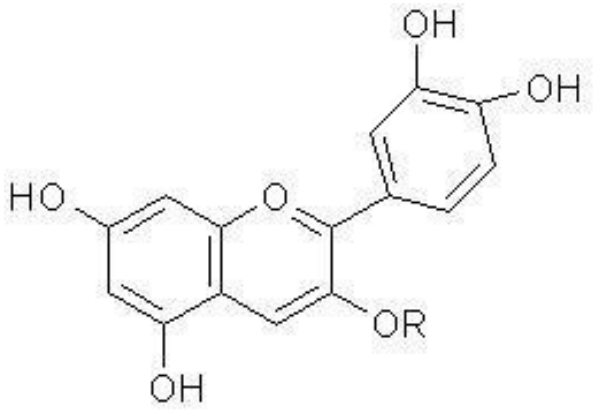
5.เหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน: เนื่องจากผู้ป่วยเบาหวานส่วนใหญ่ แพทย์จะกำหนดไม่ให้กินของหวาน น้ำตาล ไขมันและคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป แต่ก็มักจะหลีกเลี่ยงข้าวที่จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตไม่ได้ โดยล่าสุดก็ได้มีการพบว่ามันม่วงเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง สามารถกินแทนข้าวในผู้ป่วยเบาหวานได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออาการป่วย มันม่วงจึงเหมาะกับผู้ที่เป็นเบาหวาน

2.2 แอนโทไซยานิน

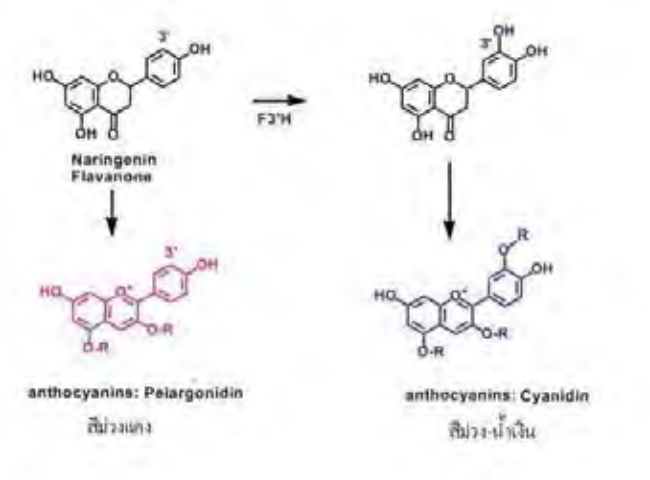
แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในอาหาร โดยแอนโทไซยานินมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด สำหรับ 6 ชนิดที่พบบ่อย ได้แก่ เพลาโกนิดิน (pelargonidin), ไซยานิดิน (cyanidin), เดลฟินิดิน (delphinidin), พีโอนิดิน (peonidin), เพทูนิดิน (petunidin) และ มาลวิดิน (malvidin) (นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์, 2556) สารสกัดแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป.)

2.2.1 โมเลกุลของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สีของแอนโทไซยานินมีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้ม ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่า pH ต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลางหรือมีค่า pH ประมาณ 7-8 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่า pH มากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (นิธิยา รัตนาปนนท์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.2 โมเลกุลของแอนโทไซยานิน
แหล่งที่มา: นิธิยา รัตนาปนนท์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินในสภาวะ pH ต่างๆ
แหล่งที่มา: นิธิยา รัตนาปนนท์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (ม.ป.ป.)

2.2.2 ประโยชน์ของสารแอนโทไซยานิน

สารแอนโทไซยานินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซีและวิตามินอีถึงสองเท่า จึงสามารถช่วยลดโอกาสของการเป็นมะเร็ง ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด (นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์, 2557) ช่วยเสริมให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันได้ดีขึ้น และสามารถกระตุ้นสารพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม และสะสมปริมาณเม็ดสีในร่างกายให้สูงขึ้นด้วย อีกทั้งส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดงได้อีกด้วย จึงมีบางสถาบันพยายามที่จะพัฒนาการนำสารตัวนี้มาใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจให้มากขึ้น (กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2537)

2.2.3 แหล่งที่มาของสารแอนโทไซยานิน

ปกติสารแอนโทไซยานินจะพบได้ทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิดแต่จะมีน้อยมากในพืชที่มีแต่สีเขียวเป็นหลัก จากการศึกษาของกรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2537) พบว่าในผลไม้ที่มีสีเข้มจัด หรือดอกไม้สีจัดๆ จะมีสารแอนโทไซยานินอยู่สูงกว่า และจะสูงขึ้นเรื่อยๆตามระดับความเข้มของสีในผลไม้ เช่น ลูกหม่อน(Mulberry) blueberry cranberry cherry และ raspberry เป็นต้น ส่วนในดอกไม้ เช่น ดอก pansy, dandelion และ อัญชัน เป็นต้น หรือในพืชใบ เช่น red cabbage และ red radish เป็นต้น แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุ ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน พบในผัก ผลไม้ดอกไม้ เช่น ลูกหม่อน องุ่น สตอเบอรี่ กระเจี๊ยบแดง ดอกอัญชัญ ทับทิม หัวผักกาด มันเทศสีม่วง และกะหล่ำปลีสีม่วง

2.3 กระบวนการแปรรูปของแป้งมันเทศสีม่วง

จากการศึกษางานวิจัย พบว่า สามารถแปรรูปมันเทศสีม่วงเป็นแป้งได้ โดย ณัฏฐา สถิรรัตน์ จิณห์วรา เจริญพันธ์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์ (2555) ระบุว่าสามารถแปรรูปแป้งมันเทศสีม่วงได้โดยล้างทำความสะอาดมันเทศสีม่วง จากนั้นปอกเปลือกมันเทศสีม่วง และสไลซ์เป็นแผ่นบาง หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 mesh (ณัฏฐา สถิรรัตน์ จิณห์วรา เจริญพันธ์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์, 2555)

2.4 สมบัติของแป้ง

สมบัติสำคัญของแป้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สมบัติทางเคมี เช่น องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ เช่น ลักษณะรูปร่างและขนาดของเม็ดแป้ง อุณหภูมิแป้งสุก การละลาย การพองตัว และความหนืดเป็นต้น ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกันไป จึงทำให้แป้งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานต่างกัน

2.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง

สำหรับแป้งมันเทศสีม่วงประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 8.06-12.86 โปรตีนร้อยละ 0.55-5.87 ไขมันร้อยละ 0.04-1.45 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.08-5.54 เถ้า 0.15-2.09 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละร้อยละ 74.55-90.92 (Folake, Michael and Keith, 2016)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ

	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Crude Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)
Minimum	8.06	0.55	0.04	0.08	0.15	74.55
Maximum	12.86	5.87	1.45	5.54	2.09	90.92
Mean	10.79	2.42	0.49	1.70	1.51	83.13
SD	1.13	1.28	0.42	1.43	0.61	2.85
CV (%)	10.44	52.66	86.96	84.17	40.51	3.43

แหล่งที่มา: Folake, Michael and Keith (2016)

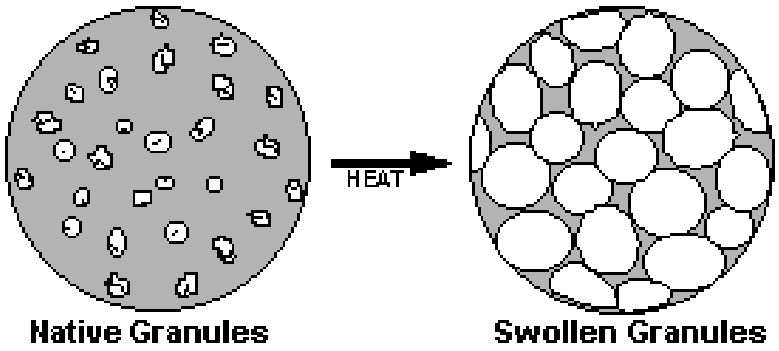
2.4.2 สมบัติทางกายภาพของแป้ง

1. รูปร่าง

แป้งที่พบในธรรมชาติจะพบอยู่ในรูปเม็ดแป้งขนาด 1-100 ไมครอน เมื่อตรวจดูลักษณะของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน (Scanning Electron Microscope; SEM) พบว่าเม็ดแป้งจะมีขนาด รูปร่าง และลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งนั้น (ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล, ม.ป.ป.)

2. การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

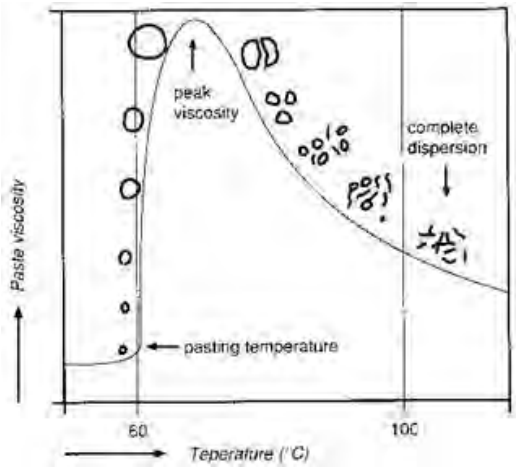
แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 °C ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น (รูปที่ 1.4) โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น (ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล, ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง
แหล่งที่มา: ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล (ม.ป.ป.)

3. ความหนืด (Viscosity)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น (รูปที่ 1.5) พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็วทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นและมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้งและหรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้งและการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง (ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล, ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน
แหล่งที่มา: ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล (ม.ป.ป.)

2.5 บัวลอย

ขนมบัวลอยเป็นขนมที่คนนิยมรับประทานมาตั้งแต่อดีตจนมาถึงปัจจุบัน มีสีสันหน้าตาน่ารับประทานและยังมีประโยชน์อีกด้วย บัวลอยคือขนมที่ทำมาจากแป้งโดยมีน้ำตาลและกะทิเป็นส่วนผสม เป็นขนมไทยแบบดั้งเดิมตามประเพณีบัวลอยเป็นขนมที่จัดทำขึ้นตามงานบุญต่างๆ มีการผสมผสานของวัตถุการทำที่กลมกลืน พิถีพิถันในเรื่องรสชาติ สีสัน ความสวยงาม กลิ่นหอม และรูปลักษณะชวนรับประทาน (ประวัติขนมบัวลอย, 2559)

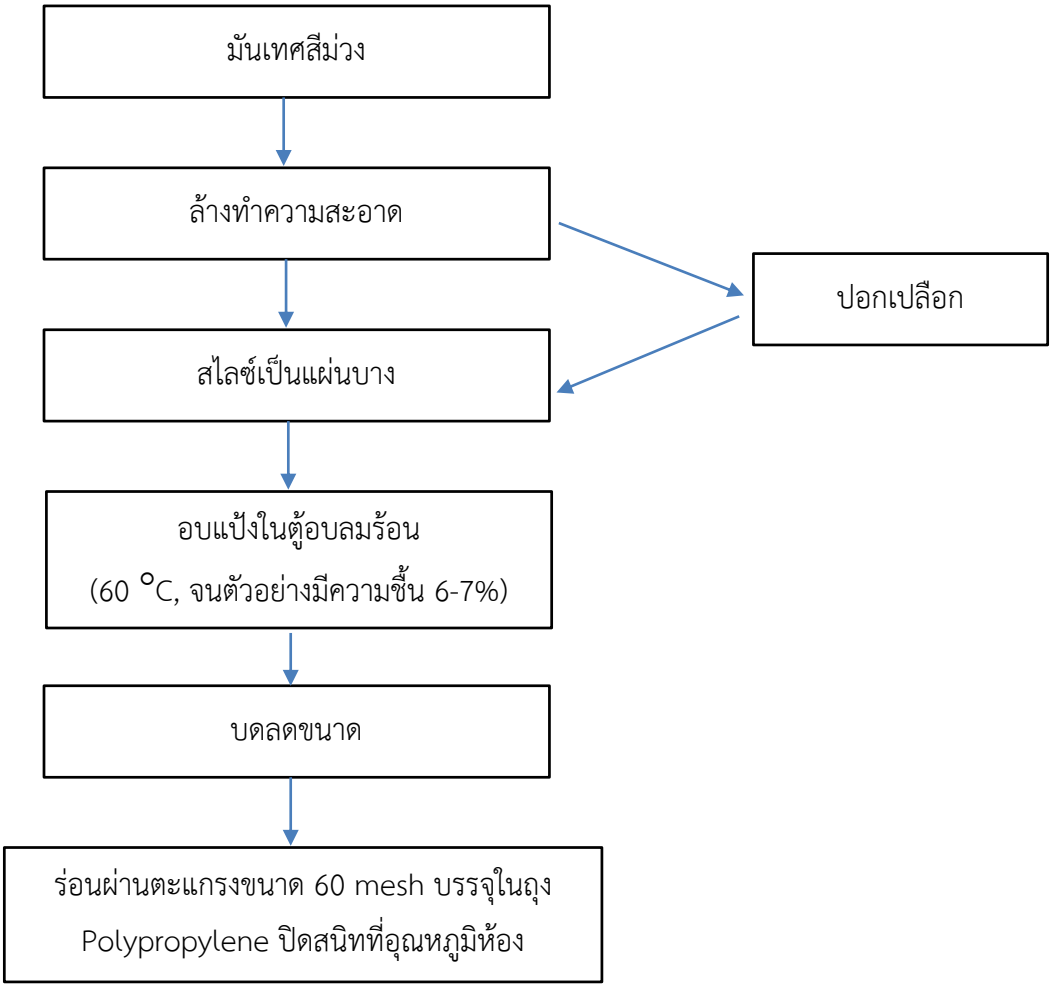
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์

วัตถุดิบ มันเทศสีม่วงที่เพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี และประจวบคีรีขันธ์ เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนธันวาคม

3.2 การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

ล้างทำความสะอาดมันเทศสีม่วง จากนั้นปอกเปลือกมันเทศสีม่วง และสไลซ์เป็นแผ่นบางมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 60 mesh สำหรับการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือก ทำตามขั้นตอนข้างต้นที่กล่าวมา ยกเว้นขั้นตอนการปอกเปลือก



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วงทั้งแบบปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือก

3.2.1 คำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้

นำปริมาณของแป้งที่ได้ในแต่ละปัจจัยมาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) โดยคำนวณจาก

ปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) = $\frac{\text{น้ำหนักแป้งที่ได้}}{\text{น้ำหนักมันเทศเริ่มต้น}}$ x 100

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง

3.3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้ Infrared moisture analyzer (Moisture Analyz

3.3.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl ตามวิธีของ AOAC (2000) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ก1

3.3.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction ตามวิธีของ AOAC (2000)) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ก2

3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC (2000)) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ก3

3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ ตามวิธี AOAC (2000)) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ก

3.3.6 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH-differential method ตามวิธีการของ Lee et al. (2005) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ก5

3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

3.3.1 ศึกษารูปร่างของเม็ดแป้ง โดยใช้กล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) กำลังขยาย 600

3.3.2 ศึกษาการพองตัวและการละลายตามวิธีการของ Coke (1999) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ข2

3.3.3 ศึกษาความหนืดของน้ำแป้งในระหว่างการทำให้ร้อน จนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลงโดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) แสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ข1

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.3.1 สมบัติทางเคมี ทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง
วางแผนการทดลองแบบ 2×4 Factorial in CRD โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.3.2 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอย จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน
วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely blocks design (RCBD)

3.3.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย
วิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

3.6 การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในขนมบัวลอย

3.6.1 สูตรมาตรฐานขนมบัวลอย

ส่วนผสมบัวลอย

- แป้งข้าวเหนียว 130 กรัม
- แป้งข้าวเจ้า 10 กรัม
- น้ำดื่ม 120 มิลลิลิตร

ส่วนผสมน้ำกะทิ

- กะทิ 1000 มิลลิลิตร
- น้ำตาลปี๊บ 100 กรัม
- เกลือป่น 1/4 ช้อนโต๊ะ

ตารางที่ 3.1 สูตรขนมบัวลอยที่มีการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียว

ร้อยละแป้งมันเทศสีม่วง	แป้งข้าเหนียว (g)	แป้งมันเทศสีม่วง (g)
0	130	0
10	117	13
20	104	26
30	91	39

3.6.2 วิธีการทำขนมบัวลอย

1. ผสมแป้งข้าวเหนียว, แป้งข้าวเจ้า และน้ำเปล่าเข้าด้วยกัน นวดจนส่วนผสมทุกอย่างเข้ากันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นจึงนำมาปั้นเป็นลูกกลมๆ ระหว่างปั้นนั้น ควรโรยด้วยเศษแป้งข้าวเหนียวเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้ลูกบัวลอยติดกัน
2. ต้มน้ำในหม้อขนาดกลาง รอจนเดือดจึงใส่ลูกบัวลอยที่ปั้นไว้แล้ว เมื่อบัวลอยสุกให้นำออกมาแช่ในน้ำเย็น (บัวลอยที่สุกแล้วจะลอยขึ้น)
3. ทำน้ำกะทิโดยผสม กะทิ, น้ำตาลมะพร้าว, น้ำตาลทรายและเกลือป่นลงไป ควรใส่น้ำตาลทรายแค่ครึ่งเดียวก่อน ถ้ายังหวานไม่พอจึงค่อยใส่เพิ่มลงไป ต้มจนเดือด จึงหรี่ไฟลง นำบัวลอยที่ต้มไว้แล้วใส่ลงไปในน้ำกะทิ ต้มต่ออีกสักพักจึงปิดไฟ ถ้ามีมะพร้าวอ่อนก็ใส่ได้เลย พร้อมลูกบัวลอย (กรณีต้องการทำบัวลอยไข่หวาน ก็ตอกไข่ใส่ไปในหม้อหลังจากที่ใส่บัวลอยลงไป รอจนไข่สุกจึงปิดไฟ)

3.6.3 การศึกษาสมบัติของบัวลอย

3.6.3.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมบัวลอย ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) แสดงวิธีในภาคผนวก ข3

3.6.3.2 การทดสอบทางประสามสัมผัส แสดงแบบทดสอบในภาคผนวก ค

บทที่4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการผลิตแป้งมันเทศสีม่วง

ผลการทำแป้งมันเทศสีม่วงโดยใช้หัวมันเทศดิบ จากพื้นที่อุบลราชธานีและประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก โดยการใช้มันเทศตัวอย่างละ 10 กิโลกรัม นำมาผ่านการสไลซ์ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 24 ชั่วโมง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (รูเปิด 250 ไมครอน) ซึ่งร้อยละผลผลิตในแต่ละขั้นตอนที่ได้แสดงในตามตาราง 4.1 โดยแป้งที่ได้จากมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณผลผลิตในช่วง 18-27% ซึ่งมีค่าสูงกว่าร้อยละผลผลิตแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกซึ่งมีค่าในช่วง 18-20% ในส่วนของพื้นที่เพาะปลูกไม่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตของแป้งมันเทศสีม่วง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณผลผลิตแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกจากแต่ละขั้นตอนแปรรูป

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	เริ่มต้น	ตัดแต่ง	อบแห้ง	ฟลาวร์(สุดท้าย)
อุบลราชธานี	ปอกเปลือก	100%	60.00%	21.54%	18.85%
		100%	62.50%	20.52%	20.47%
	ไม่ปอกเปลือก	100%	80.00%	18.57%	18.02%
		100%	87.50%	26.99%	27.14%
ประจวบคีรีขันธ์	ปอกเปลือก	100%	76.00%	20.59%	20.66%
		100%	76.00%	20.47%	20.75%
	ไม่ปอกเปลือก	100%	92.00%	21.82%	22.41%
		100%	88.00%	23.45^%	23.46%

4.2 สมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด)

4.2.1.1 ความชื้น

ผลการศึกษาปริมาณความชื้นจากแป้งมันเทศสีที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ในแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก วัดค่าโดยเครื่อง Moisture analyzer ได้ผลตามตารางที่ 4.2 พบว่า ไม่มีอิทธิพลของพื้นที่เพาะปลูกและการปอกเปลือกต่อปริมาณความชื้นของแป้งมันเทศสีม่วง และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 5.2-5.5 %wb ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารแห้ง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%wb)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ความชื้น^{ns}
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	5.3± 0.2
	ไม่ปอกเปลือก	5.4± 0.1
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	5.2± 0.1
	ไม่ปอกเปลือก	5.3± 0.2
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	5.5± 0.0
	ไม่ปอกเปลือก	5.5± 0.1
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	5.4± 0.1
	ไม่ปอกเปลือก	5.3± 0.1

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.2 ปริมาณโปรตีน

ผลการศึกษาปริมาณความโปรตีนจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ในแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก ด้วยวิธี วิธี Kjeldahl method ได้ผลตามตาราง 4.3 พบว่าปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศที่ปลูกในพื้นที่อุบลราชธานีมีค่าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามการปอกเปลือกอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.3 ปริมาณโปรตีนของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณโปรตีน
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$4.6^{a} \pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$4.1^{b} \pm 0.1$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$4.0^{c} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$3.7^{d} \pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$2.3^{h} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$2.4^{f} \pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$2.4^{g} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$2.7^{e} \pm 0.0$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.3 ปริมาณไขมัน

จากการหาปริมาณไขมันของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ จากตารางที่ 4.4 พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกและปอกเปลือก มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.9-1.1 %db และ 0.2-0.7 %db ตามลำดับ ซึ่งแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณไขมันสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากที่เปลือกของมันเทศสีม่วงมีการสะสมของไขมันมากกว่า

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไขมันของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณไขมัน
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$0.4^{c} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.9^{a} \pm 0.1$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$0.7^{b} \pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$1.1^{a} \pm 0.1$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$0.2^{d} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$1.0^{a} \pm 0.2$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$0.7^{b} \pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.9^{a} \pm 0.1$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.4 ปริมาณเถ้า

จากการหาปริมาณเถ้าของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ จากตารางที่ 4.5 พบว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกและปอกเปลือก มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 3.0-3.5 %db และ 2.6-2.8 %db ตามลำดับ ซึ่งแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณเถ้าสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากในเปลือกของมันเทศสีม่วงมีองค์ประกอบของแร่ธาตุสะสมอยู่มากจึงทำให้ปริมาณเถ้าในแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคลองกับงานวิจัยของ Maraf Ahmed, Sorifa Akter, และ Jong bang Eun (2015) ที่พบว่ามันเทศศีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณเถ้าสูงกว่า

ตารางที่ 4.5 ปริมาณเถ้าของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณเถ้า
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$2.6^{d}\pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$3.4^{ab}\pm 0.0$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$2.6^{d}\pm 0.2$
	ไม่ปอกเปลือก	$3.0^{c}\pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$2.8^{d}\pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$3.5^{a}\pm 0.2$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$2.6^{d}\pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$3.1^{bc}\pm 0.0$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.5 ปริมาณเส้นใยหยาบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ ตามตารางที่ 4.6 พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกและปอกเปลือก มีปริมาณเส้นใยหยาบอยู่ในช่วง 0.6-0.8 %db และ 0.1-0.4 %db ตามลำดับ ซึ่งแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณเส้นใยหยาบสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากเปลือกของมันเทศสีม่วงจะมีการสะสมของเส้นใยหยาบปริมาณที่มากกว่า

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเส้นใยหยาบของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณเส้นใยหยาบ
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$0.4^{c} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.7^{ab} \pm 0.0$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$0.1^{de} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.6^{b} \pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$0.1^{e} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.7^{a} \pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$0.2^{d} \pm 0.0$
	ไม่ปอกเปลือก	$0.6^{b} \pm 0.1$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากทั้งสองพื้นที่ ตามตารางที่ 4.7 พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 90.9-94.7 %db และปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และการปอกเปลือกอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (%db)

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$92.0^{d} \pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$90.9^{f} \pm 0.1$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$94.6^{a} \pm 0.1$
	ไม่ปอกเปลือก	$92.5^{c} \pm 0.0$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$92.6^{c} \pm 0.2$
	ไม่ปอกเปลือก	$91.5^{e} \pm 0.1$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$94.2^{b} \pm 0.2$
	ไม่ปอกเปลือก	$92.6^{c} \pm 0.0$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.2.2 ปริมาณแอนโทไซยานิน

ผลการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดจากแป้งมันเทศสีม่วงทั้งสองสายพันธุ์ในแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.8 จากผลการทดลองพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 25.13-34.82 mg/100g db สูงกว่าแป้งมันเทศแบบปอกเปลือกซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 15.32-22.88 mg/100g db อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง22.84-34.82 mg/100g db สูงกว่าแป้งมันเทศที่ปลูกในจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 15.32-28.47 mg/100g db อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Adepoju และ Adejumo (2015) ที่มีการศึกษาเบต้าแคโรทีนในมันเทศสีส้ม ซึ่งผลการทดลองพบว่า มันเทศสีส้มแบบไม่ปอกเปลือกมีค่าเบต้าแคโรทีนมากกว่าแบบปอกเปลือก

ตารางที่ 4.8 ปริมาณแอนโทไซยานินของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก (mg Cyanidin-3-glucoside /100g db)

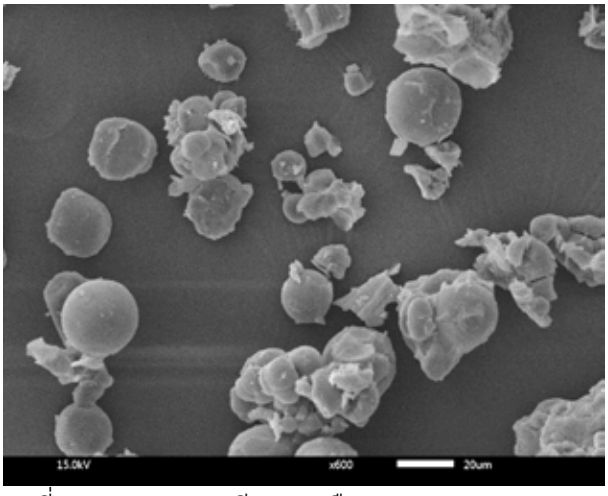
พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย	ปริมาณแอนโทไซยานิน
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	$15.32^{f} \pm 0.18$
	ไม่ปอกเปลือก	$28.47^{b} \pm 0.35$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	$20.75^{e} \pm 0.89$
	ไม่ปอกเปลือก	$25.13^{c} \pm 0.71$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	$22.84^{d} \pm 0.53$
	ไม่ปอกเปลือก	$34.82^{a} \pm 0.47$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	$22.88^{d} \pm 0.47$
	ไม่ปอกเปลือก	$34.78^{a} \pm 0.30$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

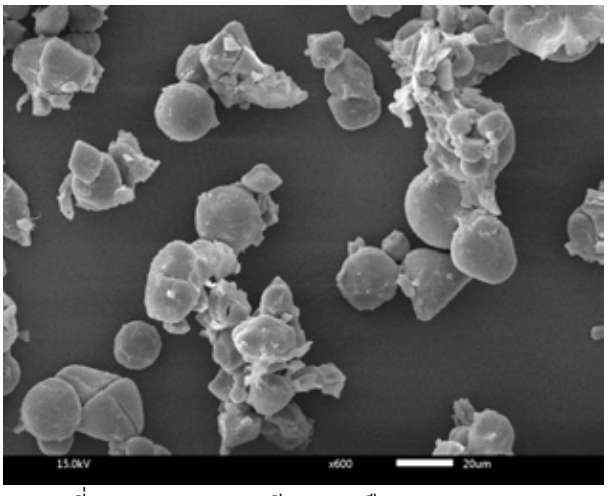
4.3 สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

4.3.1 รูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้ง

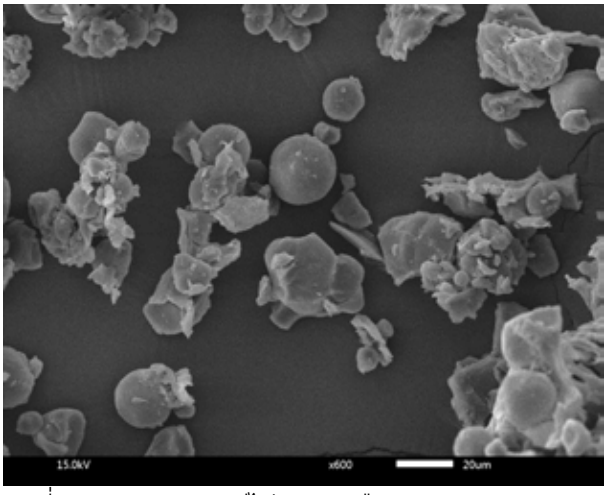
ลักษณะเม็ดแป้งจากกล้อง SEM กำลังขยาย 600x พบว่าพื้นที่เพาะปลูกและการปอกเปลือกไม่ส่งผลต่อลักษณะและขนาดของเม็ดแป้ง โดยแป้งที่ปลูกจากทั้ง2พื้นที่ มีขนาดประมาณ 20 ไมโครเมตร ซึ่งเม็ดแป้งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรงกลม และเกาะกันเป็นกลุ่มคล้ายพวกองุ่น จากผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maraf Ahmed, Sorifa Akter, และ Jong bang Eun (2015)



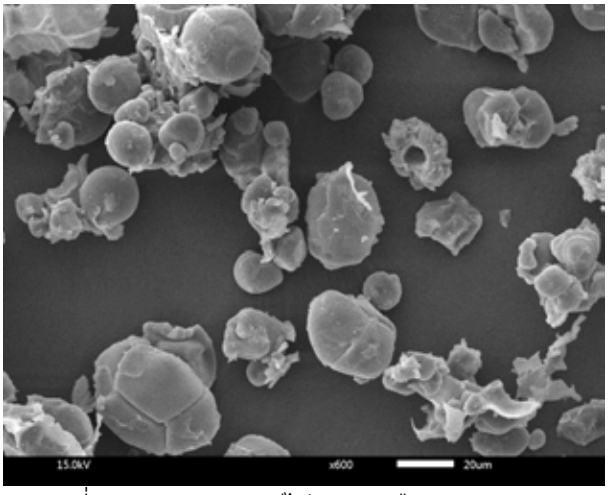
รูปที่ 4.1 อุบลราชธานีปอกเปลือก 1



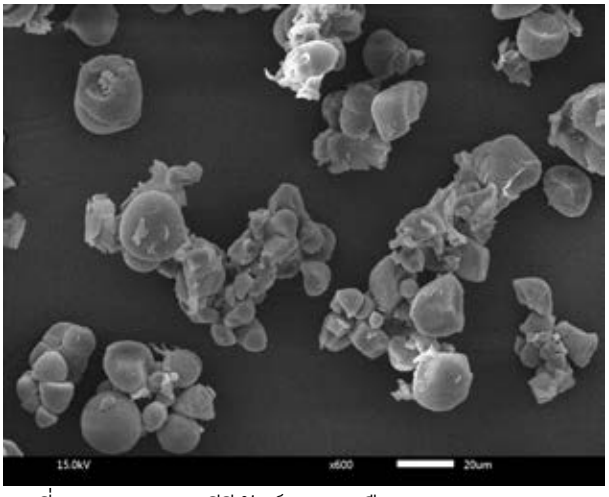
รูปที่ 4.2 อุบลราชธานีปอกเปลือก 2



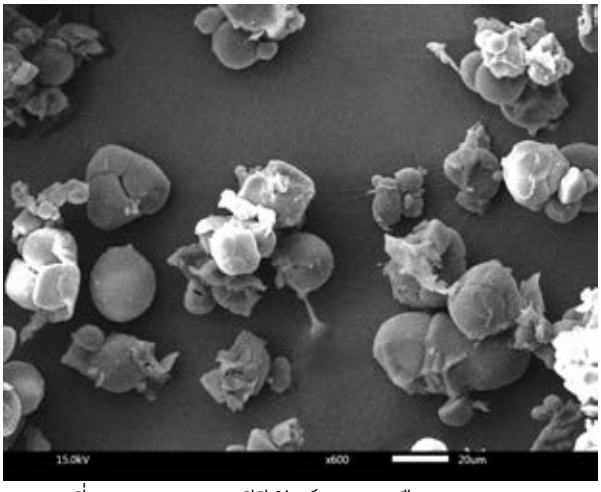
รูปที่ 4.3 อุบลราชธานีไม่ปอกเปลือก 1



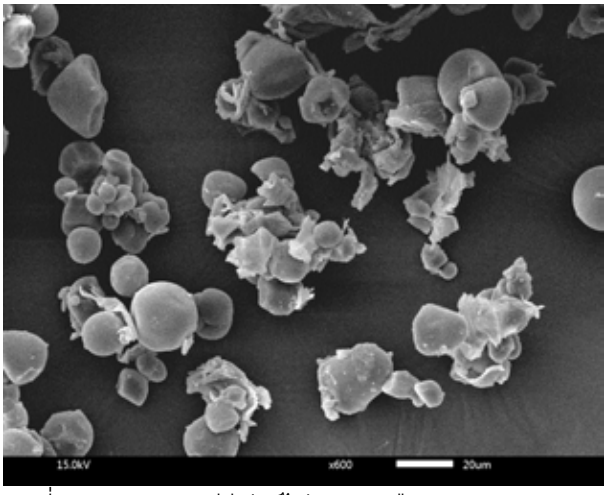
รูปที่ 4.4 อุบลราชธานีไม่ปอกเปลือก 2



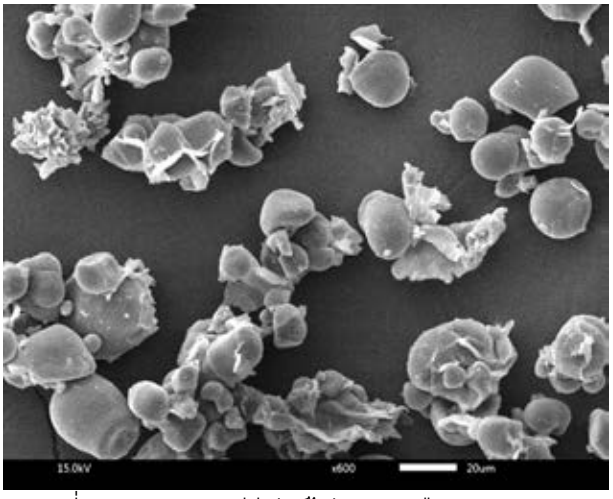
รูปที่ 4.5 ประจวบคีรีขันธ์ปอกเปลือก 1



รูปที่ 4.6 ประจวบคีรีขันธ์ปอกเปลือก 2



รูปที่ 4.7 ประจวบคีรีขันธ์ไม่ปอกเปลือก 1



รูปที่ 4.8 ประจวบคีรีขันธ์ไม่ปอกเปลือก 2

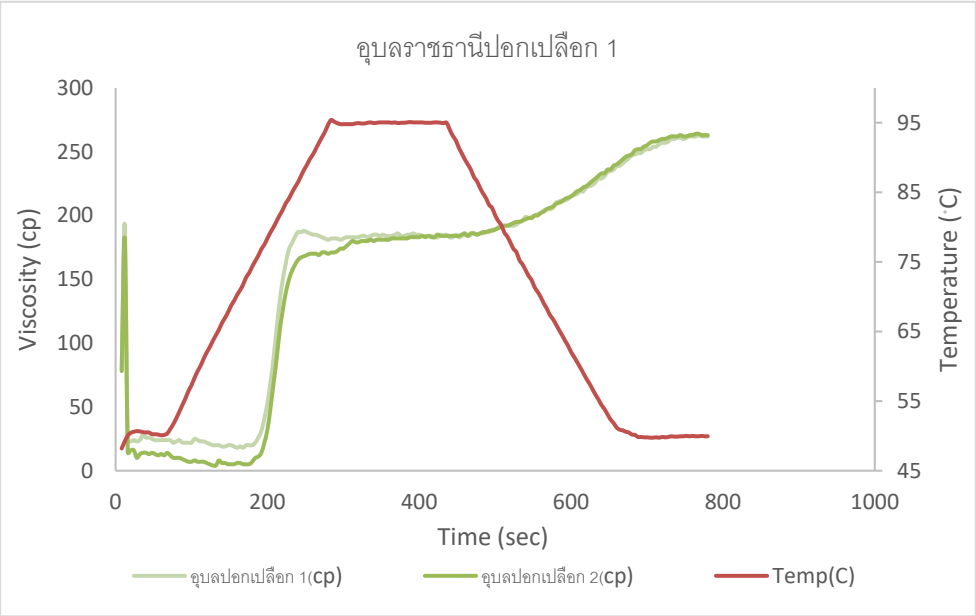
4.3.2 ความหนืด

จากการศึกษาสมบัติด้านความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงจากพื้นที่อุบลราชธานีและประจวบคีรีขันธ์ แบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer (RVA) ของน้ำแป้งเข้มข้น 9% ความเร็วรอบ 160 rpm จากตารางที่ 4.9 พบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือกมีค่า peak viscosity 654 cP ค่า Breakdown 341 cP และ Setback 132 cP ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด และจากรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.16 พบว่าแป้งมันเทศสีม่วงจากพื้นที่อุบลราชธานี 2 และประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก มีลักษณะของกราฟ RVA คล้ายกัน

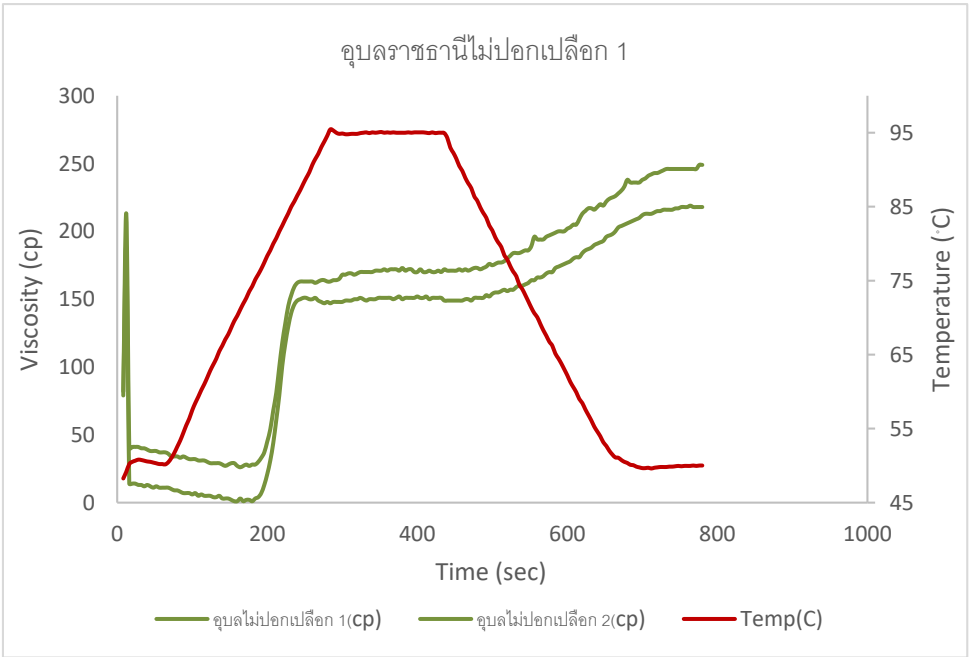
ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความหนืดน้ำแป้งที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก

พันธุ์มันเทศสีม่วง		Peak viscosity (cP)	Trough (cP)	Breakdown (cP)	Final viscosity (cP)	Setback (cP)	Pasting Temperature (°C)
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	186.0^{fg} ± 2.8	183.3^{d} ± 0.7	2.7^{e} ± 2.5	262.5^{d} ± 0.7	79.0^{cd} ± 0.0	77.6^{c} ± 0.1
	ไม่ปอกเปลือก	162.1^{g} ± 14.8	159.5^{d} ± 14.8	3.0^{e} ± 0.0	233.5^{d} ± 21.9	74.0^{d} ± 7.1	81.2^{a} ± 0.1
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	191.0^{f} ± 8.5	70.0^{f} ± 11.3	121.0^{d} ± 2.8	83.0^{f} ± 1.4	13.0^{f} ± 9.9	79.7^{b} ± 0.7
	ไม่ปอกเปลือก	227.0^{e} ± 9.9	101.5^{e} ± 5.0	125.5^{d} ± 5.0	138.5^{e} ± 3.5	37.0^{e} ± 1.4	81.3^{a} ± 0.6
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	654.0^{a} ± 5.7	313.0^{a} ± 18.4	341.0^{a} ± 24.0	445.5^{a} ± 30.4	132.5^{a} ± 12.0	79.2^{b} ± 0.0
	ไม่ปอกเปลือก	457.5^{d} ± 10.6	216.5^{c} ± 9.2	241.0^{c} ± 1.4	311.5^{c} ± 7.8	95.0^{bc} ± 1.4	79.2^{b} ± 0.1
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	598.0^{b} ± 12.7	278.5^{b} ± 16.3	319.5^{a} ± 3.5	388.0^{b} ± 26.9	109.5^{b} ± 10.6	79.1^{b} ± 0.0
	ไม่ปอกเปลือก	492.5^{c} ± 12.0	229.0^{c} ± 4.2	263.5^{b} ± 7.8	322.5^{c} ± 3.5	93.5^{bc} ± 0.7	78.8^{b} ± 0.6

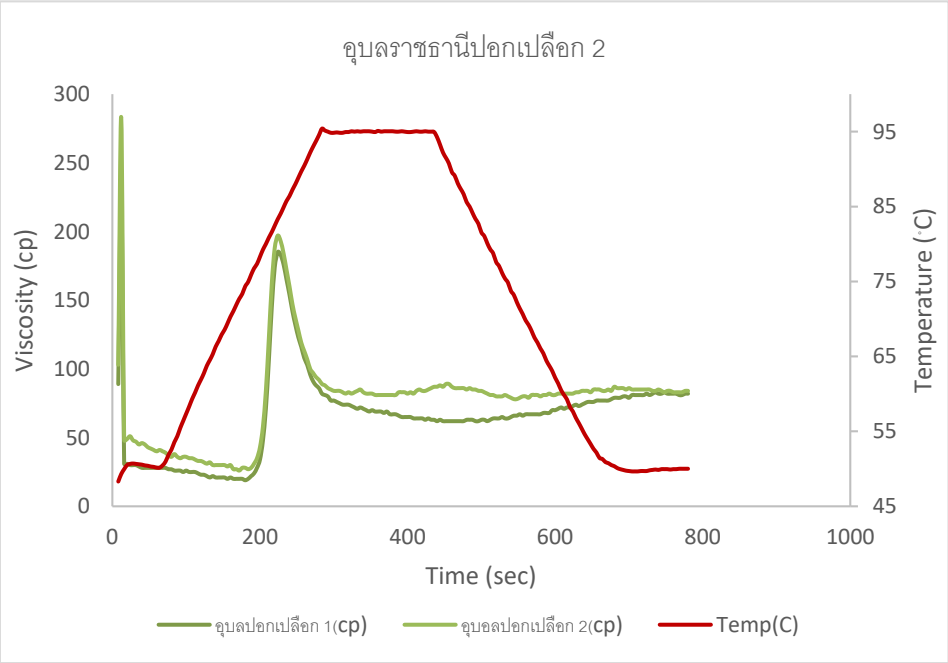
ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ



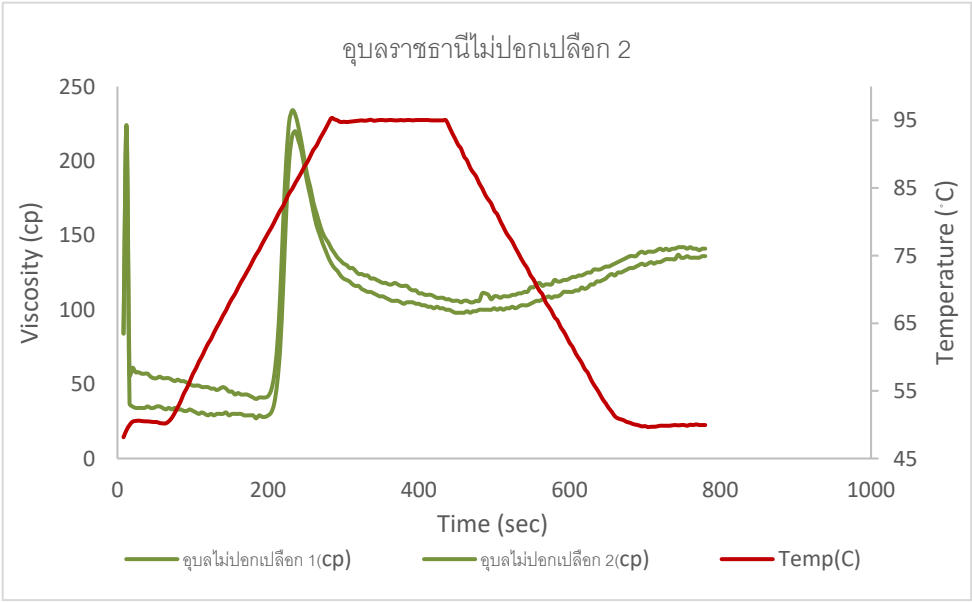
รูปที่ 4.9 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบปอกเปลือก (1)



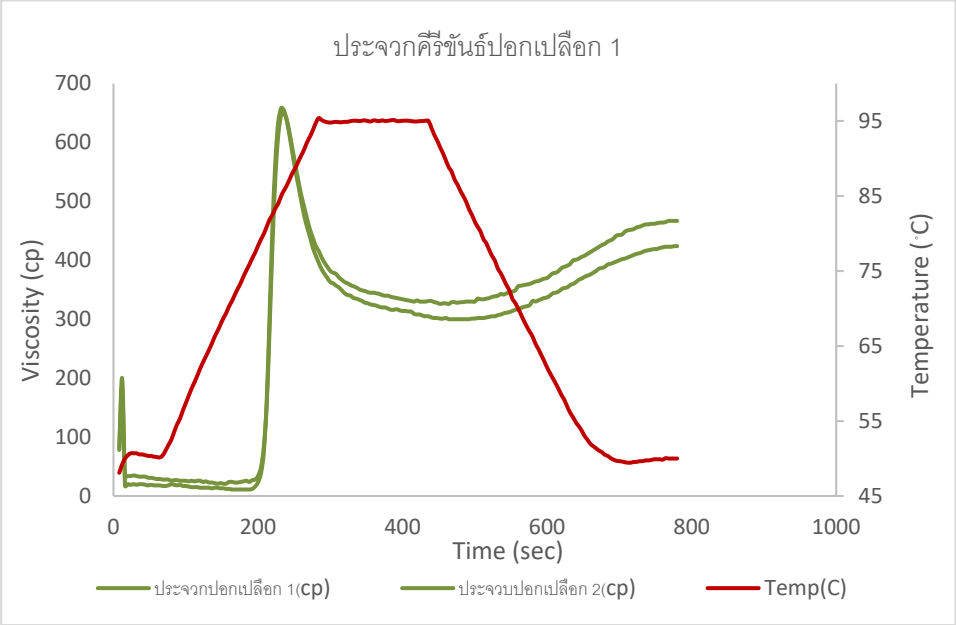
รูปที่ 4.10 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบไม่ปอกเปลือก (1)



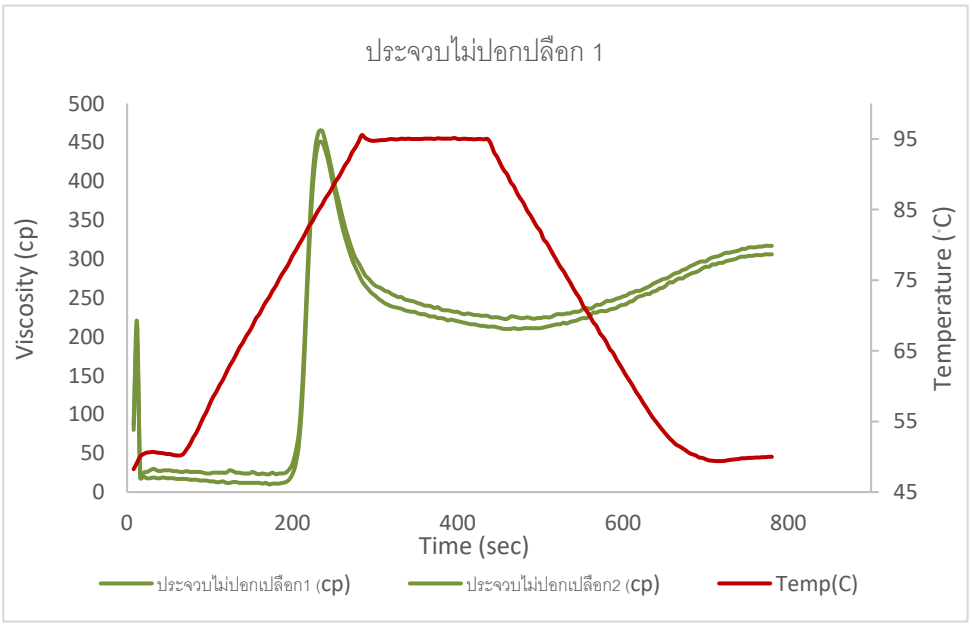
รูปที่ 4.11 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบปอกเปลือก (2)



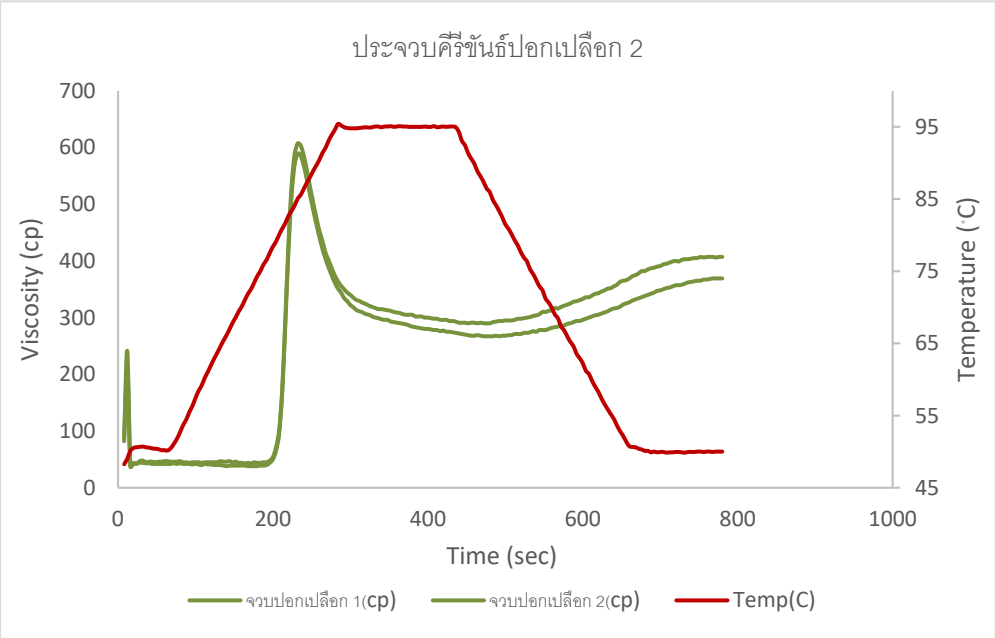
รูปที่ 4.12 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่อุบลราชธานีแบบไม่ปอกเปลือก (2)



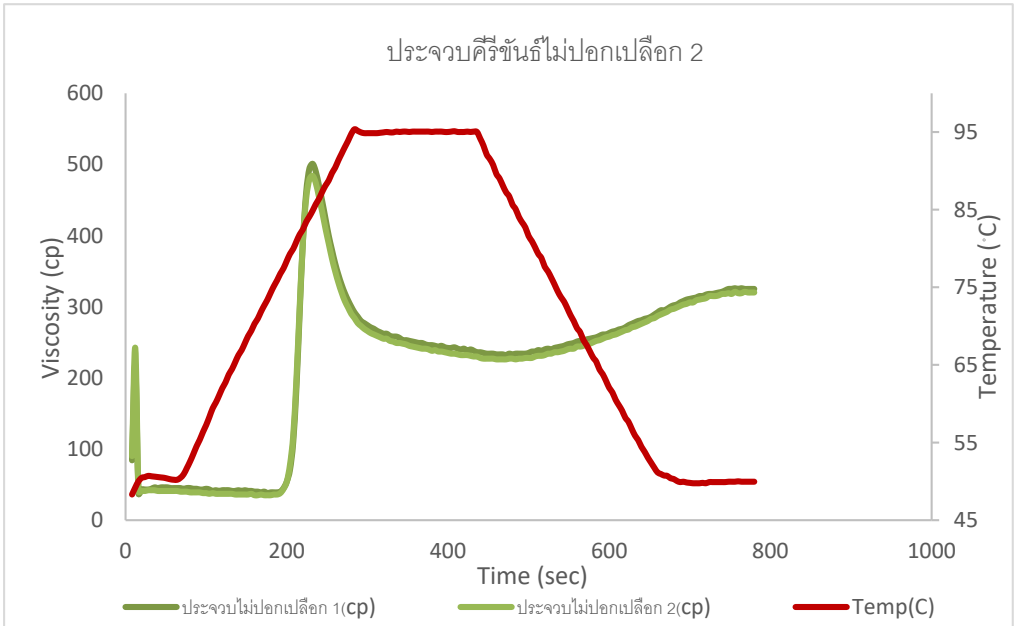
รูปที่ 4.13 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือก (1)



รูปที่ 4.14 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบไม่ปอกเปลือก (1)



รูปที่ 4.15 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบปอกเปลือก (2)



รูปที่ 4.16 กราฟความหนืดที่ได้จากเครื่อง RVA ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกจากพื้นที่ประจวบคีรีขันธ์แบบไม่ปอกเปลือก (2)

4.3.3 การวิเคราะห์ปริมาตรการพองตัว (swelling volume) และการละลาย (solubility)

การทดสอบการพองตัวและการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงทั้งสองพื้นที่ในแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกที่ช่วงอุณหภูมิ 55°C - 95°C จากตารางที่ 4.10 พบว่า ค่าการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยแป้งที่ยังไม่เกิดการเจลาติไนซ์มีการพองตัวอยู่ในช่วง 5.3-6.7 g/g แป้งเริ่มพองตัวสูงขึ้นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และมีค่าการพองตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากแป้งเกิดการเจลาติไนซ์เพราะการให้ความร้อนจะเข้าไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่ยึดภายในโครงสร้างเม็ดแป้ง จึงทำให้ดูดซึมน้ำเข้าไปได้มากขึ้น และพองตัวเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า และจากตารางที่ 4.11 ค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับการพองตัว

ตารางที่ 4.10 การพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย		55°C	65°C	75°C	85°C	95°C
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$5.7^{c}\pm0.1$	$6.1^{d}\pm0.1$	$11.6^{c}\pm0.3$	$12.3^{c}\pm0.4$	$15.7^{c}\pm0.3$
	ไม่ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$5.8^{c}\pm0.0$	$7.1^{c}\pm0.1$	$10.5^{d}\pm0.3$	$12.0^{c}\pm0.3$	$20.5^{a}\pm0.5$
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$5.3^{d}\pm0.1$	$6.0^{de}\pm0.2$	$14.5^{a}\pm0.3$	$14.3^{a}\pm0.2$	$11.7^{e}\pm0.3$
	ไม่ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$5.9^{c}\pm0.1$	$5.7^{e}\pm0.2$	$14.4^{a}\pm0.3$	$13.2^{b}\pm0.6$	$13.3^{d}\pm0.3$
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$6.6^{a}\pm0.0$	$7.6^{b}\pm0.1$	$14.7^{a}\pm0.2$	$13.9^{ab}\pm0.1$	$16.3^{bc}\pm0.4$
	ไม่ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$6.1^{b}\pm0.1$	$10.9^{a}\pm0.1$	$14.4^{a}\pm0.4$	$13.7^{ab}\pm0.1$	$16.0^{c}\pm0.3$
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$6.6^{a}\pm0.1$	$6.8^{c}\pm0.1$	$14.5^{a}\pm0.4$	$14.2^{a}\pm0.2$	$16.9^{b}\pm0.2$
	ไม่ปอกเปลือก	การพองตัว (g/g)	$6.7^{a}\pm0.1$	$6.8^{c}\pm0.2$	$13.5^{b}\pm0.3$	$13.6^{ab}\pm0.3$	$15.8^{c}\pm0.1$

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 4.11 การละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก

พันธุ์มันเทศสีม่วง	ปัจจัย		55°C	65°C	75°C	85°C	95°C
อุบลราชธานี 1	ปอกเปลือก	การละลาย (%)	19.9^{f}±0.1	21.4^{f}±0.2	41.8^{f}±0.4	37.1^{d}±0.9	35.0^{b}±0.3
	ไม่ปอกเปลือก	การละลาย (%)	22.3^{d}±0.1	23.3^{c}±0.0	45.0^{e}±0.5	39.0^{c}±0.8	41.6^{a}±0.5
อุบลราชธานี 2	ปอกเปลือก	การละลาย (%)	19.8^{f}±0.1	22.0^{e}±0.1	57.7^{a}±0.4	45.9^{a}±0.4	33.9^{c}±0.3
	ไม่ปอกเปลือก	การละลาย (%)	21.7^{e}±0.3	22.7^{d}±0.1	51.8^{b}±0.6	41.8^{b}±0.2	29.0^{e}±0.4
ประจวบคีรีขันธ์ 1	ปอกเปลือก	การละลาย (%)	22.0^{f}±0.2	23.5^{c}±0.3	46.0^{de}±0.1	33.7^{e}±0.4	29.0^{e}±0.6
	ไม่ปอกเปลือก	การละลาย (%)	24.8^{a}±0.2	24.3^{b}±0.1	46.9^{d}±0.0	35.7^{d}±0.5	33.7^{c}±0.5
ประจวบคีรีขันธ์ 2	ปอกเปลือก	การละลาย (%)	23.4^{b}±0.1	22.2^{e}±0.3	45.1^{e}±0.9	36.2^{d}±0.6	32.0^{d}±0.3
	ไม่ปอกเปลือก	การละลาย (%)	22.9^{c}±0.2	25.8^{a}±0.2	49.7^{c}±0.3	36.9^{d}±0.5	33.5^{c}±0.5

ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

4.4 การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วง

4.4.1 เนื้อสัมผัสของขนมบัวลอย

จากผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA จากตารางที่ 6 พบว่า ค่า Hardness Springiness Cohesiveness Gumminess และ Chewiness มีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วง เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณ amylopectin สูง เมื่อนำมาให้ความร้อนทำให้พันธะไฮโดรเจนภายใน amylopectin คลายตัวลง สามารถจับ อุ้มน้ำเข้าไปได้ ทำให้ได้เจลที่มีลักษณะเหนียว ทำให้ขนมบัวลอยที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวมากกว่ามีค่าต่างๆที่สูงกว่า ในทางกับกัน ค่า Adhesiveness พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ซึ่งแปรผกผันกับค่า Cohesiveness เนื่องจากการเกาะตัวภายในแย่ลง ทำให้ไม่เกาะกันเอง จึงไปเกาะกับภายนอกทำให้ค่า Adhesiveness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียว

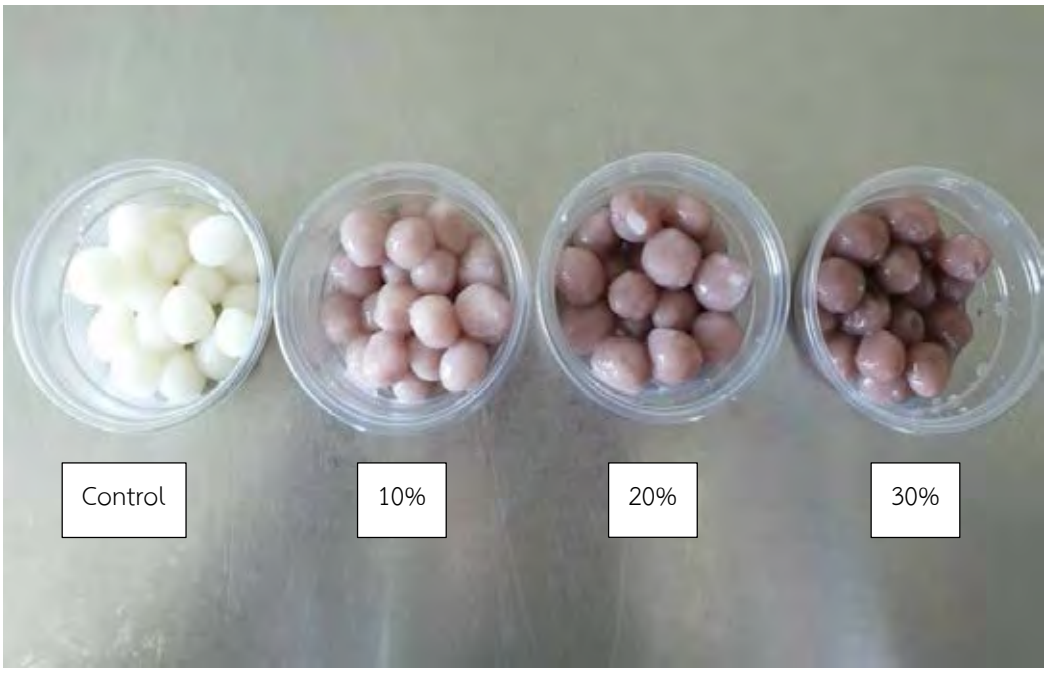
ร้อยละแป้งมันเทศสีม่วง	ลักษณะเนื้อสัมผัส					
	Hardness (g-force)	Springiness^{ns}	Cohesiveness	Gumminess (g-force)	Chewiness (g-force)	Adhesiveness (g.sec)
Control (0%)	142.5^{a} ± 21.4	1.0 ± 0.1	0.7^{a} ± 0.2	106.3^{a} ± 32.5	114.0^{a} ± 52.1	6.3^{c} ± 2.1
10%	123.2^{b} ± 6.7	1.0 ± 0.0	0.7^{a} ± 0.2	88.1^{ab} ± 27.3	87.3^{ab} ± 25.2	12.1^{b} ± 3.0
20%	120.4^{b} ±13.4	1.0 ± 0.0	0.6^{b} ± 0.0	68.3^{bc} ± 10.1	67.1^{b} ± 10.2	25.4^{a} ± 5.8
30%	113.2^{b} ± 4.0	1.0 ± 0.0	0.5^{b} ± 0.1	59.7^{c} ± 9.6	58.5^{b} ± 9.8	25.6^{a} ± 6.0

4.4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

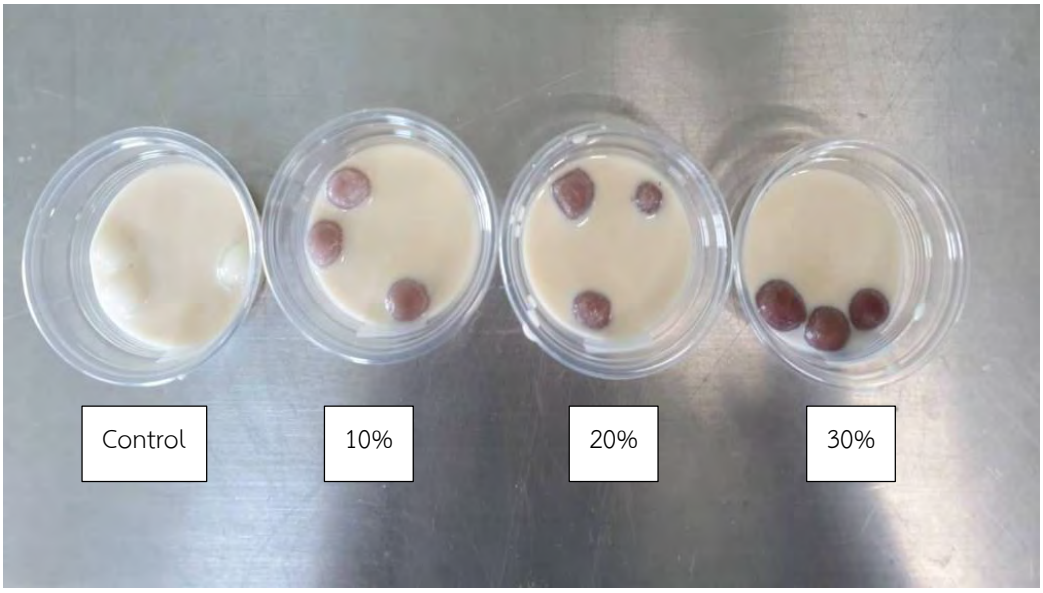
จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วน ทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบจำนวน 36 คน โดยมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าในทุกด้าน สูตรที่มีคะแนนสูงสุดคือสูตรที่มีการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 10% สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่มีการทดแทนในปริมาณร้อยละ 10 ($p<0.05$) โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุม สอดคล้องกับผลการทดสอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของบัวลอย ค่า Chewiness (บ่งบอกถึงความต้านทานความเคี้ยว หรือความเหนียวของผลิตภัณฑ์) มีค่าลดลงตามปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วงเช่นเดียวกับคะแนนความชอบ โดยตัวอย่างที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวมากที่สุด มีค่า Chewiness สูงที่สุดหมายถึงมีความเหนียวมากผู้บริโภคจึงไม่ชอบ ในขณะที่เมื่อแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น แต่เมื่อแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณที่มากขึ้นอาจจะทำให้เนื้อสัมผัสนิ่ม ไม่เหนียว ทำให้คะแนนความชอบลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ผลการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วน

คุณลักษณะ	ร้อยละแป้งมันเทศสีม่วง			
	ตัวอย่างควบคุม (0%)	10%	20%	30%
สี	$4.19^{b}\pm1.67$	$5.61^{a}\pm1.13$	$5.06^{a}\pm1.41$	$4.14^{b}\pm1.62$
กลิ่น	$4.64^{a}\pm1.13$	$4.83^{a}\pm1.08$	$4.78^{a}\pm1.24$	$4.19^{b}\pm1.39$
ลักษณะภายนอก	$4.97^{b}\pm1.08$	$5.56^{a}\pm1.13$	$5.08^{b}\pm1.18$	$4.78^{b}\pm1.42$
เนื้อสัมผัส	$5.47^{a}\pm1.28$	$5.50^{a}\pm1.336$	$4.86^{b}\pm1.38$	$4.03^{c}\pm1.36$
รสชาติ	$4.89^{a}\pm1.19$	$5.14^{a}\pm1.10$	$4.58^{a}\pm1.34$	$4.17^{b}\pm1.44$
ความชอบโดยรวม	$5.06^{a}\pm0.89$	$5.56^{b}\pm1.08$	$4.92^{b}\pm1.23$	$4.31^{c}\pm1.37$



รูปที่ 4.17 ลักษณะของเม็ดบัวลอยที่แปลงปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในปริมาณที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.18 ลักษณะของเม็ดแป้งบัวลอยที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองผลิตแป้งมันเทศสีม่วงบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1และ 2 คือ ผลิตแป้งมันเทศสีม่วงโดยปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือกรวมไปถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง โดยระหว่างขั้นตอนการศึกษานั้นได้พบปัญหาและอุปสรรค คือ จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยต้องการผลิตแป้งมันเทศสีม่วงโดยใช้วัตถุดิบที่มาจากต่างพื้นที่ 4 จังหวัดในประเทศไทย โดยปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือก แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของมันเทศสีม่วงทำให้หาวัตถุดิบได้เพียง 2 จังหวัด และ ในขั้นตอนการร่อนแป้งมันเทศสีม่วงผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh มีแป้งมีบางส่วนไม่สามารถผ่านตะแกรงได้ วิธีแก้ปัญหา คือ นำไปบดซ้ำเพื่อลดขนาดและนำมาร่อนผ่านตะแกรงซ้ำจนได้แป้งมันเทศสีม่วงออกมา

5.1 ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการผลิตแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมจากมันเทศสีม่วง 2 จังหวัดแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก

จากผลการทดลองพบว่าการผลิตแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 18-27% และแบบปอกเปลือกได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 18-20% จะเห็นได้ว่าแป้งมันเทศไม่ปอกเปลือกมีร้อยละผลผลิตมากกว่าแป้งมันเทศแบบปอกเปลือกซึ่งสามารถลดปริมาณของเสียได้มากถึง 7%

5.2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง พบว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบไม่ปอกเปลือกมีปริมาณ ไขมัน เถ้า เส้นใย และแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งมันเทศสีม่วงแบบปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนพื้นที่เพาะปลูกไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติของแป้ง ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และการปอกเปลือกอย่างชัดเจน

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง พบว่าค่าการละลาย และการพองตัว มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเริ่มพองตัวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนมีค่าการพองตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และค่าการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับการพองตัว สำหรับการทดสอบความหนืด พบว่าแป้งมันเทศสีม่วงที่ปลูกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์แบบไม่ปอกเปลือกมีค่าความหนืดสูงที่สุด

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของขนมบัวลอย ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าพบว่า ค่า Hardness Springiness Cohesiveness Gumminess และ Chewiness มีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ในทางกับกัน ค่า Adhesiveness พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งมันเทศสีม่วง ซึ่งแปรผกผันกับค่า Cohesiveness

5.3 การทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วน

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งข้าวเหนียวบางส่วน ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 36 คน โดยมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่มีการทดแทนในปริมาณร้อยละ 10 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวในขนมบัวลอย

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ กุลยะณี. (2557). มันเทศสีม่วง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.dtc.ac.th/2016/images/stories/journal/year8/8-2-17.pdf [11 กันยายน 2561]

กรมวิชาการเกษตร. (2559). มันเทศสีม่วง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.doa.go.th/hort/images/jsn_is_thumbs/images/hort/sweet-potato.pdf
[11 กันยายน 2561]

กรมหม่อนไหม. (2556). ประโยชน์ของแอนโทไซยานิน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
https://www.qsds.go.th/qssc_lei/inside_page.php?pageid=45 [11 กันยายน 2561]

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. (2554). ขนมบัวลอย.
[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: file:///C:/Users/Dell/Downloads/HEC-54-24%20(1).pdf [11 กันยายน 2561]

คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. (2559). แป้งมันเทศสีม่วง. [ออนไลน์].
แหล่งที่มา: file:///C:/Users/Dell/Downloads/DigitalFile_194428.pdf [11 กันยายน 2561]

ณัฏฐา สถิรรัตน์, จิณห์วรา เจริญพันธ์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์ วิธีเตรียม. (2555). วิธีเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง.
[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202012/CRDC6/data/29-32.pdf [15
พฤศจิกายน 2561]

ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกูล. (ม.ป.ป.). เคมีและสมบัติของแป้ง. [ออนไลน์].
แหล่งที่มา: https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chapter2_4.html.
[8 มิถุนายน 2562]

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (ม.ป.ป.). แอนโทไซยานิน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin-
%E0%B9%81%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B9%84%E0%B8%8B
%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%99 [11 กันยายน 2561]

นรินทร์ พูลเพิ่ม. (2541). มันเทศ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
https://kukr.lib.ku.ac.th/db/index.php?/BKN/search_detail/result/263099 [8 มิถุนายน 2562]

นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์. (2556). ผักและผลไม้สีม่วง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/152/อาหารหลากสีมีประโยชน์
หลากหลาย(ตอนที่3):สารเคมีที่มีประโยชน์จากผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน/ [8 มิถุนายน 2562]

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือปฏิบัติการรายวิชา 2314415 FOOD
CHEMISTRY LABORATORY II. ใน การตรวจสัณฐานวิทยาของเม็ดสตาร์ชด้วยกล้องจุลทรรศน์และการ
วิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดเพลสต์ของสตาร์ชด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA), หน้า 32-39.
ม.ป.ท. : ม.ป.พ., 2561.

ศิริรจนา กันภัย. (ม.ป.ป.). เคมีและสมบัติของแป้ง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/contact.html [15 กันยายน 2561]

Adepoju, A. L., Adejumo, B. A. (2015). Some Proximate Properties Of Sweet Potato (Ipomoea Batatas L) As Influenced By Cooking Methods . INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 4(3)

AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Collado, L.S. and Corke, H. (1999). Heat-moisture treatment effects on sweet potato starches differing in amylose content. Food Chemistry, 65(3), 339– 346.

Dako, E., Retta, N., and Desse, G. (2016). Comparison of Three Sweet Potato (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam) Varieties on Nutritional and Anti-Nutritional Factors. Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary, 16(4): 62-72

Elyana, C. M., Silke, H., and Peter, W. (2011). Anthocyanins in Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 5(2): 19-24

ENV/JM/MONO. (2010). Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology. Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam]: key food and feed nutrients, anti-nutrients, toxicants and allergens. Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 20

Folake, O. H., Michael A. I., and Keith, T. (2016). Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method. [online]. Retrieved from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4930505/. [11 September 2018]

Honestdocs. (2019). ประโยชน์ของมันเทศสีม่วง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.honestdocs.co/benefits-of-purple-sweet-potato [8 มิถุนายน 2562]

Jangchud, A., Soison, B., Jangchud K., Charunuch, C., Harnsilawat, T., Piyachomkwan, K., and Prinyawiwatkul, W. (2014). Physico-functional and antioxidant properties of purple flesh sweet potato flours as affected by extrusion and drum-drying treatments. International Journal of Food Science and Technology, 49: 2067–2075

Kapook. (ม.ป.ป.). มันเทศสีม่วง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://health.kapook.com/view195887.html [11 กันยายน 2561]

Lee, J., Durst, R.W. & Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC International, 88, 1269–1278

Maruf, A., Sorifa, A., and Jong-Bang, E. (2015). Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. Food Chemistry 121(1): 112–118

MedThai. (2017). มันเทศ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://medthai.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8/ [11 กันยายน 2561]

MGR Online. (2017). “มันเทศ” คุณค่าเพียบ เผย “สีม่วง” สารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลไม้ตระกูลเบอร์รี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://m.mgronline.com/qol/detail/9590000130036 [9มิถุนายน 2562]

Sharma, P., Gujral, H.S. & Singh, B. (2012). Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. Food Chemistry, 131, 1406–1413.

Soyoung, L. (2012). Anthocyanin-enriched Purple Sweet potato for Colon Cancer Prevention. Department of Human Nutrition. Kansas State University.

USDA Branded Food Products Database. (2018). PURPLE & YELLOW POTATOES. [online]. Retrieved from: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45186960?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=purple+sweett+potato&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=. [11 September 2018]

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

สารเคมี

1. Conc. H_2SO_4
2. 35% NaOH
3. 4%(Saturated) boric acid
4. 0.1 N HCl or H_2SO_4
5. Catalyst

วิธีวิเคราะห์

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ 2 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างใส่ลงในหลอด Tube
2. ใส่ Catalyst ลงใน Tube จากนั้นเติม Conc. H_2SO_4 20 มิลลิลิตร(ทำในตู้ดูดควัน)
3. ทำการย่อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ด้วยเครื่องย่อย จนได้สารละลายสีน้ำตาล ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 30นาที
4. เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปกลั่น

ขั้นตอนการกลั่น

1. Preheat
   - ใส่หลอดย่อยเปล่า
   - Time = 02:00 (2นาที)
   - Stem water = 100(%ความดันไอน้ำ)
   - กด Start เริ่มทำงาน
2. Cleaning
   - กด Reagent(H_2O) ค้างไว้ = 300(สังเกตขีดบอกระดับหลังลอดย่อย)
   - Time = 05:00 (5นาที)
   - Stem water = 100(%ความดันไอน้ำ)
   - กด Start เริ่มทำงาน
3. ตั้งโปรแกรมทดสอบ ทำการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้
   - กด Reagent(H_2O) 50 มิลลิลิตร และ Reagent 2 (NaOH) ค้างไว้ 90 มิลลิลิตร โดยใช้ NaOH ความเข้มข้น 35% เท่านั้น
   - เตรียม Boric acid ใน flask 60 มิลลิลิตร พร้อมหยด indicator 2-3 หยด
   - Time = 05:00 (5 นาที)
   - Stem water = 100(%ความดันไอน้ำ)
   - กด Start เริ่มทำงาน

4. เมื่อกลั่นเสร็จนำตัวอย่างใน Flask ไปไทเทรตด้วย 0.1 N HCl จนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นชมพู บันทึกปริมาตรที่ไทเทรต

ก2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัมลงใน Thimble(ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ปิดตัวอย่างด้วยสำลี
2. ชั่ง Bottom flask จดน้ำหนักที่แน่นอน
3. ประกอบชุดหาไขมัน (Soxhlet extraction) นำ Thimble ใส่ในหลอด Soxhlet
4. เติม Solvent(Petroleum ether) ใน Bottom flask ประมาณ 200 มิลลิลิตร
5. เปิดเตาให้ความร้อนกับ Bottom flask ไอของ Solvent จะระเหยขึ้นไป และควบแน่นกลับมาใน Thimble ทำให้สกัดไขมันที่มีในตัวอย่างออกมา
6. สกัดไขมันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. นำ Bottom flask ที่มี Solvent และไขมันไประเหยบน Rotary evaporator จน Solvent หมด
8. นำ Bottom flask ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นใน desiccator จนน้ำหนักคงที่
9. บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

ก3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. เผา Crucible ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นใน Desiccator จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Desiccator เผาบนเตาให้ความร้อนจนหมดควัน
3. เผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่
4. ทิ้งให้เย็นใน Desiccator
5. ชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักเถ้า + น้ำหนัก Crucible)

การคำนวณ

$$\text{เถ้า (ร้อยละ)} = \frac{[(\text{น้ำหนัก } \boldsymbol{Crucible+}\text{เถ้า})-\text{น้ำหนัก } \boldsymbol{Crusible}]\boldsymbol{x100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ (Crude fiber)

สารเคมี

1. 1.25% (w/w) H_2SO_4
2. 5% (w/w) NaOH
3. 1%(w/w) HCl
4. 95% ethanol

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 3 ตำแหน่ง) ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เติม 1.25% H_2SO_4 จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร
3. ต้มส่วนผสมจนเดือด ต้มด้วยไฟอ่อนต่ออีก 20 นาที สังเกตปริมาตรของส่วนผสม หากปริมาตรลดต่ำกว่า 200 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีดปริมาตร
4. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 3 มากรองผ่านผ้าขาวบาง บนกรวย Buchner ซึ่งต่อกับปั๊ม
5. ล้างกากแป้งด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จนน้ำที่ล้างออกมาไม่เป็นกรด (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)
6. นำกากใส่บีกเกอร์ใบเดิม หากมีกากติดอยู่ที่ผ้าขาวบางให้ชะออกด้วยน้ำกลั่นปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น
7. เติม 5% NaOH ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
8. เติมน้ำกลั่นต้มเดือดจนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร
9. ต้มส่วนผสมจนเดือด ต้มด้วยไฟอ่อนต่ออีก 20 นาที สังเกตปริมาตรของส่วนผสม หากปริมาตรลดต่ำกว่า 200 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีดปริมาตร
10. นำส่วนผสมกรองผ่านผ้าขาวบางบนกรวย Buchner ซึ่งวางบน Flask ที่ต่อกับปั๊ม
11. ล้างกากแป้งด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จนน้ำที่ล้างออกมาไม่เป็นกรด (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)
12. ชะกากด้วย 95% ethanol
13. นำกากใส่ลงในจานกระเบื้องหรือจานอลูมิเนียม อบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
14. นำจานออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นใน Desiccator (หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักตัวอย่างขณะนั้นเป็นน้ำหนัก1)
15. ชั่ง Crucible และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
16. นำกากออกมาใส่ Crucible ที่เผาแล้วทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปเผาบนตาเผาจนหมดควัน หรือได้เถ้าสีดำ
17. นำไปเผาต่อในเตาเผา (Furnace) ที่ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว

18. นำ Crucible ออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก(หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักขณะนั้นเป็นน้ำหนัก 2)
19. นำน้ำหนัก 2 มาลบออกจากน้ำหนัก 1 น้ำหนักที่หายไประหว่างการเผาคือน้ำหนักของ Crude fiber
20. รายงานปริมาณ Crude fiber ในรูป g crude fiber/5g แป้งมันเทศสีม่วง

ก5. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน (pH-differentail (Lee et al., 2005))

สารเคมี

1. Acidified methanol (ประกอบไปด้วย 7%สารละลายกรดอะซีติกใน 80%สารละลายเมทานอล)
2. สารละลาย Sodium potassium chloride (ความเข้มข้น 0.025M, pH 1.0)
3. สารละลาย Sodium acetate (ความเข้มข้น 0.4M , pH 4.5)

สารสกัดตัวอย่างเตรียมได้โดยนำแป้ง 2-5 กรัม สกัดสองครั้งด้วยสารละลาย acidified methanol (ประกอบไปด้วย 7%สารละลายกรดอะซีติกใน 80%สารละลายเมทานอล) 25 มิลลิลิตร เขย่าสารผสม 30 นาทีจากนั้นนำไปเข้าปั่นเหวี่ยงที่ 1600 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายใสที่ได้ไปปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตรโดยใช้ acidified methanol

วิธีวิเคราะห์

1. นำสารสกัดที่ได้เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์2 ชนิดคือ สารละลาย Sodium potassium chloride (ความเข้มข้น 0.025M, pH 1.0) และ Sodium acetate (ความเข้มข้น 0.4M , pH 4.5)
2. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร และ 700 นาโนเมตร จากนั้นนำไปคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินรวมจากสูตร (A*MW * DF * 1000)/(ε * 1)

   โดย A = ($A_{520} - A_{700}$ ที่ pH1.0) – ($A_{520} - A_{700}$ ที่ pH4.5)

   MW = มวลโมเลกุล

   DF = Dilution factor

   ε = molar extinction coefficient มีค่าเท่ากับ 26900

   L = ความกว้างคิวเวต (เซนติเมตร)

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ข1. ศึกษาพฤติกรรมความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer

1. คำนวณน้ำหนักแป้งที่ควรใช้โดยคำนึงถึงความชื้นของตัวอย่าง โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

   $M2 = \frac{(100-14)x\ M1}{(100-M1)}$

   M1 = น้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับแป้งแต่ละชนิด

   M2 = น้ำนักที่ถูกต้อง

2. ใส่ตัวอย่างแป้งลงในแคนที่มีน้ำอยู่ และคนตัวอย่างให้เข้ากัน จากนั้นใส่พายลงไป(Paddle)

3. นำแคนที่มีพายใส่เข้าเครื่อง RVA กดมอเตอร์ลงให้เครื่องทำงาน

   จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ผ่านได้ อ่านและบันทึกค่าต่างๆได้ดังนี้

   Peak Time = เวลาที่เกิด peak ของความหนืด (นาที)

   Pasting Temperature = อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืดหรืออุณหภูมิที่มีความหนืด

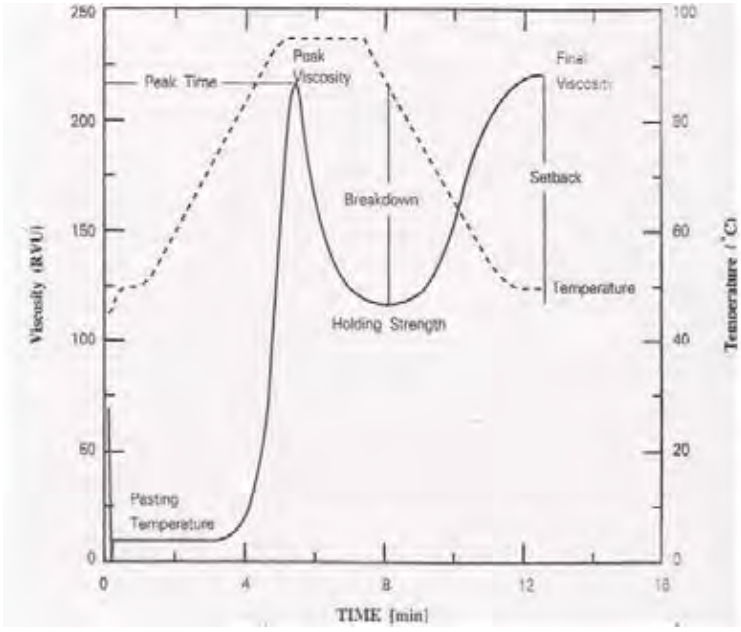
   Holding Strength = ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น (cP)

   Breakdown = ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (cP)

   Final Viscosity = ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (cP)

   Setback Form Peak = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุด peak (cP)

   Setback Form Trough = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (cP)



รูปที่ ข1 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ข2. ศึกษาสมบัติการพองตัวและการละลาย

วิเคราะห์กำลังการพองตัว และปริมาณการละลาย ตามวิธีการของ Coke (1999) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.3 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในหลอดเซนทริฟิว และเติมน้ำกลั่นปริมาณ 15 มิลลิลิตร จากนั้นแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55, 65, 75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส พร้อมกับเขย่าในระดับคงที่เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนทริฟิว ที่ความเร็ว 1920 xg เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแยกส่วนใสใส่ภาชนะที่ทราบน้ำหนักแน่นอนและนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณเป็นร้อยละการละลาย และนำตัวอย่างแป้งที่เหลือในหลอดเซนทริฟิวมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณเป็นร้อยละกำลังการพองตัว

$$\text{ร้อยละการละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (g/g)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

ข3. ลักษณะเนื้อสัมผัสบัวลอย

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)(Stable Micro system, รุ่น TA.XT2i, UK)
2. หัววัด Rounded End probes P/0.25S ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ประกอบหัววัดเข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
2. Calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 1,000 กรัม
3. Calibrate Height โดยตั้งระยะหัววัดให้ห่างจากแท่นวางตัวอย่าง 40 มิลลิเมตร
4. เลือกรูปแบบการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis(TPA) และตั้งค่ารายละเอียดดังต่อไปนี้

   Mode : Measure for compression

   Option : Texture Profile Analysis(TPA)

   Pre-test speed : 1.00mm/sec

   Test-speed : 5.00mm/sec

   Post-test speed : 5.00mm/sec

   Strain : 75%

   Trigger-type : Auto force 5 gram
5. วางขนมบัวลอยบนแท่นตัวอย่างครั้งละ 1 ชิ้น โดยให้หัววัดอยู่ตรงกลางของตัวอย่างจากนั้นกด Start เพื่อเริ่มวัดค่า

ภาคผนวก ค

Sensory Evaluation

ขนมบัวลอยแป้งมันเทศสีม่วง

วันที่ทดสอบ_____ ชื่อผู้ทดสอบ_____ เพศ_____ อายุ _____

แบบทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมบัวลอยแป้งมันเทศสีม่วง

คำชี้แจง : ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบของท่านในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยระดับคะแนน 1-7 ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ 5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง 7 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะคุณภาพ	**ตัวอย่าง**			
	รหัส_____	**รหัส_____**	**รหัส_____**	**รหัส_____**
สี				
กลิ่น				
ลักษณะภายนอก				
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)				
รสชาติ				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยโปรแกรม IBM SPSS Version 22 Staticstic

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง

1. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโปรตีน

Protein

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6	7	8
Pprachuap1	2	2.2600							
Pprachuap2	2		2.3550						
UPprachuap1	2			2.4450					
UPprachuap2	2				2.7000				
UPubon2	2					3.6700			
Pubon2	2						3.9850		
UPubon1	2							4.1350	
Pubon1	2								4.5650
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Protein

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.918[a]	7	1.703	1255.367	.000
Intercept	170.498	1	170.498	125713.037	.000
เปลือก	.012	1	.012	8.521	.019
variety	11.481	3	3.827	2821.694	.000
เปลือก * variety	.426	3	.142	104.656	.000
Error	.011	8	.001		
Total	182.427	16			
Corrected Total	11.929	15			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไขมัน

Fat

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4
Pprachuap1	2	.1760			
Pubon1	2		.4389		
Pprachuap2	2			.6692	
Pubon2	2			.7019	
UPprachuap2	2				.9300
UPubon1	2				.9317
UPprachuap1	2				.9859
UPubon2	2				1.0894
Sig.		1.000	1.000	.706	.111

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.341[a]	7	.192	27.453	.000
Intercept	8.770	1	8.770	1256.734	.000
variety	.224	3	.075	10.706	.004
เปลือก	.952	1	.952	136.356	.000
variety * เปลือก	.165	3	.055	7.898	.009
Error	.056	8	.007		
Total	10.167	16			
Corrected Total	1.397	15			

a. R Squared = .960 (Adjusted R Squared = .925)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเถ้า

Ash

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4
Pubon1	2	2.5650			
Pubon2	2	2.6150			
Pprachuap2	2	2.6200			
Pprachuap1	2	2.7900			
UPubon2	2		3.0350		
UPprachuap2	2		3.1400	3.1400	
UPubon1	2			3.3500	3.3500
UPprachuap1	2				3.4600
Sig.		.059	.305	.060	.284

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ash

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.717[a]	7	.245	26.746	.000
Intercept	138.945	1	138.945	15154.209	.000
variety	.205	3	.068	7.441	.011
เปลือก	1.434	1	1.434	156.401	.000
variety * เปลือก	.078	3	.026	2.833	.106
Error	.073	8	.009		
Total	140.735	16			
Corrected Total	1.790	15			

a. R Squared = .959 (Adjusted R Squared = .923)

4. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเส้นใย

Fiber

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
Pprachuap1	2	.0950				
Pubon2	2	.1500	.1500			
Pprachuap2	2		.1700			
Pubon1	2			.4450		
UPubon2	2				.6250	
UPubon1	2				.6400	
UPprachuap2	2				.6650	
UPprachuap1	2					.7500
Sig.		.059	.447	1.000	.163	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fiber

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.994[a]	7	.142	227.177	.000
Intercept	3.133	1	3.133	5012.640	.000
variety	.056	3	.019	29.973	.000
เปลือก	.828	1	.828	1324.960	.000
variety * เปลือก	.110	3	.037	58.453	.000
Error	.005	8	.001		
Total	4.132	16			
Corrected Total	.999	15			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .991)

5. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน

Anthocyanin

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
Pubon1	2	3.0640					
Pubon2	2		4.1495				
Pprachuap1	2			4.5670			
Pprachuap2	2			4.5755			
UPubon2	2				5.0265		
UPubon1	2					5.6940	
UPprachuap2	2						6.9550
UPprachuap1	2						6.9635
Sig.		1.000	1.000	.938	1.000	1.000	.938

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Anthocyanin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.750[a]	7	3.679	325.474	.000
Intercept	420.148	1	420.148	37173.793	.000
variety	6.659	3	2.220	196.388	.000
เปลือก	17.152	1	17.152	1517.576	.000
variety * เปลือก	1.939	3	.646	57.193	.000
Error	.090	8	.011		
Total	445.988	16			
Corrected Total	25.841	15			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .993)

6. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต

Carbohydrate

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
UPubon1	2	90.9400					
UPprachuap1	2		91.5800				
Pubon1	2			91.9850			
UPubon2	2				92.3600		
Pprachuap1	2				92.5450		
UPprachuap2	2				92.5650		
Pprachuap2	2					94.1850	
Pubon2	2						94.6750
Sig.		1.000	1.000	1.000	.163	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Carbohydrate

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.108[a]	7	3.158	193.090	.000
Intercept	137209.124	1	137209.124	8388788.647	.000
variety	12.101	3	4.034	246.606	.000
เปลือก	8.836	1	8.836	540.207	.000
variety * เปลือก	1.171	3	.390	23.867	.000
Error	.131	8	.016		
Total	137231.363	16			
Corrected Total	22.238	15			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .989)

7. ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Peak viscosity

Peak viscosity

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6	7
อุมป1	2	162.5000						
อุป1	2	186.0000	186.0000					
อุป2	2		191.0000					
อุมป2	2			227.0000				
จมป1	2				457.5000			
จมป2	2					492.5000		
จป2	2						598.0000	
จป1	2							654.0000
Sig.		.052	.641	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peak

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	569391.438[a]	7	81341.634	766.019	.000
Intercept	2202998.063	1	2202998.063	20746.303	.000
เปลือก	20952.563	1	20952.563	197.317	.000
variety	517800.687	3	172600.229	1625.429	.000
เปลือก * variety	30638.188	3	10212.729	96.176	.000
Error	849.500	8	106.188		
Total	2773239.000	16			
Corrected Total	570240.938	15			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .997)

8. ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Trough

Trough

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
อุป2	2	70.0000					
อุมป2	2		101.5000				
อุมป1	2			159.5000			
อุป1	2			183.5000			
จมป1	2				216.5000		
จมป2	2				229.0000		
จป2	2					278.5000	
จป1	2						313.0000
Sig.		1.000	1.000	.073	.313	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Trough

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	96530.438[a]	7	13790.063	102.291	.000
Intercept	601788.062	1	601788.062	4463.889	.000
เปลือก	4795.563	1	4795.563	35.572	.000
variety	83199.688	3	27733.229	205.717	.000
เปลือก * variety	8535.187	3	2845.062	21.104	.000
Error	1078.500	8	134.813		
Total	699397.000	16			
Corrected Total	97608.938	15			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .979)

9.ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Final viscosity

Final viscosity

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
อุป2	2	83.0000					
อุมป2	2		138.5000				
อุมป1	2			233.5000			
อุป1	2			262.5000			
จมป1	2				311.5000		
จมป2	2				322.5000		
จป2	2					388.0000	
จป1	2						445.5000
Sig.		1.000	1.000	.120	.527	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: final viscosity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	205548.750[a]	7	29364.107	106.055	.000
Intercept	1193556.250	1	1193556.250	4310.813	.000
เปลือก	7482.250	1	7482.250	27.024	.001
variety	179381.250	3	59793.750	215.959	.000
เปลือก * variety	18685.250	3	6228.417	22.495	.000
Error	2215.000	8	276.875		
Total	1401320.000	16			
Corrected Total	207763.750	15			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .980)

breakdown

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
อุป1	2	2.5000				
อุมป1	2	3.0000				
อุป2	2		121.0000			
อุมป2	2		125.5000			
จมป1	2			241.0000		
จมป2	2				263.5000	
จป2	2					319.5000
จป1	2					341.0000
Sig.		.959	.643	1.000	1.000	.050

- อิทธิพล

ความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: break down

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	250589.750[a]	7	35798.536	410.298	.000
Intercept	501972.250	1	501972.250	5753.264	.000
เปลือก	5700.250	1	5700.250	65.332	.000
variety	237433.250	3	79144.417	907.099	.000
เปลือก * variety	7456.250	3	2485.417	28.486	.000
Error	698.000	8	87.250		
Total	753260.000	16			
Corrected Total	251287.750	15			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .995)

11. ปัจจัยที่มีผลต่อ Set back

setback

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
อุป2	2	13.0000					
อุมป2	2		37.0000				
อุมป1	2			74.0000			
อุป1	2			79.0000	79.0000		
จมป2	2				93.5000	93.5000	
จมป1	2				95.0000	95.0000	
จป2	2					109.5000	
จป1	2						132.5000
Sig.		1.000	1.000	.504	.064	.064	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: setback

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20806.937[a]	7	2972.420	58.069	.000
Intercept	100330.562	1	100330.562	1960.060	.000
เปลือก	297.563	1	297.563	5.813	.042
variety	18543.688	3	6181.229	120.757	.000
เปลือก * variety	1965.687	3	655.229	12.801	.002
Error	409.500	8	51.188		
Total	121547.000	16			
Corrected Total	21216.437	15			

a. R Squared = .981 (Adjusted R Squared = .964)

12. ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Pasting temperature

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
อุป1	2	77.5750		
จมป2	2		78.8000	
จป2	2		79.1250	
จมป1	2		79.1500	
จป1	2		79.1750	
อุป2	2		79.7250	
อมป1	2			81.1500
อมป2	2			81.3000
Sig.		1.000	.051	.698

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pesting temperature

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.155[a]	7	3.022	21.684	.000
Intercept	101124.000	1	101124.000	725553.363	.000
เปลือก	5.760	1	5.760	41.327	.000
variety	5.787	3	1.929	13.842	.002
เปลือก * variety	9.607	3	3.202	22.978	.000
Error	1.115	8	.139		
Total	101146.270	16			
Corrected Total	22.270	15			

a. R Squared = .950 (Adjusted R Squared = .906)

13. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
จป1	2	19.84200					
อป1	2	19.89450					
จมป1	2		21.69900				
อป2	2		21.98450				
อมป1	2			22.43900			
จมป2	2				22.92000		
จป2	2					23.44200	
อมป2	2						24.82800
Sig.		.795	.182	1.000	1.000	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

- **Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: solu55

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	40.319[a]	7	5.760	151.330	.000
Intercept	7836.587	1	7836.587	205893.431	.000
vatiety	22.038	3	7.346	193.004	.000
เปลือก	11.300	1	11.300	296.881	.000
vatiety * เปลือก	6.981	3	2.327	61.140	.000
Error	.304	8	.038		
Total	7877.211	16			
Corrected Total	40.623	15			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .986)

14. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการพองตัวที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4
จป1	2	5.33100			
อป1	2		5.67750		
อมป1	2		5.87150		
จมป1	2		5.89850		
อมป2	2			6.14400	
อป2	2				6.63400
จป2	2				6.65050
จมป2	2				6.65200
Sig.		1.000	.069	1.000	.869

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: swel55

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.514[a]	7	.502	49.002	.000
Intercept	596.800	1	596.800	58252.852	.000
vatiety	2.914	3	.971	94.823	.000
เปลือก	.019	1	.019	1.819	.214
vatiety * เปลือก	.581	3	.194	18.909	.001
Error	.082	8	.010		
Total	600.397	16			
Corrected Total	3.596	15			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .957)

15. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
อป1	2	21.45100					
อป2	2		21.94650				
จป2	2		22.23250				
อมป2	2			22.72650			
อมป1	2				23.29550		
จป1	2				23.49000		
จมป1	2					24.29000	
จมป2	2						25.77650
Sig.		1.000	.134	1.000	.290	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: solu65

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.382[a]	7	3.912	132.619	.000
Intercept	8575.547	1	8575.547	290735.318	.000
vatiety	10.172	3	3.391	114.948	.000
เปลือก	12.140	1	12.140	411.580	.000
vatiety * เปลือก	5.071	3	1.690	57.302	.000
Error	.236	8	.029		
Total	8603.165	16			
Corrected Total	27.618	15			

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .984)

16. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการพองตัวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
อมป2	2	5.72750				
อป2	2	5.99750	5.99750			
อป1	2		6.11200			
จป2	2			6.76300		
จมป2	2			6.79100		
อมป1	2			7.05400		
จป1	2				7.55700	
จมป1	2					9.96250
Sig.		.086	.430	.077	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: swel65

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.204[a]	7	3.601	189.623	.000
Intercept	783.006	1	783.006	41236.496	.000
vatiety	18.457	3	6.152	324.003	.000
เปลือก	2.411	1	2.411	126.975	.000
vatiety * เปลือก	4.336	3	1.445	76.125	.000
Error	.152	8	.019		
Total	808.362	16			
Corrected Total	25.356	15			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .989)

17. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5	6
อป1	2	41.79050					
อมป1	2		44.96150				
จป2	2		45.15400				
จป1	2		46.02700	46.02700			
จมป1	2			46.87900			
จมป2	2				49.71250		
อมป2	2					51.76550	
อป2	2						57.72600
Sig.		1.000	.075	.126	1.000	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: solu75

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	345.492[a]	7	49.356	198.215	.000
Intercept	36867.072	1	36867.072	148059.192	.000
vatiety	278.404	3	92.801	372.692	.000
เปลือก	1.717	1	1.717	6.897	.030
vatiety * เปลือก	65.371	3	21.790	87.511	.000
Error	1.992	8	.249		
Total	37214.556	16			
Corrected Total	347.484	15			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .989)

18. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการพองตัวที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4
อมป1	2	10.49000			
อป1	2		11.60850		
จมป2	2			13.48200	
อมป2	2				14.36550
จมป1	2				14.38550
จป2	2				14.51500
อป2	2				14.53850
จป1	2				14.66800
Sig.		1.000	1.000	1.000	.389

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: swel75

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35.288[a]	7	5.041	52.120	.000
Intercept	2918.863	1	2918.863	30178.091	.000
vatiety	32.860	3	10.953	113.247	.000
เปลือก	1.699	1	1.699	17.567	.003
vatiety * เปลือก	.729	3	.243	2.512	.132
Error	.774	8	.097		
Total	2954.924	16			
Corrected Total	36.062	15			

a. R Squared = .979 (Adjusted R Squared = .960)

19. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
จป1	2	33.71000				
จมป1	2		35.73950			
จป2	2		36.18300			
จมป2	2		36.91350			
อป1	2		37.09650			
อมป1	2			39.05350		
อมป2	2				41.77450	
อป2	2					45.86850
Sig.		1.000	.066	1.000	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: solu85

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	210.797[a]	7	30.114	83.908	.000
Intercept	23460.896	1	23460.896	65370.874	.000
vatiety	185.554	3	61.851	172.341	.000
เปลือก	.097	1	.097	.270	.617
vatiety * เปลือก	25.146	3	8.382	23.356	.000
Error	2.871	8	.359		
Total	23674.564	16			
Corrected Total	213.668	15			

a. R Squared = .987 (Adjusted R Squared = .975)

20. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการพองตัวที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
อมป1	2	11.97050		
อป1	2	12.31100		
อมป2	2		13.18850	
จมป2	2		13.65450	13.65450
จมป1	2		13.69500	13.69500
จป1	2		13.93700	13.93700
อป2	2			14.25600
จป2	2			14.35250
Sig.		.326	.063	.082

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: swel85

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.702[a]	7	1.529	14.414	.001
Intercept	2881.811	1	2881.811	27169.977	.000
vatiety	8.900	3	2.967	27.972	.000
เปลือก	1.378	1	1.378	12.995	.007
vatiety * เปลือก	.423	3	.141	1.329	.331
Error	.849	8	.106		
Total	2893.361	16			
Corrected Total	11.550	15			

a. R Squared = .927 (Adjusted R Squared = .862)

21. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
จป1	2	28.96400				
อมป2	2	28.98900				
จป2	2		32.03400			
จมป2	2			33.49050		
จมป1	2			33.66050		
อป2	2			33.88300		
อป1	2				34.99800	
อมป1	2					41.55750
Sig.		.956	1.000	.418	1.000	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: solu95

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	220.782[a]	7	31.540	161.997	.000
Intercept	17899.296	1	17899.296	91934.496	.000
vatiety	129.625	3	43.208	221.927	.000
เปลือก	15.282	1	15.282	78.493	.000
vatiety * เปลือก	75.875	3	25.292	129.902	.000
Error	1.558	8	.195		
Total	18121.635	16			
Corrected Total	222.340	15			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .987)

22. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการพองตัวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	2	3	4	5
อป2	2	11.74800				
อมป2	2		13.34700			
อป1	2			15.71250		
จมป2	2			15.82300		
จมป1	2			16.04900		
จป1	2			16.30200	16.30200	
จป2	2				16.91650	
อมป1	2					20.48600
Sig.		1.000	1.000	.114	.084	1.000

- อิทธิพลความแตกต่างของพันธุ์และการปอกเปลือก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: swel95

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	91.926[a]	7	13.132	134.930	.000
Intercept	3993.229	1	3993.229	41028.941	.000
vatiety	65.324	3	21.775	223.725	.000
เปลือก	6.315	1	6.315	64.886	.000
vatiety * เปลือก	20.288	3	6.763	69.483	.000
Error	.779	8	.097		
Total	4085.934	16			
Corrected Total	92.705	15			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .984)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธันยธร ศิริพลไพบูลย์
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2561
โทรศัพท์ 0942412841
Email S.thunyatorn@hotmail.com

ชื่อ-สกุล นางสาวณัฐนรี ชัชวาลวิโรจน์
ตำแหน่ง ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2561
โทรศัพท์ 0869747888
Email Ch.nutnaree@gmail.com