องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บราวนี่

CHEMICAL COMPOSITION OF MANGO NAM DOK MAI NO. 4 PEELS AND BROWNIE PRODUCT DEVELOPMENT

วัลลี ภาคพจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บราวนี

วัลลี ภาคพจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บราวนี่ Chemical Composition of Mango 'Nam Dok Mai No. 4' Peels and Brownie Product Development
ชื่อ – นาสกุล	นางสาววัลลี ภาคพจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อินทิรา ลิจันทร์พร. ปร.ด.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นวพร ลาภส่งผล ..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์นวพร ลาภส่งผล, วท.ด.)

S. Salita ..... กรรมการ

(อาจารย์ลลิตา ศิริวัฒนานนท์, Ph.D.)

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย ..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, Ph.D.)

อินทิรา ..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อินทิรา ลิจันทร์พร, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

S. Salita ..... คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

(อาจารย์ลลิตา ศิริวัฒนานนท์, Ph.D.)

วันที่ 3 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2562

วิทยานิพนธ์	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บราวนี่
ชื่อ – นามสกุล	นางสาววัลลี ภาคพจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อินทิรา ลิจันทร์พร, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอิทธิพลของระยะการสุก (ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก) ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 2) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผงเปลือกมะม่วง 3) ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่ และ 4) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของบราวนี่ผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

การศึกษาอิทธิพลของระยะการสุกต่อคุณภาพของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โปรตีน คลอโรฟิลล์ สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-Diphenly-1-Picrylhydrazyl (DPPH) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากนั้นนำเปลือกมะม่วงไปอบแห้งเพื่อให้ได้ผงเปลือกมะม่วง ที่อุณหภูมิการอบ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำการอบและบันทึกเวลาที่ใช้ในการอบจนตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) น้อยกว่า 0.6 จากนั้นนำมาวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เลือกกระบวนการที่มีปริมาณสารสำคัญคงเหลือมากที่สุด ไปเสริมในผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงที่แตกต่างกันร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้ง) จากนั้นวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คุณภาพทางจุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษา 1) จากการศึกษาอิทธิพลของระยะการสุก ต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 แบบสด พบว่าเปลือกมะม่วงทุกระยะมีผลค่าความชื้น เถ้า คลอโรฟิลล์ สารต้านอนุมูลอิสระ และฟีนอลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในส่วนของเปลือกระยะสุกมีปริมาณไขมันสูงกว่าเปลือกระยะอื่นๆ ในขณะที่เปลือกระยะดิบมีค่าปริมาณโปรตีนสูงที่สุด 2) จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบพบว่า การอบเปลือกระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ด้วยอุณหภูมิ 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบในแต่ละระยะไม่ต่างกันที่ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลการอบแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพเคมีของเปลือกมะม่วง พบว่าเปลือกมะม่วงระยะดิบ อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และปริมาณโปรตีน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ 3) ผลการศึกษาผงเปลือกมะม่วงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้

อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40) เป็นส่วนผสม พบว่าการเพิ่มผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10-40 ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่น องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่มีปริมาณลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และการเสริมผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ร้อยละ 10 ถึง 40 ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 4) การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง พบว่าปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาและเกินมาตรฐานในวันที่ 6 ทุกสิ่งทดลอง การทดสอบทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นว่าการเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า เปลือกมะม่วงระยะดิบ อบที่อุณหภูมิ 65 องศา-เซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง จึงเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน สารต้านอนุมูลอิสระ และสารฟีนอลิกสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์บราวนี่

คำสำคัญ : เปลือกมะม่วง สารต้านอนุมูลอิสระ บราวนี่

Thesis Title	Chemical Composition of Mango 'Nam Dok Mai No. 4' Peels and Brownie Product Development
Name – Surname	Ms. Wallee Pakpot
Program	Food Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Intira Lichanporn, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

The aims of this research were to investigate: 1) the influence of maturity stages (sprung mature green, half-ripe, and ripe) on physical and chemical quality of 'Nam Dok Mai No. 4' mango peel fruit, 2) the influence of different drying temperatures and times on physicochemical quality of mango peel powder, 3) the effects of mango peel powder on physicochemical quality and bioactive compound of the brownie products, and 4) the extending shelf life of the brownie product added with mango peel powder on microbial quality and sensory properties.

The influence of maturity stages on physicochemical quality of 'Nam Dok Mai No.4' mango peel fruit was investigated by the analysis of fat, protein, chlorophyll, and antioxidant with 2, 2-Diphenly-1 -Picrylhydrazyl (DPPH) assay, and total phenolic compound. Then, the mango peel was roasted with the record of time spent at temperatures of 55°, 60°, and 65°C respectively until the samples had water activity (aw) less than 0.6. After that its chemical composition, antioxidant, and total phenolic compound were analyzed. The process with the highest remaining important substance was chosen for the brownie product with various mango peel powder ratios at 0, 10, 20, 30, and 40% (flour basis). Next, chemical composition, antioxidant (DPPH), total phenolic compound, microbial quality, and sensory properties were analyzed.

The results showed that 1) in the study of maturity stages on physicochemical quality of 'Nam Dok Mai No. 4', mango peel's moisture content, chlorophyll starch, antioxidant, and total phenolic compound at all stages did not significantly differ statistically. However, the ripe mango peel had higher fat than other stages while the sprung mature green yielded the highest protein; 2) in the study of the influence of different drying temperature and time on physicochemical quality of mango peel powder in all stages at 55°, 60°, and 65°C for 6, 7, and 8 hours, respectively, the sprung mature green roasted at 65°C for 8 hours had higher bioactive compound, protein, and total phenolic compound than other treatments; 3) in using various amount of mango

peel powder ratios (0, 10, 20, 30, and 40% w/w, flour basis) as an ingredient of the brownie to evaluate the physicochemical quality and bioactive compound, it was found that adding mango peel powder at 10 - 40% increased brownie's firmness and springiness whereas its chemical composition decreased during the storage. Mango peel powder added in brownie at 10 – 40% resulted in an increase of phenolic and antioxidant; 4) in terms of the shelf life of the brownie product added with mango peel powder, it was revealed that the microorganisms increased during storage and it was over standard on the sixth day of the storage in all treatments. The tests of sensory pointed out that the addition of 10% mango peel powder gave no difference with the control treatment. Therefore, it could be concluded that the sprung mature green mango peel roasted at 65°C for 6 hours could be a good source of protein, antioxidant activity, and total phenolic content for the brownie production.

Keywords: mango peel, antioxidant, brownie

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตา ช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อินทิรา ลิจันทร์พร อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ลลิตา ศิริวัฒนานนท์ และดร.นวพร ลาภส่งผล ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัย ตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนเป็นกำลังใจและให้ความห่วงใยด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำ ความห่วงใย และกำลังใจในการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ทั้งทางด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ รวมทั้งให้กำลังใจและคำแนะนาในการปฏิบัติงาน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวิโรจน์ คุณแม่นงนุช ภาคพจน์ ผู้เป็นที่รัก ผู้ซึ่งคอยห่วงใย ให้กำลังใจ ให้โอกาส และทุนในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

ความดีอันเกิดจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ ญาติพี่น้อง และผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่กล่าวนามมา และ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

วัลลี ภาคพจน์

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....(5)
กิตติกรรมประกาศ.....(7)
สารบัญ.....(8)
สารบัญตาราง.....(10)
สารบัญภาพ.....(13)
บทที่ 1 บทนำ.....14
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....14
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....16
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....18
2.1 มะม่วง.....18
2.2 มะม่วงน้ำดอกไม้.....20
2.3 การอบแห้ง.....22
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ.....24
2.5 สารประกอบฟีนอล.....31
2.6 คลอโรฟิลล์.....33
2.7 แคโรทีนอยด์.....35
2.8 จุลินทรีย์ในอาหาร.....36
2.9 บราวนี่.....38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....43
3.1 วัสดุอุปกรณ์.....43
3.2 วิธีการทดลอง.....45
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย.....50
4.1 ศึกษาอิทธิพลของวัยต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ
และปริมาณสาระสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ
ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก.....50

สารบัญ (ต่อ)

4.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้ง
ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่
ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก.....52
4.3 ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4
ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ
และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่.....59
4.4 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์
และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้
เบอร์ 4.....73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....81
บรรณานุกรม.....83
ภาคผนวก.....89
ภาคผนวก ก.....90
ภาคผนวก ข.....92
ภาคผนวก ค.....94
ภาคผนวก ง.....106
ภาคผนวก จ.....108
ภาคผนวก ฉ.....134
ประวัติผู้วิจัย.....138

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบในการผลิตบราวนี่พื้นฐานและบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง.....47
ตารางที่ 4.1 สีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ กึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก.....50
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้าดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ
ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก 5 1
ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เถ้า ปริมาณไขมัน
และปริมาณโปรตีน ของเปลือกมะม่วงน้าดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ
ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก.....52
ตารางที่ 4.4 สีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก
และระยะสุก ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 8 ชั่วโมง..... 56
ตารางที่ 4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของ
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก
ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง.....57
ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ
ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60
และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง.....58
ตารางที่ 4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีนอลิกรวม
ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....59
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (L) ของผลิตภัณฑ์
บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....60
ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (a)
ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....61
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (b)
ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....62
ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 5 สิ่งทดลอง.....63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....64
ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....65
ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีค่า Ash ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....66
ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีค่า Fat ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....67
ตารางที่ 4.16 ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....68
ตารางที่ 4.17 ปริมาณเส้นใยของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริม
เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน
คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....69
ตารางที่ 4.18 แสดงค่าปริมาณน้ำหนักของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4.....70
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าปริมาณความหนาแน่นของบราวนี่เสริม
ผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....71
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าขนาดของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....72
ตารางที่ 4.21 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้
เบอร์ 4 คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....73
ตารางที่ 4.22 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้
เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง.....74
ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์บราวนี่
เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4.....75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.24 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4
ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....76
ตารางที่ 4.25 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านค่าสี
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4 ที่
ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....77
ตารางที่ 4.26 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านค่ากลิ่น
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ บอร์4
ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....78
ตารางที่ 4.27 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4
ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....79
ตารางที่ 4.28 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4
ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....87
ตารางที่ 4.29 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม
ของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4
ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ.....80

สารบัญภาพ

ภาพที่2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ และระยะสุก....18
ภาพที่ 2.2 มะม่วงน้ำดอกไม้.... 20
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของ Troiox....26
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของ Gallic Acid....26
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของ EDTA....27
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ....28
ภาพที่ 2.7 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระดีพีพีเอชทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ..30
ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกโดยทั่วไป....32
ภาพที่ 2.9 ชนิดและการสังเคราะห์ Phenolic compound และการเกิดสีน้ำตาล....33
รูปที่ 2.10 การดูดกลืนสเปกตรัมของแสงขาวของคลอโรฟิลล์ a และ คลอโรฟิลล์ b
ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน และสีแดง....33
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ a และ b....34
ภาพที่ 2.12 บราวนี่....40
ภาพที่ 3.1 มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลดิบมีสีเขียว(ก)
มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกมีสีเขียวปนสีเหลือง(ข)
มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลสุกมีสีเหลือง (ค)....45
ภาพที่ 4.1 มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลดิบมีสีเขียว(ก)
มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกมีสีเขียวปนสีเหลือง(ข)
มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลสุกมีสีเหลือง (ค)....52
ภาพที่4.2 ค่าวอเตอร์แอคทีวีตี้ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....53
ภาพที่4.3 ค่าวอเตอร์แอคทีวีตี้ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....53
ภาพที่4.4 ค่าวอเตอร์แอคทีวีตี้ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะสุก
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....53
ภาพที่ 4.5 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....54
ภาพที่ 4.6 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....54
ภาพที่ 4.7 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะสุก
เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส....54

ที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีวัตถุดิบเหลือทิ้งจำนวนมากจากการผลิตสินค้า หรือผลิตภัณฑ์อาหารในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ทำให้มีขยะเหลือทิ้งจำนวนมากหลังจากการผลิตสินค้า แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการสนใจหามูลค่าเพิ่มจากเปลือกหรือส่วนที่เหลือจากการผลิต เช่น เปลือกผลไม้ เมล็ด หรือส่วนของผลไม้ที่ไม่ได้คุณภาพ โดยนำมาทำการแปรรูปจากของเหลือหลังการผลิตจากอุปกรณ์และของที่มีในสถานที่ผลิตเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้อีกช่องทางให้กับทางโรงงานการผลิต

มะม่วง (*Mangifera indica*) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมสำหรับผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติหวานหอม สีสันสวยงามน่ารับประทาน เปลือกมะม่วงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH (IC_{50}) เท่ากับ 2.32 กรัม/มิลลิกรัม และมีสารประกอบฟีนอลรวมเท่ากับ 72.8 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักแห้ง [1] ในอาหารหลายชนิดนิยมนำเปลือกผลไม้หรือสารสกัดจากผลไม้ผสมลงไป เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เปลือกกล้วย [2] ซึ่งเปลือกเหล่านี้มีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีสารประกอบฟีนอลรวม สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกผลไม้ 8 ชนิด ได้แก่ มังคุด มะม่วง กล้วยหอม ทุเรียน ลองกอง มะละกอ ส้ม และสับปะรด พบว่าเปลือกมังคุด และเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenly-1-Picrylhydrazyl (DPPH) และอนุมูลอิสระ 2, 2'-Azobis (3-Ethylbenzthiazoline-6-Sulfonic Acid) Diammonium Salt (ABTS) สูงกว่าเปลือกผลไม้ชนิดอื่น

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหลายโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหาร เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคสมอง (เช่น อัลไซเมอร์) เป็นต้น รวมทั้งช่วยชะลอกระบวนการบางขั้นตอนที่ทำให้เกิดความแก่โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำอันตราย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็วหรือมากเกินกว่าร่างกายจะกำจัดทัน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สารต้านอนุมูลอิสระลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้ 2 ทาง คือ 1. ลดการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกาย 2. ลดอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ แม้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระไม่สามารถแก้ไขความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้ว แต่สามารถชะลอให้ความเสียหาย เกิดช้าลงได้โดยเฉพาะโรคเรื้อรังซึ่งเป็นผลลัพธ์สะสมที่เกิดจากเซลล์และเนื้อเยื่อในร่างกายถูกทำอันตรายและเสียหายเป็นปีๆโดยมากเป็นเวลาหลายสิบปี สามารถเห็นได้จากการรวบรวมความชุกของโรคว่าโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นมากในผู้ใหญ่วัยกลางคนหรือผู้สูงอายุดังนั้นบุคคลทุกเพศทุกวัยจึงควรได้รับสารต้านอนุมูลอิสระให้พอเพียงต่อความต้องการในแต่ละวัน เพื่อให้เกิดความสมดุลในร่างกายระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระ และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น [3]

บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะผสมระหว่างเค้กและคุกกี้ คือมีลักษณะของส่วนผสมแป้งก่อนอบที่เหลวเหมือนเค้ก แต่มีลักษณะแข็งเหมือนคุกกี้หลังอบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันคือ

เนยและช็อคโกแล็ตที่มาก กรรมวิธีในการทำสามารถทำได้ 2 วิธี คือ กรรมวิธีแบบFoaming Method หรือ Sponge Method วิธีการนี้มีลักษณะกรรมวิธีการทำคล้ายเค้ก และกรรมวิธีแบบ Creaming Method ด้านรูปแบบในการเสิร์ฟมี 2 แบบ คือ บราวนี่ส่วนที่มีหน้าหรือด้านบนที่ราดด้วยช็อคโกแล็ตฟัดจ์ไอซิ่งหลังจากการอบสุก และบราวนี่ที่ไม่มีหน้าแต่จะมีรสชาติเข้มข้นกว่าที่มีหน้าขนม ขนาดของการตัดชิ้นเสิร์ฟตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดตั้งแต่ 4 - 8 เซนติเมตร และอุณหภูมิในการอบตั้งแต่ 325-360 องศาฟาเรนไฮต์นอกจากนี้ในเนื้อขนมส่วนใหญ่นิยมใส่ถั่วต่าง ๆ ลงผสมเพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบราวนี่เหมือนกับเค้กและคุกกี้ ซึ่งจะมีส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะทางโครงสร้าง เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส คือ แป้งสาลี ไขมัน ไข่ไก่ น้ำตาล นม ผงฟู และช็อคโกแล็ตหรือโกโก้ [4]

ดังนั้นการนำผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จะช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ดีต่อสุขภาพอีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงมีความความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมแป้งผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยมีการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกมะม่วง คุณสมบัติทางด้านกายภาพ สารประกอบเคมีและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณสารฟีนอล ร้อยละการยั้งยับอนุมูลอิสระ และการพัฒนาสูตรบราวนี่ผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัยต่อคุณสมบัติกายภาพ เคมี และปริมาณสารสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก

2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี

3. เพื่อศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่

4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี สารประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำในอาหาร โปรตีน ไขมัน เส้นใย และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเปลือกมะม่วงสดน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ระยะดิบ ระยะกึงดิบกึงสุก ระยะสุก

2. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก โดยศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี สารประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำในอาหาร โปรตีน ไขมัน เส้นใย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

3.ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี สารประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำในอาหาร โปรตีน ไขมัน เส้นใย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่

4. ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

1.4 กรอบแนวความคิดของการทดลอง

ศึกษาผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้งเปลือกสดและผงเปลือกอบแห้ง 3 ระยะ คือ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุกต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จุดเด่นอยู่ที่สารอาหาร คือ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง จากนั้นผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้ผลของผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส และศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบราวนี่

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย

1. เผยแพร่กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการแปรรูปเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ โดยวิธีการต่าง ๆ

2. เผยแพร่องค์ความรู้ในรูปแบบบทความวิจัยในวารสารวิชาการ

3. เป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกผลไม้ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเปลือกผลไม้หรือส่วนที่เหลือจากการผลิต

4. เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อยอดไปสู่อุตสาหกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากของเหลือทางอุสาหกรรมการผลิตอาหาร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นมีต้นกำเนิดที่ประเทศอินเดีย โดยในประเทศไทยถือว่าเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจด้านการส่งออกอันดับที่ 3 ของทั่วโลก มะม่วงมีหลายสายพันธุ์สายพันธุ์ที่รู้จักมากที่สุดคือ พันธุ์เขียวเสวย แรด น้ำดอกไม้ อกร่อง ฟ้าลั่น และโชคอนันต์ เป็นต้น แต่ละสายพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันออกไป การนำมารับประทานมีหลายรูปแบบ เช่น สด ดิบและสุก เป็นต้น หรือมีการไปทำเป็นอาหารว่างต่าง ๆ เช่นมะม่วงกวน มะม่วงแก้ว มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงน้ำปลาหวาน ข้าวเหนียวมะม่วง พายมะม่วง นำไปใช้ประกอบอาหาร เช่น ใส่น้ำพริก ยำ และส้มตำ เป็นต้น [5]

ภาพที่ 2.1 : มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ และระยะสุก
ที่มา : วีระ (2559) [6]

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [7]

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นมีลักษณะลำต้นตรงเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ใบเป็นพุ่มทึบใบมีลักษณะเรียวยาว มะม่วงเป็นไม้อายุยืน ลักษณะเด่นของมะม่วงคือ น้ำยางมีทุกส่วนของต้น ในส่วนของทางพฤกษาศาสตร์ที่สำคัญของมะม่วง เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ดของมะม่วง

ลำต้น มีลักษณะลำต้นตั้งตรง สูง 14 เมตร มีลักษณะเปลือกนอกสีน้ำตาลเทาถึงเกือบดำ ช่วงขนาดของลำต้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และช่วงอายุของการเจริญมะม่วง เปลือกนอกของลำต้นมีความแข็งผิวเป็นเกล็ด

ใบ ใบมะม่วงมีลักษณะเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว มีการเรียงตัวสลับกัน ใบอ่อนมีสีแดง ใบแก่เป็นสีเขียวเข้ม รูปร่างของใบมะม่วงมีหลายรูปแบบ เช่น รูปโล่ รูปหอก เรียวยาว เป็นต้น

ดอกและช่อดอก ดอกและช่อดอกของมะม่วงออกที่บริเวณปลายของกิ่งหรือตามกิ่งของลำต้น ความยาวของดอก 16 เซนติเมตร แต่ละช่อมีดอกประมาณ 6,000 ดอก ลักษณะช่อดอกประกอบด้วยดอก 2 ประเภท คือ ดอกสมบูรณ์เพศ และดอกเพศผู้ ดอกสมบูรณ์เพศจะมีเพศผู้และเพศเมียอยู่ภายในดอกเดียวกัน และสามารถเจริญเติบโตกลายเป็นผลได้เมื่อได้รับการผสมเกสร ในส่วนของดอกเพศผู้เป็น

ดอกที่ไม่สามารถเจริญไปเป็นผลได้ตามปกติ เนื่องจากมีดอกสมบูรณ์เพศประมาณร้อยละ 30 ของจำนวนดอกทั้งหมด ซึ่งจะมีมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ปริมาณความสว่างของแสง และฤดูกาล

ผล ผลของมะม่วงมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น ขนาด รูปร่าง สี กลิ่น รสชาติ และปริมาณของเสี้ยนที่ตัวเนื้อของมะม่วง ผิวของมะม่วงมีความเรียบเนียน ลักษณะผลยาว รูปร่างของผลมะม่วงมีแบบกลม ไปจนถึงยาวและเรียวเป็นรูปไข่ สีของผลมะม่วงประกอบไปด้วยการผสมสีต่าง ๆ เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น รสชาติของมะม่วงมีตั้งแต่รสเปรี้ยวไปจนหวานฉ่ำน้ำ รสเปรี้ยวของมะม่วงให้ลักษณะของผลมะม่วงแบบแข็ง รสหวานของมะม่วงให้ลักษณะของผลมะม่วงแบบนิ่ม ละมุนลิ้น มีกลิ่นอ่อน ๆ ไปจนกลิ่นรุนแรง ผลของมะม่วงจะเริ่มแก่หลังจากดอกมีลักษณะบานประมาณ 3–4 เดือน ผลของเปลือกมะม่วงประกอบไปด้วย 3 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอก (exocarp) มีลักษณะหนา เกิดจุดคือต่อมน้ำมัน (oil gland) เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) เป็นส่วนที่ใช้ในการรับประทาน มีเนื้อจำนวนมาก ลักษณะละเอียด ผลดิบมีสีขาวอมเขียว เมื่อสุกมีสีเหลืองอมส้ม และเปลือกชั้นใน (endocarp) คือส่วนที่เป็นเปลือกห่อหุ้มเม็ด มีลักษณะเป็นเสี้ยนและแข็งคล้ายไม้ เปลือกชั้นในอาจล่อนหรือมีเสี้ยนยึดติดกับเปลือกชั้นกลาง

2.1.2 ประโยชน์ของมะม่วง [5]

ใบสดของมะม่วงมีสรรพคุณทางยาและบำรุงร่างกายหลายด้าน เช่น ช่วยรักษาโรคเบาหวาน แก้ซางขโมยในเด็ก ลำต้นสามารถใช้ประกอบอาหารหรือทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ ส่วนผลของมะม่วงมีประโยชน์ในหลายรูปแบบรับประทานสดช่วยให้ร่างกายสดชื่น ทำให้ร่างกายผ่อนคลายในช่วงของการพักผ่อน ปรับสมดุลภายในร่างกาย ในมะม่วงดิบมีวิตามินเอ วิตามินซีสูง บำรุงผิวพรรณให้มีความเปล่งปลั่ง และช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ และมะเร็งผิวหนัง เป็นต้น มะม่วงสุกเป็นยาขับปัสสาวะได้ดี

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงดิบต่อ 100 กรัม

- พลังงาน 60 กิโลแคลอรี่
- คาร์โบไฮเดรต 15 กรัม
- น้ำตาล 13.7 กรัม
- เส้นใย 1.6 กรัม
- ไขมัน 0.38 กรัม
- โปรตีน 0.82 กรัม
- วิตามินเอ 54 ไมโครกรัม 6%
- วิตามินบี1 0.03 มิลลิกรัม 2%
- วิตามินบี2 0.04 มิลลิกรัม 3%
- วิตามินบี3 0.67 มิลลิกรัม 4%
- ธาตุแคลเซียม 11 มิลลิกรัม 1%

ร้อยละของปริมาณแนะนำที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันสำหรับผู้ใหญ่ (ข้อมูลจาก USDA Nutrient database) [5]

2.2 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วง *Mangifera indica Linn.* เป็นไม้ผลยืนต้น ไม่ผลัด ใบอยู่ในวงศ์ *ANACARDIACEAE* ถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอินเดียจนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [8] และมีพื้นที่ในการเพาะปลูกมากที่สุดในกลุ่มไม้ผลทุกชนิด การเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปตามภูมิภาคในภาคกลางจะเก็บเกี่ยวในช่วงของเดือนมีนาคม-เมษายน ส่วนในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (รวยริน, 2547) [9] มะม่วงน้ำดอกไม้ *Mangifera indica Linn. cv. 'Nam Dokmai'* นิยมนำไปรับประทานแบบสุก มีลักษณะของการการออกดอกของต้นมะม่วงดก การติดผลของมะม่วงปานกลาง ให้ผลทุกปีผลของมะม่วงมีน้ำหนักประมาณ 330 กรัม ลักษณะของผลมะม่วงลูกใหญ่ ลักษณะรีมีส่วนปลายผลแหลม ในเรื่องของรสชาติมะม่วงผลมะม่วงดิบจะมีรสชาติเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวลออกขาว เนื้อของผลมะม่วงแน่น ผลมะม่วงสุกมีผิวสีเหลืองออกส้ม มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ ลักษณะเนื้อละเอียดมีเสี้ยนปริมาณน้อย รสชาติหวาน อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกที่บาง เกิดความช้ำได้ง่ายไม่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (anthracnose, โรค เชื้อราทำลายผลไม้) ได้รับความนิยมปลูกมากเพราะเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย บังคับหรือเร่งให้ออกนอกฤดูได้ดี และตรงกับความต้องการตลาดต่างประเทศ [10]

ภาพที่ 2.2 : มะม่วงน้ำดอกไม้
ที่มา : วีระ (2559) [6]

ลักษณะประจำพันธุ์

1. มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เปลือกนอกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปป้อมในช่วงกลางใบ ปลายใบแหลม ฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่น การออกดอกปานกลาง การติดผล ปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน ฤดูกาลผลิตนอก ฤดูกาลผลมีความยาว 16.45 เซนติเมตร กว้าง 7.16 เซนติเมตร หนา 6.18 เซนติเมตร ผลมีน้ำหนัก 300-400 กรัม ความหนาเนื้อ 2.19 เซนติเมตรไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ความหนาเปลือก 0.15 เซนติเมตร ขนาดของเมล็ด กว้าง 3.94 เซนติเมตร ยาว 13.49 เซนติเมตรหนา 1.52 เซนติเมตร น้ำหนัก

เมล็ด 30 กรัม ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 22 brix มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีเปลือกบางกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ทำให้ช้ำและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนส

รูปร่าง : มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงประเภทรับประทานแบบสุก ผลรูปร่างขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 400 กรัม ผลอ้วนเกือบกลมหัวใหญ่ลักษณะปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อผลดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวล เนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสชาติหวาน [11]

มะม่วงของไทยที่จำหน่ายในประเทศญี่ปุ่น ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์มะม่วงน้ำดอกไม้ และมีชื่อเรียกอื่น ๆ ได้แก่ “Golden mongo” “Yellow mango” มะม่วงน้ำดอกไม้ เป็นที่รู้จักและนิยมมากที่สุดในญี่ปุ่น ซึ่งในปัจจุบันมีความนิยมมากโดยเฉพาะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีรูปทรงไข่แบน น้ำหนักผล 300-500 กรัม เปลือกบาง ผิวและเนื้อสีเหลือง มีจุดเด่นที่สีผิวเหลืองนวลสวยงาม เนื้อแน่น นุ่มเป็นเสี้ยนเล็กน้อย มีเนื้อมาก เมล็ดบาง รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย และหวานหอมเมื่อช่วงแก่จัดเหมาะกับการรับประทานแบบสุก มีลักษณะผิวบาง ต้องได้รับการดูแลรักษาอย่างดี ผลดิบจะมีรสเปรี้ยวมาก รับประทานเป็นมะม่วงดิบ หรือทำสลัดได้ จากการที่น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงพันธุ์ยอดนิยมในตลาดต่างประเทศจึงมีผู้ปลูกกันมาก [12]

2.2.1 ประเภทมะม่วงน้ำดอกไม้

2.2.1.1 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้กลายพันธุ์จากต้นแม่คือ น้ำดอกไม้พระประแดงจะคงลักษณะที่ดีของต้นแม่ไว้แล้วยังมีสีผิวที่สวยสะดุดตา คือเป็นสีเหลืองอ่อนคล้ายมะม่วงสุกแม้ว่าจะยังอยู่บนต้นก็ตามกล่าวคือผลมะม่วงพันธุ์นี้ในตอนติดผลขนาดเล็กอายุประมาณ 1.5-2 เดือนสีผิวจะมีสีเขียวอ่อน หลังจาก 2 เดือน สีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจนเหลืองเข้มเมื่อแก่จัด และสำคัญเมื่อเก็บผลในตอนแก่จัดมาบ่มจะมีรสชาติหวานหอม เนื้อไม่มีเสี้ยน เนื้อมีสีเหลือง เมล็ดบาง น้ำหนักต่อผลประมาณ 300-400 กรัม/ผล

2.2.1.2 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4 เป็นไม้ยืนต้นสูง 10-15 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาเยอะ ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยว ดอกออกเป็นช่อที่ปลายยอด แต่ละช่อประกอบด้วยดอกย่อยขนาดเล็กสีนวล ดอกมีกลิ่นหอม ผลรูปกลมรี ยาว ปลายผลย้วยสวยงามมาก เวลาติดผลจะเป็นพวง 3-5 ผล ผลโตเต็มที่น้ำหนักเฉลี่ย 1 ผล ต่อ 1 กิโลกรัม หรืออาจหย่อนเล็กน้อย เมล็ดลีบ ให้เนื้อเยอะ ผลดิบ เป็นสีเขียว นวล รสชาติมะม่วงดิบเปรี้ยวมาก เมื่อสุกเนื้อในเป็นสีเหลืองออกส้มหน่อยๆ รสชาติหวานหอม [13]

ชานนท์ และอนุวัตร (2553) ได้เปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะดิบและสุก จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (GDA) พบว่า สามารถจำแนกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงทั้ง 2 ระยะได้อย่างละ 37 คุณลักษณะ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มคือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อ สัมผัส และความรู้สึกตกค้าง เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค PCA เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า คุณลักษณะแยกออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มที่จะมีความโดดเด่นเมื่อมะม่วงอยู่ในระยะสุกและอีกกลุ่มที่จะมีความโดดเด่นเมื่อมะม่วงอยู่ในระยะดิบ จากที่กลุ่มคุณลักษณะทั้ง 2 อยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกันบนแกน PC1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้เปลี่ยนไป กลุ่มของคุณลักษณะที่แสดงความโดดเด่นออกมาจะต่างกัน มะม่วงในระยะสุกมี

คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง มีค่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ สีของเปลือก L*, a*, b* (86.22, 3.13, 31.71) สีของเนื้อ ใน L*, a*, b* (59.69, 7.44, 38.16) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ได้ทั้ง หมดร้อยละ 16.69 ค่าความแข็งของเนื้อ ใน 0.43 นิวตัน และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ร้อยละ 0.16 [14]

เจนจิรา และประสงค์ (2554) [15] ได้ศึกษาชนิดของวัสดุในการห่อผลมะม่วงที่มีผลต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยทำการห่อผลด้วยถุงกระดาษคาร์บอน ถุงใยสังเคราะห์ และถุงกระดาษสีขาวเปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ห่อ (ชุดควบคุม) พบว่ามะม่วงที่ห่อด้วยถุงกระดาษคาร์บอนมีน้ำหนักผล (325.02 กรัม) และความกว้างผลมากสุด (70.39 มิลลิเมตร) ในขณะที่มะม่วงที่ห่อด้วยถุงกระดาษสีขาวมีปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (1.50 เปอร์เซ็นต์) และความแน่นเนื้อสูงสุด (13.57 นิวตัน/ตารางเซนติเมตร) สีผิวเปลือกผลมะม่วงที่ห่อด้วยถุงกระดาษคาร์บอนมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) มากสุด (66.29 และ 7.14 ตามลำดับ) แต่ให้ค่า hue angle น้อยสุด (79.53) ส่วนความพึงพอใจของผู้บริโภค มะม่วงที่ห่อผลด้วยถุงกระดาษคาร์บอนมีคะแนนด้านสีผิวเปลือกและสีเนื้อมากสุด คือ 4.13 และ 3.60 คะแนน ตามลำดับ ดังนั้นการห่อผลด้วยถุงกระดาษคาร์บอนส่งผลให้คุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ดีที่สุด [15]

2.3 การอบแห้ง (Drying) [16]

2.3.1 หลักการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นการดึงความชื้น คือการดึงน้ำออกจากเนื้อวัสดุโดยมีจุดประสงค์เพื่อความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เนื่องจากการอบแห้งทำให้ปริมาตรและน้ำหนักที่ได้ลดลง การอบแห้งโดยทั่วไปมีอิทธิพลมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังจากการอบแห้ง ในเรื่องของสีกลิ่น และรสชาติระหว่างการอบแห้งมีกระบวนการถ่ายเทเกิดขึ้นคือการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกไปยังผิวหน้าของวัสดุอาหารและการถ่ายเทมวลส่งไปยังผิวของวัสดุอาหารเนื่องมาจากการถ่ายเทความชื้นสู่สิ่งแวดล้อม พลังงานถ่ายเทสู่วัสดุอบแห้ง 2 แบบ คือ

1. การพาความร้อน เกิดขึ้นเมื่อพลังงานสำหรับการระเหยได้รับจากกระแสอากาศร้อนที่ไหลผ่านวัสดุเช่น การอบแห้งแบบถาด, belt-conveyor, flash, fluid-bed และspray drying
2. การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อวัสดุสัมผัสกับผิวร้อน ในกรณีของเครื่องอบแห้ง แบบลูกกลิ้งหรือ rotary dryer

2.3.2 ปัจจัยที่สำคัญซึ่งมีผลต่ออัตราการอบแห้งคือ

1. ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่ออัตราการอบแห้ง หากสภาพทางธรรมชาติของวัสดุเอื้ออำนวยต่อการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำภายในเนื้อวัสดุและเอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากวัสดุเช่น โครงสร้างของวัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนโมเลกุลของน้ำในเนื้อวัสดุสามารถเคลื่อนที่ออกมาได้ง่ายส่งผลให้วัสดุที่ทำการอบแห้งมีความแห้งที่ไวขึ้นจากปกติ

2. ขนาดและรูปร่างของวัสดุ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนให้ทั่วชิ้นวัสดุทำให้การระเหยน้ำออกจากเนื้อวัสดุดีขึ้นอัตราการอบแห้งไวขึ้น

3. ปริมาณและการจัดเรียงวัสดุ ปริมาณของวัสดุมากเกินไปจะทำให้บริเวณตรงกลางของวัสดุได้รับความร้อนไม่ทั่วถึงทำให้อัตราการแห้งช้าลง การจัดเรียงที่เหมาะสมควรทำการจัดเรียงเป็นแบบชั้น เพื่อให้วัสดุได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอและเป็นการลดเวลาในการอบแห้ง

4. อุณหภูมิของอากาศร้อน เมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อนสูงขึ้นอัตราการอบแห้งจะเร็วขึ้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศร้อนกับวัสดุ

5. ความชื้นของอากาศร้อน ความชื้นของอากาศร้อนมีค่าสูงจะส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำ และการระเหยของไอน้ำออกจากเนื้อวัสดุได้ยาก

6. ความดันของบรรยากาศการอบแห้งโดยทั่วไปนิยมที่ความดันหนึ่งบรรยากาศถ้าหากมีการลดความดันของบรรยากาศในขณะทำการอบแห้งจะทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะทำให้จุดเดือดของน้ำลดลงซึ่งการอบแห้งประเภทนี้เหมาะกับการอบแห้งวัสดุที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเนื่องจากความร้อนเครื่องอบแห้งมีการลดความดันในสภาวะการอบแห้งเช่นเครื่องอบแห้ง สุญญากาศแบบลูกกลิ้ง (Vacuum Drum Drier) เป็นต้น

7. ความเร็วลมร้อน ถ้าความเร็วของลมร้อนมีค่ามากจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าวัสดุได้ดีขึ้นทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

2.3.4 การหาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก คือวิธีโดยตรง (Direct Method) และวิธีโดยอ้อม (Indirect Method) วิธีโดยตรงเป็นการนำความชื้นออกจากวัสดุและวัดปริมาณความชื้นนั้น วิธีที่เป็นพื้นฐานในการหาค่าความชื้นคือ Oven method, Brown Duvel method, Infra-redlamp method ส่วนวิธีโดยอ้อมนั้น จะเป็นการใช้คุณสมบัติอื่นของวัสดุที่มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้น เช่น ความต้านทานไฟฟ้าหรือคุณสมบัติทางไดอิเลคตริก (Dielectric) วิธีการนี้เป็นวิธีที่รวดเร็ว เนื่องจากคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความชื้นจะต้องมีการตรวจสอบกับค่าวิธีพื้นฐานตัวอย่างของการหาความชื้นโดยอ้อม คือ Resistance method, Capacitance method, Relative Humidity method, Chemical method

การอบแห้งผักและผลไม้โดยทั่วไปนิยมอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-65 °C [17] จะได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้งส่วนใหญ่ขนาด 5-15 mm ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ต้องการรักษาคุณภาพด้านสี จะมีเทคนิคต่าง ๆ เพื่อรักษาสีของผลิตภัณฑ์ เช่น การควบคุมบรรยากาศในการอบแห้ง โดยการอบแห้งแบบสุญญากาศหรือการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง หรือการใช้ก๊าซเข้าไปแทนที่ออกซิเจนในระบบอบแห้ง ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เกิดสีหมองคล้ำของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง

วิภาวี และกุลนาภ (2558) ได้ศึกษาการรักษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเปลือกมะม่วงเขียวพันธุ์แก้วขมิ้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารจากเปลือกมะม่วงต่อการยับยั้ง แบคทีเรีย โดยศึกษาอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งเปลือกมะม่วงที่ 2 ระดับ คือ 40 องศาเซลเซียส และ65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าเปลือกมะม่วงผงที่ผ่านการอบแห้งทั้งสองอุณหภูมิมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีและค่า

ความแดง (a*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าการอบที่ระดับอุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส ให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเหลือง (b*) มากกว่าการอบที่ระดับอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เปลือกมะม่วงผงที่สกัดด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 50 องศาเซลเซียส และ 75 องศาเซลเซียส เมื่อนำสารสกัดดังกล่าวมาศึกษาคุณสมบัติการยับยั้ง เชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด คือ Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Salmonella Typhimurium และPseudomonas fluorescens พบว่าอุณหภูมิของการอบแห้งและการสกัดเปลือกที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้แสดงผลการยับยั้ง แบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดไม่แตกต่างกัน โดยให้ค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้ง การเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (MBC) ที่ระดับความเจือจางร้อยละ 12.5 และ 50 ตามลำดับ [18]

รัชพล และจุฑาทิพย์ (2558) ได้ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ปริมาณความชื้นและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ) และศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากเปลือกส้มโอ พบว่าวิธีการอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น และการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกส้มโอ ($p\leq0.05$) โดยวิธีการอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวจะใช้เวลานานกว่าวิธีการอบด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ สำหรับค่าการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าวิธีการอบแห้งจะแปรผันกับอุณหภูมิและเวลา โดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ร่วมกับไมโครเวฟ 200 วัตต์ 15 วินาที จะให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 6.96 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid และคิดเป็นร้อยละ 15.89 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน **α**-tocopherol สำหรับผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงที่สุดในเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ 1.5 กรัม : น้ำตาล 3.5 กรัม : นม 15 มิลลิลิตร [19]

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ [20]

2.4.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radical) หมายถึง สารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpaired electron) ในอะตอมหรือโมเลกุล พบได้ทั้งสิ่งแวดล้อม ในสิ่งมีชีวิต และในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์ หรือจากกระบวนการเมตาบอลิซึม อนุมูลอิสระว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก และสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไป เพื่อให้ตัวเองเกิดความเสถียร เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา (บุหรัน, 2556) [21] อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆในทางชีววิทยาเป็นตัวตั้งต้นที่ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Oxygen Species, ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Nitrogen Species, RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Chlorine Species, RCS)

อนุมูลอิสระสามารถทำลายชีวโมเลกุลทุกประเภท ทั้งในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น ลิพิด โปรตีน เอนไซม์ ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ คาร์โบไฮเดรต เซลล์เมมเบรน คอลลาเจน ไมโตคอนเดรีย และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การเกิดการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์และก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ

ได้แก่ โรคความจำเสื่อม โรคภูมิแพ้ โรคหัวใจขาดเลือด โรคมะเร็ง โรคข้ออักเสบ โรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติของผิวหนัง และโรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น อนุมูลอิสระมีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือ จากภายในร่างกาย เช่น การเผาผลาญอาหาร การหายใจ การติดเชื้อ ความเครียด จากภายนอกร่างกาย ได้แก่ การได้รับเชื้อโรคเช่น การติดเชื้อโรคไวรัส โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน การรับรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา การทำอาหารไหม้เกรียมหรือเกิดจากการปิ้งย่าง เกิดจากยาบางชนิด เช่น ด็อกโซรูบิน เพนนิซิลลามิน พาราเซตามอล [20]

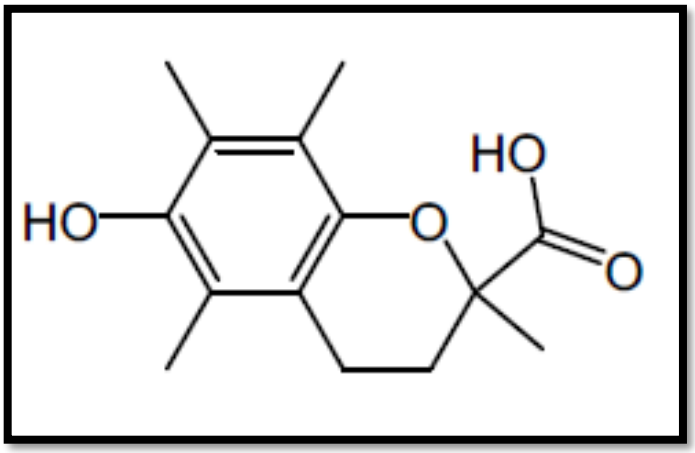
2.4.2 สารต้านอนุมูอิสระ (Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระหรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกลการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical Scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (Singlet Oxygen Quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking) เสริมฤทธิ์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme Inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ เป็นต้น [15]

2.4.2.1 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ มี 2 แหล่ง [20]

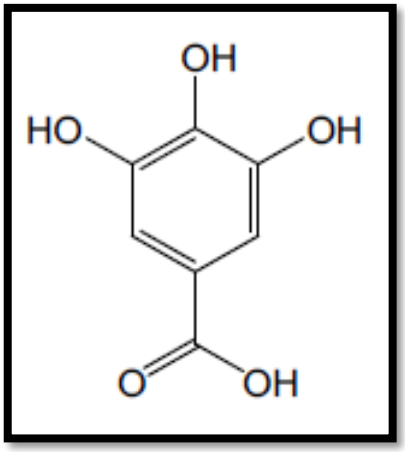
2.4.2.1.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic Antioxidants) สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี ถูกออกแบบให้มีโมเลกุลเล็ก เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุที่มาให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป สารสังเคราะห์นี้มีสภาพคงตัวกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์มีดังนี้

ก. Trolox หรือ 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid มีสูตรโมเลกุลทางเคมี คือ $C_{14}H_{18}O_4$ (ภาพที่ 2.3) เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนสายอัลเคน เป็นหมู่คาร์บอกซิลิกละลายน้ำได้ดี Trolox ออกฤทธิ์ทันทีในวิธีการตรวจสอบหลายวิธี ในการวิจัยนิยมใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานในการตรวจฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ



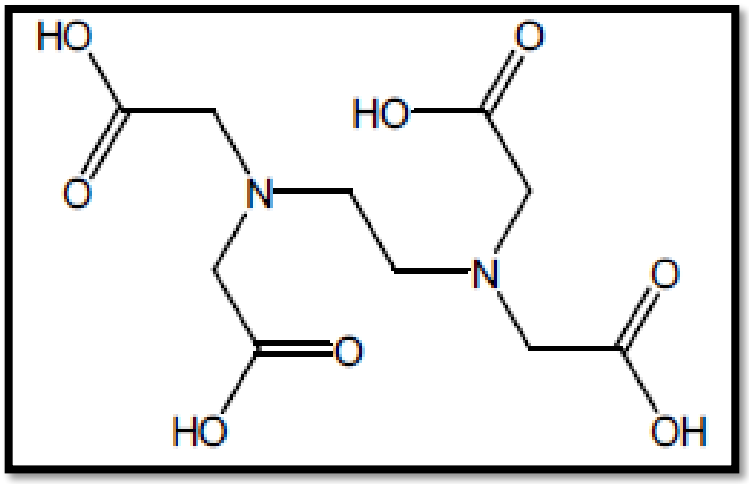
ภาพที่ 2.3 : โครงสร้างทางเคมีของ Trolox
ที่มา : ปวีณา (2559) [22]

ข. Gallic Acid หรือ 3,4,5-hydroxybenzoic acid เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_7H_6O_5$ (ภาพที่ 2.4) gallic acid เป็นส่วนประกอบของแทนนิน พบมากในองุ่น ใบชา เปลือกไม้โอ๊คและพืชอื่น ๆ โดยทั่วไปจะใช้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมทางยา คุณสมบัติของ gallic acid คือ สามารถยับยั้งเชื้อรา เชื้อไวรัส และมีคณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดี



ภาพที่ 2.4 : โครงสร้างทางเคมีของ gallic acid
ที่มา : ปวีณา (2559) [22]

ค. EDTA หรือ Ethylenediaminetetraacetic acid มีสูตรโมเลกุลทางเคมี คือ $C_{10}H_{16}N_2O_8$ (ภาพที่ 2.5) มีคุณสมบัติเป็นสารคีเลต โดยการจับกับธาตุโลหะที่มีประจุ เช่น ตะกั่ว เหล็ก สังกะสี แคดเมียม แมงกานีส และทองแดง ซึ่งประโยชน์ทางการแพทย์สามารถนำมาใช้กำจัดไอออนของโลหะต่าง ๆได้



ภาพที่ 2.5 : โครงสร้างของ EDTA
ที่มา : ปวีณา (2559) [22]

2.4.2.1.2 สารต้าน อนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์เป็นได้ทั้ง เอนไซม์ วิตามิน เบต้า-แคโรทีน (ß-carotene) รวมถึงกลุ่มโพลิฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ฟีนิลโปรพานอยด์ (Phenylpropanoids) และกรดฟีนอลิก (Phenolic Acid) เป็นต้น
ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ มีดังนี้

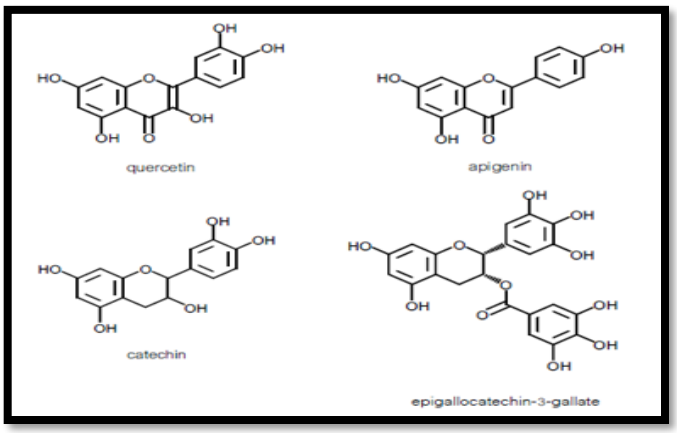
ก. วิตามินเอ พบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรที-นอยด์ที่เปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ จัดเป็นสารตั้งต้นวิตามินเอ เรียกว่า โปรวิตามิน-เอ พบในพืชผัก ใบเขียว ผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง สีส้มแดง

ข. วิตามินซี มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic Acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้น วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล Hydroxyl และอนุมูล Peroxyl ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชันของวิตามินอีด้วย

ค. วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยวิตามินอีทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชันตัวอื่น ๆ เช่น วิตามินซีและซิลิเนียม เป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินเอมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว ในธรรมชาติมีวิตามินหลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และ โทโคทินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟา (α) เบต้า (β) แกมมา (γ) และเคลต้า (δ) วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล Peroxyl

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลที่พบมากชนิดหนึ่ง จะพบมากในพืชผักและผลไม้ มีหน้าที่สองอย่าง คือเป็นรงควัตถุ ทำหน้าที่ในการกรองแสงที่มีความยาวคลื่นที่จำเพาะเจาะจง และทำหน้าที่สารต้านออกซิเดชัน โดยไปกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์พืชออกไป ความสามารถของการต้าน

ออกซิเดชันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติของฟลาโวนอยด์ ยังสามารถช่วยลดอาการอักเสบ ช่วยให้หลอดเลือดเกิดการแข็งตัว ช่วยการไหลเวียนเลือด ทำหน้าที่ต่อต้านแบคทีเรียและไวรัส ตัวอย่างสารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น เคอร์ซิทิน (Quercetin), แคทิชิน (Catechin), แกลโลแคทิชิน (Gallocatechin), อีพิแคทิชิน (Epicatechin), อีพิแกลโลแคทิชิน (Epigallocatechin, EGC), อิพิแกลโลแคทิชิน-3-แกลเลต (Epigallocatechin-3-gallate, EGCG) และลูติโอลิน (Luteolin) เป็นต้น [23] ภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 : สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา : ปวีณา (2559) [22]

2.4.3 ตัวอย่างอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง

2.4.3.1 เปลือกมะม่วงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ เช่น polyphenols และ flavones สารเหล่านี้จัดเป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีฤทธิ์ในการยับยั้งสารต้านอณุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งและมีผลต่อการลดระดับคลอเรสเตอรอล [24]

มะม่วง 3สายพันธุ์ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงเขียวเสวย และมะม่วงแก้ว มีสารประกอบฟีนอลิกในผลดิบที่ประมาณ 3มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และในผลสุกมีปริมาณ 1-5mg/gของน้ำหนักแห้งในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ด้วยเทคนิค HPLC พบว่ามะม่วงสุกทั้ง3 สายพันธุ์ มีวิตามินซีอยู่ในช่วง 0.27–0.28 mg/gซึ่งต่ำกว่าในเนื้อมะม่วงดิบ ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงสุกพบว่ามะม่วงเขียวเสวยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดรองลงมาคือมะม่วงแก้วและมะม่วงน้ำดอกไม้ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ประมาณ 82–89% [25]

2.4.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity Determination)

วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณ ในแต่ละประเภทจะมีหลายวิธีด้วยกันซึ่งแต่ละวิธีมีความจำเพาะแตกต่างกันโดยปกติมักใช้หลายวิธีร่วมกันในกาตรวจสอบและสรุปผล

2.4.4.1 วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพเป็นการทดสอบเพื่อหาชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระเช่น ทำให้เกิดสี ทำให้เกิดตะกอนความสามารถของการละลายในตัวทำละลาย และการถูกดูดซับ วิธีวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่นิยม ได้แก่ การตรวจวัดสารโพลีฟีนอลชนิดต่าง ๆ โครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography, TLC) และการตรวจหาสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [21]

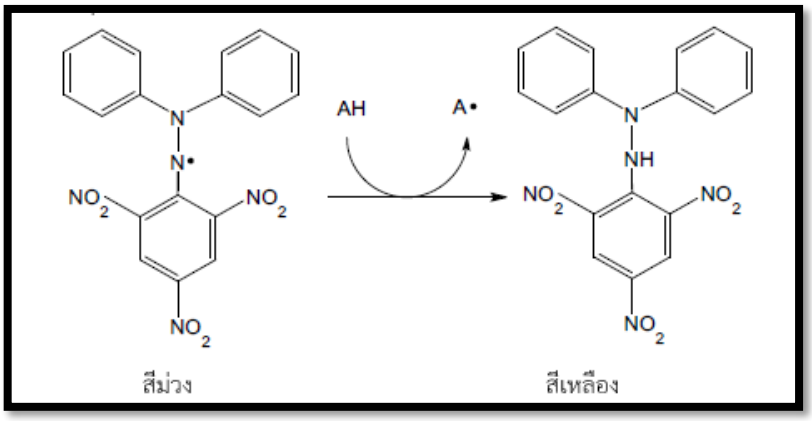
2.4.4.1.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง High performance liquid Chromatography (HPLC) มีส่วนของแรงปั๊มช่วยให้ตัวทำละลายหรือเฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) และตัวดูดซับหรือเฟสอยู่กับที่ (Stationary Phase) บรรจุเป็นทรงกลมเล็ก ๆ หรือเรียกว่า คอลัมน์ (Column) โดยสารตัวอย่างแต่ละชนิดจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์หรือ Stationary Phaseได้แตกต่างกัน คอลัมน์ต่างชนิดกันแยกสารได้แตกต่างกัน ซึ่งสารที่ถูกดูดซับได้น้อยจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ออกมาก่อน ส่วนสารที่ถูกดูดซับได้ดีจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ออกมาทีหลังองค์ประกอบอีกส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนตรวจวัดสัญญาณ (Detector) มีหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณของสารตัวอย่างที่แยกออกมาแต่ละชนิด ซึ่งสัญญาณที่ตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีค (Peak) เรียกว่าโครมาโตแกรม (Chromatogram) โดยส่วนตรวจวัดสัญญาณสามารถตรวจวัดด้วย UV, Fluorescence, IR เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความจำเพาะเจาะจงกับสารแตกต่างกัน การแยกสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้เครื่อง HPLC สามารถตรวจหาสารได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณในเวลาเดียวกันอีกทั้งสามารถหาสารหลายชนิดไปพร้อม ๆกันทั้งนี้ต้องมีสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบโดยสารชนิดเดียวกันจะมีพีคออกมาในระยะเวลา (Retentiontime) เดียวกันเสมอ ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารหลายชนิดได้พร้อมกัน และวิเคราะห์สารได้ในปริมาณต่าง ๆ แต่มีข้อเสีย คือ มีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากเครื่อง HPLC มีราคาแพง และ Mobile Phase ต้องใช้ประเภท HPLC grade [26]

2.4.4.2 วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณ (บุหรัน, 2556) [17]

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างประเภทต่าง ๆ วิธีที่นิยม ได้แก่ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH) วิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS) การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) และ (Cupricreducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)) ซึ่งวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนและวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง หรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ หน่วยของการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณแสดงได้ 2 แบบ คือ(1) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในตัวอย่าง ซึ่งค่าตัวเลขสูงก็แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และ (2) แบบปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลง 50% (IC_{50}, 50 % of inhibitory concentration) โดยค่าตัวเลขต่างแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ทั้งสองแบบสามารถแสดงหน่วยได้หลากหลาย ได้แก่ µM/mg, mM/mg, µM/mL, mM/mL และ mmol/g เป็นต้น

2.4.4.2.1การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (Diphenylpicryhydrzyl (DPPH) Radical Scavenging Assay) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูล

อิสระที่คงตัวและมีสีม่วงสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตรมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายด้วยเอทานอล (สารที่ให้อิเล็กตรอน) จะทำให้สีม่วงค่อยๆจางลง จนมีลักษณะเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 : แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระดีพีพีเอชทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา : ปวีณา (2559) [22]

การนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง เก็บที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทำให้สามารถหาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้ง DPPH สูตรคำนวณได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงจากการใส่ตัวอย่างเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น (ก่อนใส่สารตัวอย่าง) ดังนี้

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A0 - Ag)/A0] \times 100$$

โดย A0 = ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น

Ag = ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่างสารมาตรฐานที่ใช้ใน การเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ โทรล็อกซ์ แสดงค่าเป็น TEAC

ข้อดีคือ มีความสะดวก และรวดเร็วเป็นการประหยัดเลาในการวิเคราะห์ เมื่อมีข้อดีก็ต้องมีข้อเสียของวิธี DPPH คือ สาร DPPH ค่อยข้างเสถียรได้ช้าต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายจริง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้า ทำให้ค่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง และต้องเตรียมสารละลายในตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งจะทำให้โปรตีนตกตะกอนจึงไม่สามารถวิเคราะห์ในตัวอย่างที่เป็นเลือดได้ และการปนเปื้อของตัวอย่าง หรือโลหะส่งผลเกิดการรบกวน (Interfere) ซึ่งสามารถเป็นตัวรีดิวซ์แล้วทำให้สีของ $DPPH^+$ จางลงได้

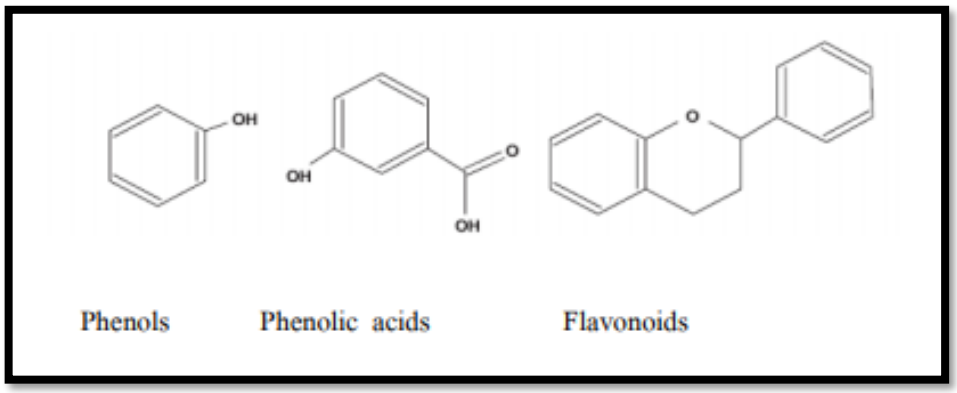
ดวงพร (2558) ได้จัดมะม่วงไว้เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีสรรพคุณทางยา ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน รวมทั้งปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกใน

มะม่วงดิบและสุกของพันธุ์พื้นบ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน โดยวิธี HPLC และทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของมะม่วง 3 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 2.78-4.12 mg gallic acid/100 g FW และมีค่าแตกต่างเพียงเล็กน้อยระหว่างสายพันธุ์ พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด แต่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีDPPH และ FRAP มากเป็นอันดับ 2 รองจากมะม่วงพันธุ์มหาชนก สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า ในมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 2.29-3.79 mg/100g และมะม่วงสุกมีค่าระหว่าง 20.54-50.32 mg/100g FW โดยมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกมีปริมาณแคโรทีนมากที่สุด และมะม่วงพันธุ์ขายตึกดิบมีปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุดสำหรับปริมาณไลโคปีน พบว่า มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมสารไลโคปีนในเนื้อผล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.22–0.28mg/100 g FW โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุดเท่ากับ 0.28 mg/100 g FW รองลงมาคือมะม่วงพันธุ์ขายตึกและพันธุ์มหาชนกมีปริมาณไลโคปีนเท่ากับ 0.25 และ 0.22 mg/100 g FW ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.27–185.25 mg/100g และปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงสุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.12-978.12 mg/100g โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 978.12 mg/100 g FW [27]

ปฏิวิทย์ และคณะ (2554) ได้เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง 10 ชนิดได้แก่ ส้มเขียวหวาน (Citrus reticulata) ส้มโอ (Citrus maxima Merr.) กล้วยน้ำว้า (Musa sapientum Linn.) มะไฟ (Baccaurea ramiflora Lour.) แตงโม (Citrullus vulgaris) สับปะรด (Ananas comosus Merr.) แคนตาลูป (Cucumis melo var.) มะละกอ (Carica papaya L.) มะม่วงดิบ และมะม่วงสุก (Mangifera indica L.) นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging และ total antioxidant capacity) และสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบและมะม่วงสุก มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (IC_{50} เท่ากับ 2.32 และ 2.31 กรัม/ มิลลิลิตร ตามลาดับ) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (เทียบกับกรดแอสคอบิก และแกลลิก) สูงสุด ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบมีสารประกอบฟีนอลรวมสูงสุด เท่ากับ 72.8 mg GAE/ กรัมน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเปลือกมะม่วงดิบจึงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวม [1]

2.5 สารประกอบฟีนอลิก [28]

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ในพืช ซึ่งปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร และเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้ สารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยสารประกอบที่เป็นวงแหวนอะโรมาติก และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ รวมไปถึงอนุพันธุ์ของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ลิกนิน กรดซินนามิก และโคเอ็นไซม์คิว (ภาพที่ 2.8)

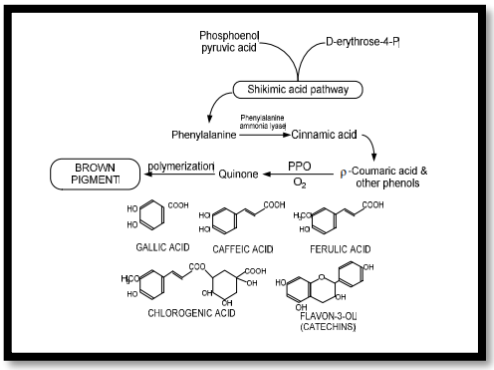


ภาพที่ 2.8 : โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกทั่วไป
ที่มา: เนตรนภา และเฉลิม (2557) [28]

สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้าง ทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น กรดฟีนอลิกไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้าง เป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ที่พบในพืชจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลรูปของสารประกอบไกลโคไซด์น้ำตาลชนิดพบมากที่สุด คือ น้ำตาลกลูโคส

สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ สารประกอบที่มีฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบสำคัญและมีหมู่เคมีอื่น ๆ เข้ามาเกาะที่ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น Cinnamic acid Chlorogenic acid แอนโทไซยานิน และ แทนนิน นอกจากนั้น Tyrosine และ Phenylalanine นับเป็นสารประกอบฟีนอลิกเช่นกัน โดยมีขั้นตอนการสังเคราะห์จาก Shikimic pathway เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิกอื่น การรวมตัวกันของโมเลกุล Phosphoenol pyruvate จาก Glycolysis และ Erythrose-4- phosphate หรือ Pentose phosphate pathway จัด Tyrosine และ Phenylalanine อยู่ในกลุ่มของกรดอะมิโน Phenylalanine เป็น โมเลกุลต้นแบบ (Precursor) ของสารประกอบฟีนอลิกอื่น ๆ

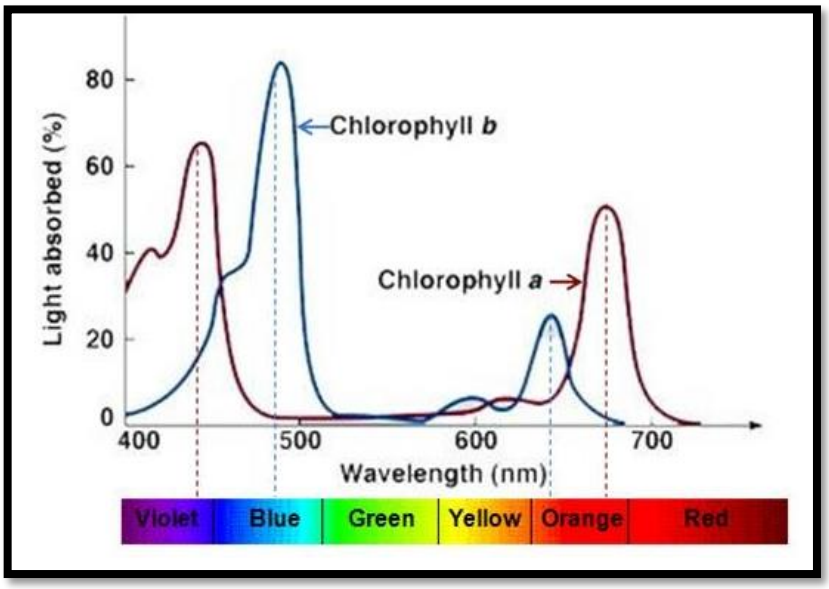
สารประกอบฟีนอลิกสามารถเกิดสีน้ำตาลเมื่อเซลล์ของพืชผักหรือผลไม้ถูกกระทบกระเทือน เช่น การปอกเปลือกผลไม้แล้วตั้งทิ้งไว้ จะพบว่าเนื้อของผลไม้มักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จากกิจกรรมของเอ็นไซม์Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของฟีนอลิก ทำให้คิวโนน (Quinone) รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น (Polymerization) และเป็นสีน้ำตาล การยับยังไม่ให้เกิดสีน้ำตาลอาจทำได้ โดยการเก็บรักษาภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนน้อย หรือ อาจใช้กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) ซึ่งจะไป reduce Quinone ไม่ให้เกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น ปริมาณของ PPO ในผลไม้มักมีมากเมื่อผลยังเล็ก และจะลดน้อยลงเมื่อผลเจริญเติบโตขึ้นจนแก่และสุก(ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 : ชนิดและการสังเคราะห์ Phenolic compound และการเกิดสีน้ำตาล
ทีมา : จริงแท้ (2537) [29]

2.6 คลอโรฟิลล์ [30]

คลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่สำคัญตัวหนึ่งที่สามารถดูดกลืนพลังงานแสงและนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ให้กลายเป็นออกซิเจน และกลูโคส ซึ่งเกิดขึ้นในออร์แกเนลล์ ที่เรียกว่า คลอโรพลาสต์ ที่พบได้ในเซลล์พืช และสาหร่ายบางชนิด การที่เรามองเห็นพืชผักมีสีเขียวเนื่องจากว่า เมื่อแสงขาวมาตกกระทบบนคลอโรฟิลล์ แล้วคลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงินและสีแดงไว้ได้มาก แต่ปล่อยให้ช่วงคลื่นแสงสีเขียวทะลุและสะท้อนออกมาได้ ดังนั้นแสงที่ปรากฏสู่ตาเราจึงเป็นสีเขียว ดังแสดงในภาพที่ 2.10



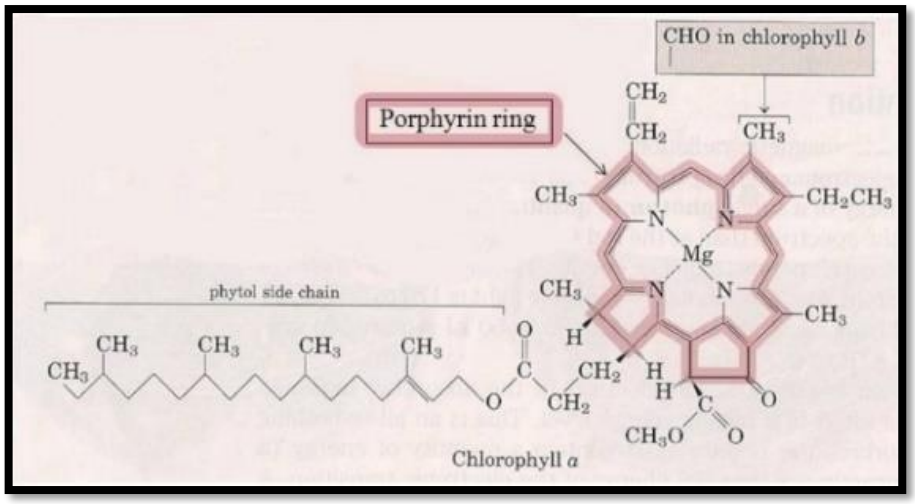
ภาพที่ 2.10 : การดูดกลืนสเปกตรัมของแสงขาวของคลอโรฟิลล์ a และ คลอโรฟิลล์ b ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน และสีแดง
ที่มา : ขวัญชนก (2556)) [30]

นอกจากนี้คลอโรฟิลล์จำแนกออกได้ 4 ชนิด ดังนี้

1. คลอโรฟิลล์ a มีสีเขียวแกมน้ำเงินพบในพืชชั้นสูงทุกชนิดที่สังเคราะห์แสงได้
2. คลอโรฟิลล์ b มีสีเขียวแกมเหลืองพบได้ในพืชชั้นสูง และสาหร่ายสีเขียว
3. คลอโรฟิลล์ c ไม่พบในพืชชั้นสูง พบได้ในสาหร่ายชนิดต่าง ๆ เช่น สาหร่ายสีน้ำตาล
4. คลอโรฟิลล์ d ก็ไม่พบในพืชชั้นสูง พบที่แบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ (cyanobacteria)

2.6.1 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์

โครงสร้างคลอโรฟิลล์ตามธรรมชาติพบว่าคลอโรฟิลล์มีโครงสร้างพื้นฐานที่เรียกว่า porphyrin ring ศูนย์กลางของคลอโรฟิลล์เป็นแมกนีเซียม (Mg) แทนที่จะเป็นเหล็ก (Fe) และนอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยไฮโดรคาร์บอนสายยาว (phytol side chain) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าคลอโรฟิลล์นั้นทำหน้าที่ในการรับพลังงานแสงแล้วนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยลักษณะโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ทำให้คลอโรฟิลล์ไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่ละลายได้ดีในน้ำมัน ส่งผลให้ร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ จึงมีการคิดค้นคลอโรฟิลล์ที่สามารถละลายน้ำได้ ที่เรียกว่า คลอโรฟิลลิน (chlorophyllin) ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์กึ่งสังเคราะห์ของคลอโรฟิลล์ โดยใช้ คอปเปอร์ (Cu) แทนที่อะตอมของแมกนีเซียม (Mg) ที่อยู่ตรงกลางของ Porphyrin ring และกำจัดสาย Phytol ออกไปด้วย ทำให้คลอโรฟิลลิน สามารถละลายน้ำได้ และร่างกายสามารถดูดซึมได้ดี



ภาพที่ 2.11 : โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ a และ b
ที่มา : ขวัญชนก (2556)) [30]

2.6.2 คลอโรฟิลล์กับสุขภาพ

คลอโรฟิลล์ และคลอโรฟิลลินถูกนำมาวิจัยถึงการนำมาใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการบำบัดรักษาโรคในด้านต่างๆ ตั้งแต่ช่วงต้นคริสตทศวรรษ 1940 เช่น การศึกษาถึงการนำคลอโรฟิลิน มาใช้ในการรักษาบาดแผล การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของคลอโรฟิลลินในการต่อต้านการอักเสบ

กฤษณ์ (2559) ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์และอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ในมะม่วงรับประทานดิบพันธุ์พื้นบ้านของประเทศไทยหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และอนุพันธุ์ของคลอโรฟิลล์ โดยวิธี HPLC จากผลการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ในเนื้อผลมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 13 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.005-0.739 และ 0.009-0.073 mg/100 g FW ตามลำดับ โดยสายพันธุ์มีผลต่อชนิดและปริมาณคลอโรฟิลล์ แต่ทุกพันธุ์มีการสะสมคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อมากกว่าคลอโรฟิลล์บี โดยมะม่วงพันธุ์ 'มันขุนศรี' มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 0.73 mg/100 g FW ส่วนมะม่วงพันธุ์ 'สามฤดู' พบการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อผลไม้น้อยที่สุด เท่ากับ 0.005 mg/100 g FW จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ บี พบว่ามะม่วงพันธุ์ 'มันขุนศรี' มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 0.07 mg/100 g FW และพบว่ามีมะม่วงรับประทานผลดิบเพียง3 พันธุ์ ได้แก่ 'น้ำดอกไม้' 'มหาชนก' และ 'สามฤดู' ที่ไม่พบการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี เนื้อผล สำหรับปริมาณคลอโรฟิลไรด์ เอ ในเนื้อมะม่วงแต่ละพันธุ์พบอยู่ในช่วง 0.014-0.042 mg/100 g FW และตรวจพบคลอโรฟิลลไรด์ เอ ในเนื้อมะม่วงดิบเพียง 5 พันธุ์ ได้แก่ 'โชคอนันต์' 'เขียวเสวย' 'ฟ้าลั่น' 'ทองดำ' และ 'สามฤดู' โดยพบในปริมาณเล็กน้อย นอกจากนั้น ยังพบว่า มะม่วงพันธุ์ 'แรด' มีปริมาณไฟทอล เอ ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 0.019 mg/100 g FW รองลงมาคือ พันธุ์ 'เบา' มีปริมาณไฟทอล เอ ในเนื้อผล เท่ากับ 0.171 mg/100 g FW ในขณะที่มะม่วงพันธุ์ 'มหาชนก' ไม่พบการสะสมปริมาณไฟทอล เอ ในเนื้อผล [31]

2.7 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) [32]

แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) อยู่ในกลุ่มไอโซพีนอยด์ (Isoprenoid) จัดเป็นสารโมเลกุลใหญ่ มีคุณสมบัติเป็น โปรวิตามินเอ (Provimamin A) พบในผลไม้ที่มีสีสันเช่น สีเหลือง สีส้มและสีแดงมากที่สุด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารต้านมะเร็ง มีรายงานเกี่ยวกับแคโรทีนอยด์ สะสมในพืช สารประกอบแคโรทีนอยด์ที่มากจากธรรมชาติยังควบคุมกระบวนการเผาผลาญอาหารของมนุษย์ ป้องกันโรคริ้วรอย โรคหัวใจและหลอดเลือด เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งหลายชนิดเช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด และมะเร็งระบบทางเดินอาหาร ช่วยป้องกันความเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายผลจากการรับประทานผลไม้มีผลต่อ ระบบขับถ่ายสามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ และช่วยป้องกันโรคท้องผูกได้ผักผลไม้บางชนิดยังสามารถใช้เป็นยารักษาโรค เพื่อบำบัดและรักษาโรคบางชนิดได้อีกด้วย ผลไม้บางชนิดก็เป็นตัวช่วยในการลดน้ำหนักหรือควบคุมน้ำหนักได้การการรับประทานผักผลไม้สามารถช่วยพัฒนาสมอง เสริมสร้างความจำ และเป็นอาหารสมองได้เป็นอย่างดี เพราะสารอาหารที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทพบได้ในอาหารจำพวกผักใบเขียว ผลไม้ และธัญพืชต่าง ๆ ช่วยบำรุงสายตา ผักผลไม้ บางชนิดจะมีวิตามินสูง มีสารอาหารสำคัญในการบำรุงสายตาโดยผักผลไม้ที่วิตามินเอ เช่น มะละกอ มะเขือเทศ กล้วย และ สับปะรด เป็นต้น

ผลไม้หลากหลายชนิดมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์เป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ดังนั้นการรับประทานผลไม้อย่างสม่ำเสมอทำให้ระบบร่างกายแข็งแรง ผลไม้มีส่วนส่งเสริมช่วยในการเจริญเติบโต [33] ช่วยป้องกันการเกิดโรค ลดความเสี่ยงของการเกิดโรค รวมทั้งในผลไม้มีกากใย คลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สะสมอยู่ในผลไม้ แคโรทีนอยด์

สังเคราะห์แสงทำงาน ร่วมกับคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียว แคโรทีนอยด์ มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคของมนุษย์และรักษาสุขภาพที่ดีไว้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่สมดุล แม้ว่ากลไกการทำงานหลักของแคโรทีนอยด์ เป็นผลมาจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แคโรทีนอยด์เป็นส่วนหนึ่งของการเผาผลาญอาหารที่ซับซ้อน การสังเคราะห์ และสกัดแคโรทีนอยด์ จากธรรมชาติ คือ เบต้าแคโรทีนที่ใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับรับประทาน และแอสตาแซนทินที่ใช้เป็น การเสริมในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของเนื้อในด้านสี รวมทั้งรสชาติที่ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของสัตว์ การสกัดจากธรรมชาติแคโรทีน

พีระศักดิ์ และรัฐพล (2560) ได้กล่าวว่ามะม่วงมหาชนกเป็นมะม่วงพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมกันระหว่างพันธุ์ซันเซทของอเมริกา และพันธุ์หนังกลางวันของไทย มีคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่ามะม่วงพันธุ์อื่น คือ เปลือกผลเมื่อแก่หรือสุกจะมีผิวสีแดงม่วงสวยงาม หรือเหลืองเข้มปนแดง ดังนั้นจึงมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีแดง และปริมาณแอนโธไซยานินในผลมะม่วงมหาชนก พบว่าการฉีดพ่นสารเมทิลจัสโมเนส ความเข้มข้น 80 ppm สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพ เช่น วิตามินซี ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส ซูโครส และพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 1.43 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มากกว่าการไม่ฉีดพ่นสาร อีกทั้งการใช้สารเมทิลจัสโมเนส และ เอทิฟอนมีผลในการเพิ่มระดับของแคโรทีนอยด์ระหว่างการสุกแก่มากกว่ามะม่วงที่ไม่ใช้สารร้อยละ 50 โดยพบมากที่สุดในช่วงวันที่ 5-6 ของการเก็บรักษา (ระยะพร้อมรับประทาน) อีกทั้งการประยุกต์ใช้สารเมทิลจัสโมเนสและเอทิฟอน ยังสามารถควบคุมกระบวนการสุกและปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของผลมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสารดังกล่าวมีความปลอดภัยสูง ปราศจากสารตกค้าง [34]

2.8 จุลินทรีย์ที่พบในอาหาร [35]

จุลินทรีย์, จุลชีวัน หรือ จุลชีพ (Microorganism) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่ไม่สามารถมองได้ด้วยตาเปล่า สามารถมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้ดี ซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไวรัส ยีสต์ ราบางชนิด ฯลฯ จุลินทรีย์พบได้ทุกหนทุกแห่ง ในดิน ในน้ำ ในอากาศ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มิใช่จุลินทรีย์ ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องอุปโภคและบริโภค การดำรงชีพของจุลินทรีย์มีทั้งที่เป็นผู้ผลิต เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในร่างกาย บางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารหลาย ชนิดในระบบนิเวศ และบางชนิดเป็นปรสิต ทำให้เกิดพิษหรือเกิดโรคต่อสิ่งมีชีวิตอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วยกันเอง เช่น ไวรัส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปรสิตทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคในพืช ในสัตว์และในมนุษย์ได้

2.8.1 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การผลิตหรือการประกอบอาหารเริ่มตั้งแต่การเตรียมส่วนผสมต่าง ๆ การประกอบอาหาร การบรรจุ การขนส่ง จนถึงผู้บริโภค อาจมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปนเปื้อนในอาหาร หากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็เพียงแต่ ทำให้อาหารบูดเน่า หากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคก็อาจทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วย แต่ถ้าเป็นโรคติดต่อก็จะทำให้มีผู้ที่เจ็บป่วยจากการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น ในบางครั้งอาจถึงกับเสียชีวิตได้ควรใส่ใจและหาทางป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้

2.8.1.1 การปนเปื้อนในอาหาร

ก. การปนเปื้อนทางกายภาพ เกิดจากวัสดุต่าง ๆ เช่น เศษไม้เศษโลหะ เศษกระดาษ เส้นผม ผู้ประกอบอาหารจึงควรดูแลป้องกันไม่ให้สิ่งเหล่านี้ปนเปื้อนใน อาหาร เช่น การสวมผ้าคลุมผม การรักษาความสะอาดบริเวณที่ประกอบอาหาร

ข. การปนเปื้อนทางเคมีเกิดจากมีสารเคมีต่าง ๆ เช่น ยาฆ่าแมลงและศัตรูพืช ยาฆ่าหญ้าหรือยากำจัดวัชพืช สารฟอกขาว ฟอร์มาลิน สารเร่งเนื้อแดง สารเร่งสุกสำหรับผลไม้ดิบ วัตถุกันเสียหรือสารกันบูดที่ใส่เกินปริมาณที่กฎหมายกำหนด สารทำความสะอาด ฯลฯ ปนเปื้อนในอาหาร เพราะปนมากับวัตถุดิบ หรือผู้ผลิตใส่ลงไปหรือไม่ระวังรักษาความสะอาด

ค. การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส ตามปกติพืชจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ที่ผิวเสมอ ส่วนสัตว์จะพบได้ที่บริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และทางเดินหายใจ

2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

2.8.2.1 ความชื้น ความชื้นหรือน้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อปฏิกิริยาชีวเคมีทั้งการสังเคราะห์และการทำลายสารต่าง ๆ ภายใน เซลล์ของจุลินทรีย์ บริเวณที่มีน้ำปนอยู่มากจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่ามีน้ำปนอยู่น้อย จุลินทรีย์แต่ละชนิด มีความต้องการน้ำแตกต่างกัน แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่ายีสต์และยีสต์ก็ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่าราซึ่งต้องการน้ำค่อนข้างน้อย

2.8.2.2 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีความสำคัญมากต่อการเจริญและการ ปรับตัวของจุลินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ สำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในคน สัตว์ หรือพืช เช่น *Salmonella typhosa, Streptococcus pneumonia, E. coli, Enterobacter aerogenes, Shigella dysenteriae, Staphylococcus aureus* จะเจริญได้ดีในช่วง อุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์อื่นบางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือ 0-25 องศาเซลเซียส บางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 40-55 องศาเซลเซียส ถ้าหากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์เจริญช้าลง หรืออาจจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

วัฒนี และคณะ. (2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมไข่น้ำต่อคุณภาพของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟิน โดย เสริมไข่น้ำเป็น 7 ระดับคือร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน จากการทดลองพบว่าการเสริมไข่น้ำมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) ซึ่งช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินสูตรเสริมไข่น้ำร้อยละ 20 มีคะแนน ความชอบรวมมากที่สุด การเสริมไข่น้ำไม่มีผลต่อร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ($p>0.05$) ปริมาตรจำเพาะของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินสอดคล้องกับผลการวัดความสูง การเสริมไข่น้ำไม่มีผลต่อความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ($p>0.05$) ของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินสูตรควบคุม และสูตร เสริมไข่น้ำร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินสูตรเสริมไข่น้ำร้อยละ 20 มีเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และวิตามินเอ (เบต้าแคโรทีน) สูงกว่าสูตรควบคุมแต่มี

พลังงานน้อยกว่า ในระหว่างการเก็บ รักษาทำการเปรียบเทียบช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินสูตรควบคุมกับสูตรเสริมไข่น้ำ 20% พบว่าการเสริม ไข่น้ำมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนน การยอมรับที่อายุการเก็บรักษา 4 วัน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่า ช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินทั้งสองสูตรมีอายุการเก็บรักษา 4 วัน เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก มผช.459/2549 ค่าที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง ความยืดหยุ่น และพลังงานในการบดเคี้ยว ของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟินทั้งสองสูตรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p \leq 0.05$) [36]

2.9 บราวนี่ (Brownie) [37]

บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ลักษณะของการผสมกันระหว่างเค้กและคุกกี้ ลักษณะของเนื้อแป้งก่อนเข้าอบคือ เหลวเหมือนส่วนของแป้งเค้ก และลักษณะหลังอบเหมือนกับเนื้อคุกกี้ บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์มีปริมาณของไขมันมาก เนื่องจากส่วนผสมคือ เนยและช็อคโกแลตจำนวนมาก (ภาพที่ 2.12)

บราวนี่มีวิธีการทำได้ 2 แบบ คือ แบบกรรมวิธี Foaming Method (วิธีการเกิดฟอง) หรือ Sponge Method (วิธีการฟองน้ำ) กรรมวิธีทำเหมือนกับการทำเค้ก รูปแบบในการเสิร์ฟแบบได้ 2 แบบ คือ บราวนี่แบบมีหน้าหรือด้านบนของบราวนี่ที่ราดด้วยช็อคโกแล็ตฟัดจ์ไอซิ่งหลังจากอบ บราวนี่สุก และ บราวนี่ไม่มีหน้า มีรสชาติเข้มข้นกว่าแบบที่หนึ่ง อุณหภูมิในการอบตั้งแต่ 325-360 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนของเนื้อแป้งบราวนี่นิยมใส่ถั่วเป็นการเพิ่มรสชาติให้กับตัวบราวนี่ ในส่วนของวัตถุดิบในการทำบราวนี่มีส่วนประกอบสำคัญ คือ แป้งสาลี ไข่ไก่ น้ำตาล นม ผงฟู และช็อตโกแลตหรือผงโกโก้ ส่วนประกอบที่กล่าวมาถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญในเรื่องของตัวโครงสร้างของบราวนี่ [4] ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ จะมีบทบาทและหน้าที่ที่ต่างกัน ดังนี้

1. แป้งสาลี เป็นส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เพราะมีคุณสมบัติพิเศษที่คือ กลูเตน (Gluten) โดยเมื่อนำแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้แป้งมีคุณสมบัติเป็นยางเหนียว และยืดหยุ่นได้ เนื่องจากกลูเตนจะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ แป้งสาลีมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ 1) แป้งเค้กมีโปรตีนประมาณร้อยละ 7-8 2) แป้งขนมปัง มีโปรตีนประมาณร้อยละ 13-14 และ 3) แป้งอเนกประสงค์ มีโปรตีนประมาณร้อยละ 10-11 [38] แป้งสาลีที่ใช้ทำบราวนี่ควรมี ปริมาณโปรตีนต่ำหรือปานกลางร้อยละ 7-11 ซึ่งจะช่วยให้ลักษณะกลูเตนนุ่ม เมื่อสัมผัสแล้วจะไม่ให้ความเหนียวและแข็งกระด้างแก่เนื้อผลิตภัณฑ์ แต่ก็มีความคงตัวเป็นโครงร่างขึ้นฟู มีรูพรุนและเนื้อที่นุ่ม [4]

2. ไขมัน (shortening) สามารถใช้ได้จากไขมันพืชและไขมันสัตว์ ไขมันจากสัตว์ได้แก่ เนยสดจกน้ำนมวัว มันหมู ไขมันจากพืชมาจากเมล็ดพืชหลายชนิด เช่น เมล็ดฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าว งา มะพร้าว เป็นต้น [36] ไขมันมีหน้าที่ช่วยในเรื่องของการตีเป็นครีม มีการเก็บอากาศขณะที่ตีไขมัน ทำให้เนื้อเนียน เบา มีความนุ่มทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจและ ดึงดูด [4] ไขมันที่ใช้ในการทำเบเกอรี่ได้แก่

2.1 เนยสด ได้มาจากนมวัว ส่วนประกอบในเนยสดคือ ไขมันร้อยละ 80 ลักษณะของเนยสด คือ มีสีเหลือง กลิ่นรสหอม ค่าความเป็นครีมต่ำไม่เหมาะในการตีครีม เบเกอรี่มีความนิยมใช้เนยสดคู่กับเนยขาว เนื่องจากเนยขาวช่วยเพิ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อขนมมีความละเอียด และปัจจัยหลักคือเรื่องของการลดต้นทุน [39]

2.2 เนยขาวหรือไขมันพืชแข็ง ได้มาจากน้ำมันพืชที่มีความบริสุทธิ์สูง ปราศจากกลิ่น เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำนมข้าวโพด เป็นต้น ส่วนของเนยขาวมีคุณสมบัติในด้านของค่าความเป็นครีมสูงไม่มีกลิ่นรส ลักษณะที่ดีของเนยขาวต้องมีความยืดหยุ่น ไม่แข็งในสภาวะอุณหภูมิต่ำ ไม่เหลวในสภาวะอุณหภูมิสูง นิยมนำเนยขาวมาเป็นส่วนของการแต่งหน้าเค้ก [39]

2.3 มาการีน (Margarine) คือส่วนที่ได้มาจากไขมันของพืชและสัตว์ โดยนำมาผสมนมและครีม มาการีนมีแบบสีขาวและสีเหลือง ซึ่งมาการีนถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้แทนเนยสด โดยการปรุงแต่งกลิ่นรสชาตให้มีความใกล้เคียงกับเนยสดให้ได้มากที่สุด มีลักษณะเป็นของแข็งมีปริมาณไขมันร้อยละ 80–85 ซึ่งนิยมนำมาเป็นส่วนผสมในเค้ก และคุกกี้ เป็นต้น [38]

3. นม ทำหน้าที่ในการก่อโครงร่างของตัวผลิตภัณฑ์ ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหาร ให้กลิ่น รสชาตที่ดีแกผลิตภัณฑ์ ช่วยในการละลายของน้ำตาล เมื่อนำนมรวมกับส่วนผสมอื่น ๆ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และนุ่มทั้ง 2 แบบ [4] นมที่นิยมนำมาใช้ในการทำเบเกอรี่ มีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่

1) นมสด มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีรูปแบบไขมันเต็ม (Whole milk) นมที่ปราศจากไขมันหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า หางนม (Skim Milk) และบัตเตอร์มิลค์ (Butter Milk) นมที่มาจากการหมัก

2) นมข้น คือส่วนที่ได้มาจากการนำนมไประเหยเอาความชื้นออก ซึ่งแบ่งเป็นนมข้นที่เติมน้ำตาลเรียกว่า นมข้นหวาน และนมข้นจืดแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่มีไขมันอยู่ในนมข้น และไม่มีไขมัน

3) นมผง ได้มาจากนมสดที่มีไขมันเต็ม และมีหางของนมสดปราศจากไขมัน นำไปให้ความร้อนโดยการต้ม และนำไปพ่นฝอยแห้ง (Spray dry) นมผงที่ดีควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 [39] [40]

4. น้ำตาล จัดว่าเป็นส่วนผสมหลักในการทำเบเกอรี่ ช่วยในเรื่องของรสชาติของอาหาร และให้ลักษณะของสีน้ำตาลแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แบ่งได้ 3 แบบ คือ

4.1) น้ำตาลทรายขาว ได้มาจากผลึกของอ้อย ลักษณะน้ำตาลที่นิยมใช้กับอาหารหรือเบเกอรี่มีความละเอียด และมีสีขาว น้ำตาลทรายที่มีลักษณะเม็ดใหญ่ใช้ในการแต่งหน้าของเบเกอรี่โดยการโรยหน้าขนม น้ำตาลที่มีลักษณะเม็ดเล็กนิยมใช้ในการทำบเกอรี่ เช่น เค้ก บราวนี่ เป็นต้น

4.2) น้ำตาลไอซิ่ง คือน้ำตาลป่นที่มีการผสมของแป้งข้าวโพด ประมาณร้อยละ 3 เพื่อใช้ป้องกันการจับตัวกับเป็นก้อนของน้ำตาล นิยมใช้ทำ ครีม และคุกกี้

4.3) น้ำตาลทรายแดง คือ น้ำตาลที่ไม่ผ่านการฟอกสี ช่วยให้ขนมมีกลิ่น รสชาติ และสีของน้ำตาลทรายแดง เช่น บราวนี่ เค้กผลไม้ เป็นต้น หน้าที่ของน้ำตาลทรายแดง ช่วยให้ความหวานของขนม ช่วยในการขึ้นฟูของครีมและไข่ ช่วยเก็บความชื้นทำให้ขนมมีความชุ่มชื้นได้นาน ทำให้ขนมเกิดสีที่มีความน่าสนใจ และดึงดูดผู้บริโภค [38], 40], [4]

5. สารเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเบา โปร่ง ลักษณะเนื้อในเป็นรู ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ขึ้นฟูที่เป็นที่นิยม ได้แก่

5.1) ผงฟู (Baking Powder) เป็นสารที่ผลิตจากการผสมของเบคกิ้งโซดากับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งจะมีการเติมแป้งข้าวโพดลงไปด้วยส่วนหนึ่งป้องกันไม่ให้สารทั้งสองชนิดนี้สัมผัสกันโดยตรง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็วหรือผงฟูกำลังหนึ่ง ผงฟูชนิดนี้ประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรดทาร์ทาร์ริก หรือครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of tartar) หรือเกลือฟอตเฟต เช่น แคลเซียมแอซิดฟอสเฟตแคลเซียมแอซิดไพโรฟอสเฟต และผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้าหรือผงฟูกำลังสอง ผงฟูประเภทนี้ประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรด 2 ชนิด หรือมากกว่า กรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็ว ได้แก่แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต ส่วนกรดที่เกิดปฏิกิริยาช้า ได้แก่ โซเดียมไพโรฟอสเฟต หรือโซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟต [39], [38]

6. ไข่ ส่วนผสมที่สำคัญมากในทำขนมจำพวกขนมอบหน้าที่สำคัญ คือ ทำให้ขนมมีลักษณะขึ้นฟู ปริมาตรของเนื้อขนมดี การตีไข่ช่วยเก็บอากาศ ฟองอากาศที่อยู่ในไข่จะขยายตัวขึ้น ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ขยายใหญ่ขึ้นและแข็งแรง เมื่อได้รับความร้อนทำให้ขนมเกิดความคงตัว ไข่ช่วยในเรื่องของสีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหาร ช่วยให้ขนมมีความนุ่มละมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 ทำให้ขนมแห้งช้าลง [4], [38]

7. ผงโกโก้และช็อคโกแลต วัตถุดิบช่วยในเรื่องกลิ่น และสี ใช้เป็นส่วนประกอบในส่วนหน้าของผลิตภัณฑ์ [4]

7.1 ช็อกโกแลตทำขนม (baking chocolate)

ช็อกโกแลตทั้งหมดที่ใช้เป็นชนิดเข้มข้น, หวานปานกลาง เพื่อเพิ่มรสชาติของความเข้มข้นของช็อกโกแลต ส่วนใหญ่มีลักษณะแบบเม็ดกระดุม ที่มีโกโก้แท้ร้อยละ 58 ช็อกโกแลตที่ขายเป็นแท่ง

7.2 ช็อกโกแลตขาว

เป็นช็อคโกแลตที่มีส่วนผสมของ นม เลซิติน น้ำตาล และวานิลา ลักษณะเป็นเม็ดสีขาวลักษณะคล้ายกับเม็ดกระดุม ซึ่งช็อคโกแลตขาวไม่ใช่ช็อตโกแลตแท้ เพราะไม่มีส่วนของช็อคโกแลตผสมอยู่เลย มีแต่ โกโก้บัตเตอร์ผสม [41]

ภาพที่ 2.12 : บราวนี่
ที่มา : Almond (2561) [42]

Mis. bah (2016) รายงานผลงานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยนชน์ต่อร่างกาย ผู้ที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพ โดยหาสูตรขนมบราวนี่ที่ทำจากข้าวโอ๊ต มะพร้าว และวอลนัท มีการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยการประเมินทางประสาทสัมผัส การให้คะแนนระดับห้าจุดเป็นเวลา 6 วัน พบว่าอายุการรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่สูงสุดที่ 4 วันในอุณหภูมิห้อง การแข่งขันเรื่องรสชาติมากกว่าสุขภาพทำให้เกิดสภาวะที่ไม่ดีต่อผู้บริโภคและอุตสาหกรรมอาหาร ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อสร้างอาหารที่อุดมไปด้วยบราวนี่ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ต, มะพร้าว ,วอลนัท เป็นผลิตภัณฑ์อุดมไปด้วยธาตุเหล็กใยอาหารไขมันโปรตีนและโอเมก้า 3 ซึ่งอายุการเก็บรักษาสูงที่สุด 4 วันที่อุณหภูมิห้อง [43]

ไชยสิทธิ์ และคณะ (2016) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ ใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี เริ่มจากการเลือกสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตบราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำ ศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัสที่ได้จากผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำ พบว่า สูตรมาตรฐานคือ แป้งสาลีอเนกประสงค์ เนยจืด น้ำตาลทราย ไข่ไก่ ผงโกโก้ เกลือ และกลิ่นวนิลลาในปริมาณ 70 145 250 120 65 2 และ 3.2 กรัม ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำที่ดีที่สุด คือสูตรมาตรฐานเสริมแป้งข้าวเหนียวดำแทนแป้งสาลีร้อยละ 50 ซึ่งมีคะแนนความชอบรวมและค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) จากบราวนี่สูตรที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 คุณภาพทางเคมีของบราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น โปรตีน เถ้า และกากใย ปริมาณร้อยละ 53.26 26.53 14.42 3.92 1.54 และ 0.31 ตามลำดับ ปริมาณแอนโทไซยานิน 5.33 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม คะแนนความชอบรวมของบราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำอยู่ในระดับชอบมาก และถ้ามีบราวนี่เสริมแป้งข้าวเหนียวดำจำหน่ายผู้บริโภคจะซื้อร้อยละ 100 [44]

ณนนท์ และคณะ (2009) ศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่ ลักษณะผงแป้งที่ได้เนื้อเนียนละเอียด สีเหลืองอ่อน คิดผลผลิตแป้งกล้วย 22.73% ของน้ำหนักกล้วยดิบทั้งผล และ

มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10.09 1.89 0.40 2.12 และ 95.60 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ การผลิตบราวนี่โดยวิธีการผสมแบบครีมเนยได้รับคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสดีกว่าบราวนี่ที่ผลิตโดยวิธีการผสมแบบเกิดฟอง ($p \leq 0.05$) จากนั้นศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในการผลิตบราวนี่เป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลีที่ใช้ในสูตร พบว่าการทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงสุด ($p \leq 0.05$) และมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รส รส ความนุ่ม และ ความชุ่มชื้น ไม่มีความแตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 ($p > 0.05$) เมื่อวัดค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสได้ค่ามีแตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 โดยค่า a* ของบราวนี่ที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนที่ระดับร้อยละ 25 50 75 และ 100 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับการใช้แป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ค่าความหนืบ ค่าการยืดหยุ่น และค่าความทนทานในการบดเคี้ยว มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 50 ไปทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 100 คนพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ97.0% ยอมรับโดยมีคะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รส ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบ และผู้บริโภคร้อยละ 86.0 คาดว่าจะซื้อบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 50 [38]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ; *Mangifera indica Linn.*

3.1.2 สารเคมี

1. Potassium Chloride (KCl)
2. Hydrochloric acid (HCl)
3. Sodium Acetate ($CH_3COONa .3H_2O$)
4. DPPH (2-diphenyl-2-plcrylhydrazyl)
5. Trolox
6. Ethanol
7. Gallic acid monohydrate
8. Folin ciocalt'e reagent solution
9. Sodium Carbonate Anhydrous 99.8% 500 g

3.1.3 เครื่องมือ

1. เครื่องปั่น ยี่ห้อ Oxygen รุ่น TG-02
2. เครื่องผสมอาหาร ยี่ห้อ KitchenAid รุ่น Artisan 4.8 L
3. เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Venz รุ่น CR.1/3
4. เครื่องร่อนแยกขนาดขนาดช่องรูตะแกรง 0.125 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS200
5. เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น TE 15025
6. Micropipette brand Thermoscientifc รุ่น Labpipette 100 – 1000 µl
7. Micropipette brand Thermoscientifc รุ่น Labpipette 50 – 100 µl
8. Digital Scale 2 Position brand Sartorius รุ่น TE 15025
9. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น TE 64
10. เครื่อง Pre Aqua Lab Water Activity Analyzer ยี่ห้อ Aqualab รุ่น SN:A40002573
11. เครื่อง Hand refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น N-2E
12. เครื่อง Color Reader สำหรับวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น s/n:CX2428
13. เครื่อง Color Reader สำหรับวัดค่าสีผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-10
14. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Genestys 20

15. เครื่อง Water activity ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น 4TE
16. เครื่อง HPLC-MS/MS ยี่ห่อ Ultimate รุ่น 3000
17. เตาอบบราวนี่

3.1.4 วัสดุและอุปกรณ์

1. บิกเกอร์
2. หลอดทดลอง ขนาด มิลลิตร
3. กระดาษกรองเบอร์ 1, 4 ยี่ห้อ
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50, 100, 250 และ 500 มิลลิลิตร
6. กระบอกตวง ขนาด 5, 10, 25, 50, 100, 150, 250 และ 500 มิลลิลิตร
7. ชุดขาตั้ง
8. ช้อนตักสาร
9. กระจกนาฬิกา
10. พาราฟิล์ม
11. ถุงซิปล็อก
12. ถาดสำหรับอบขนม
13.กระดาษไข
14. ภาชนะสำหรับแช่เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4
15. อุปกรณ์ครัว เช่น กะละมังสแตนเลส ช้อน ตะแกลงวางขนม ฯลฯ

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

3.2.1 การเตรียมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากตลาดสี่มุมเมือง นำมาคัดเลือกขนาดให้มีความสม่ำเสมอ น้ำหนักลูกประมาณ 300-400 กรัม และแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ ผลดิบมีสีเขียว ผลกึ่งดิบกึ่งสุกมีสีเขียวปนสีเหลือง และผลสุกมีสีเหลือง (ภาพที่3.1)

(ก) (ข)

(ค)

ภาพที่ 3.1 :มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลดิบมีสีเขียว(ก) มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกมีสีเขียวปนสีเหลือง(ข) มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลสุกมีสีเหลือง (ค)

3.3 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย

3.3.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของวัยต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณสารสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก

นำมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากตลาดสี่มุมเมือง (ระยะดิบผลมีสีเขียว ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกผลมีสีเขียวปนสีเหลือง และระยะสุกผลมีสีเหลือง) (ภาพที่16) มาทดลองโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) มี 3 ซ้ำ ปอกเปลือกมะม่วงออก นำเปลือกมะม่วงล้างด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง และนำไปแช่น้ำอุณหภูมิห้อง 30 นาที เพื่อเป็นการล้างยางของมะม่วง หลังจากครบเวลาแล้วนำไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที เพื่อเป็นการไล่ความชื้นจากการแช่น้ำในการล้างยางของเปลือกมะม่วง จากนั้น หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ บรรจุใส่ถุงซิปล็อก นำไปวิเคราะห์ผลดังนี้ วัดค่าสี L*,a*, b* ความชื้น [45] ปริมาณไขมัน [45] ปริมาณโปรตีน [45] Water Activity [45] คลอโรฟิลล์ เอ,บี และรวม [32] สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) [46] และปริมาณสารฟีนอลิกรวม [47]

3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

คัดเลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากตลาดสี่มุมเมือง (ระยะดิบผลมีสีเขียว ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกผลมีสีเขียวปนสีเหลือง และระยะสุกผลมีสีเหลือง) มาทดลองโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) มี 3 ซ้ำ นำมะม่วงมาปอกเปลือกมะม่วง

ออก หนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร นำส่วนของเปลือกมะม่วงล้างด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิปกติจำนวน 2 ครั้ง จากนั้น นำเปลือกมะม่วงหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปแช่น้ำอุณหภูมิห้อง 30 นาที เพื่อเป็นการล้างยางของมะม่วง หลังจากครบเวลาแล้วนำไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที เพื่อเป็นการไล่ความชื้นจากการแช่น้ำในการล้างยางของเปลือกมะม่วง หลังจากนั้นนำมาศึกษาเวลาในการอบแห้งโดยแปลงอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส โดยการสังเกตเมื่อเปลือกมะม่วงมีค่า Water Activity (เครื่อง Water activity ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น 4TE) อยู่ในช่วง < 0.6 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 ด้วยเครื่อง Halogen Moisture Analyzer เนื่องจากในสภาวะค่า Water activity < 0.6 และปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 มีความปลอดภัยและสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปกติและมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกชั่วโมง นำค่าที่ได้แสดงในกราฟเส้นตรงเพื่อหาจุดตัดที่เหมาะสมของเปลือกมะม่วงต่อเวลาในการอบแห้งเปลือกมะม่วง

ศึกษาคุณสมบัติของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทางด้านกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 นำมะม่วงน้ำดอกไม้ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก (ระยะดิบผลมีสีเขียว ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกผลมีสีเขียวปนสีเหลือง และระยะสุกผลมีสีเหลือง) โดยเลือกเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกมะม่วงคือ 8 ชั่วโมง เนื่องจากการวัดค่า Water Activity ในช่วง < 0.6 และปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 [48] หลังจากได้เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกมะม่วง นำเปลือกมะม่วงมาล้างด้วยน้ำสะอาด อุณหภูมิปกติจำนวน2 ครั้ง จากนั้น นำเปลือกมะม่วงหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปแช่น้ำอุณหภูมิห้อง 30 นาที พอครบเวลาแล้วนำไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที นำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 212 ไมคอน และเก็บบรรจุในถุงซิปล็อกป้องกันอากาศ และความชื้น โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพจำนวน 3 ซ้ำ ๆละ 30 กรัม นำไปวิเคราะห์ผลดังนี้ วัดค่าสี L* ,a*, b* ความชื้น [45] ปริมาณไขมัน [45] ปริมาณโปรตีน [45] Water Activity คลอโรฟิลล์ เอ,บี และรวม [32] สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH [46] และปริมาณสารฟีนอลิกรวม [47]

3.3.3 ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่

นำผงเปลือกมะม่วงเสริมในผลิตภัณฑ์บราวนี่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) มี 3 ซ้ำ ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้ง
สิ่งทดลองที่ 2 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง
สิ่งทดลองที่ 3 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง
สิ่งทดลองที่ 4 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง
สิ่งทดลองที่ 5 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 ของน้ำหนักแป้ง

การผลิตบราวนี่

ชั่งวัตถุดิบในตารางที่ 1 เตรียมร่อนแป้งเอนกประสงค์ ผสมกับผงโกโก้ เกลือ น้ำตาลทรายให้เป็นเนื้อเดียวกันและพักไว้ เติมไข่ไก่ลงไปในส่วนผสมแป้งที่เตรียมพักไว้ใช้ไม้พายพลาสติกคนให้เนื้อเนียนเข้ากัน หลังจากนั้นเติมนมข้นจืดใช้พายคนตลอดเวลา เติมเนยสดที่ละลาย กลิ่นวนิลาคนจนเข้ากันอีกครั้ง นำถาดสแตนเลสทาไขมันปูทับด้วยกระดาษไขเพื่อป้องกันการติดของตัวผลิตภัณฑ์ บราวนี่กับภาชนะนำส่วนผสมที่เตรียมไว้เทใส่ถาดสแตนเลดที่เตรียมไว้ อบบราวนี่ด้วยอุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาทีหรือจนบราวนี่สุก นำบราวนี่ออกจากพิมพ์ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และตัดเป็นชิ้นตามต้องการ

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบในการผลิตบราวนี่พื้นฐานและบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง [49]

ส่วนผสม (กรัม)	สิ่งทดลอง				
	1 (ควบคุม)	2	3	4	5
1.แป้งเอนกประสงค์	150	150	150	150	150
2.ผงโกโก้	25	25	25	25	25
3.น้ำตาลทราย	120	120	120	120	120
4.เกลือ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
5.ไข่ไก่	150	150	150	150	150
6.นมข้นจืด	45	45	45	45	45
7.เนยสดละลาย	150	150	150	150	150
8.กลิ่นวนิลา	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
9.ผงเปลือกมะม่วง	0 (0 %)	15 (10 %)	30 (20 %)	45 (30 %)	60 (40 %)

ที่มา : สุภาวดี (2560) [49]

นำผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงมาศึกษา บรรจุในถุงฟอยด์ขนาด 7 × 7 เซนติเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1. วัดค่าสี L^*, a^*, b^*
2. ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer
3. ทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำมาทดสอบ องค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีปริมาณสูงที่สุดวันแรกและวันสุดท้าย ดังนี้

1. วัดความชื้น [45]
2. ปริมาณเถ้า [45]
3. ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร [45]
4. ปริมาณโปรตีน [45]
5. ปริมาณไขมัน [45]
6. ปริมาณเส้นใย [45]
7. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH [46]
8. สารประกอบฟีนอลลิกรวม [47]
9. วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา [50]

3.3.4 ขั้นตอนที่4 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้

นำผลิตภัณฑ์บราวนี่มาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุผลิตภัณฑ์บราวนี่ในถุงฟอยด์ขนาด 7 × 7 เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 6วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์ ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา [50]
   - วิเคราะห์ปริมาณเชื้อทั้งหมดทุกวันจนกว่าเชื้อเกินมาตรฐาน
2. ทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบการทดสอบ 9 - point hedonic scale จำนวน 50 คน
   - ทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกวัน จนกว่าผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับ

3.4 วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Test ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 11.0

3.5 สถานที่ดาเนินการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ศึกษาอิทธิพลของวัยต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและปริมาณสารสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก

จากการศึกษา พบว่า ระยะสุกเปลือกผล มีค่า L* สูงกว่าเปลือกระยะดิบ และระยะกึ่งดิบกึ่งสุก (ตารางที่ 4.1) แสดงว่าเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะสุกให้ค่าความสว่างมากสุด ส่วน a* และ b* ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่ามีค่าสูงที่ ระยะสุก ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L* เปลือกและเนื้อ เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก เป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์และมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น แคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองของผลมะม่วงสุก จะมีเบตา-แคโรทีนมากกว่าหรือให้ค่าสีเหลือง (b*) เข้มกว่าผลที่มีความบริบูรณ์น้อย (สายชลและสุนทร, 2535) [51] ดังนั้น b* ของผลสุกจะมีค่าสูงกว่า ระยะดิบและระยะกึ่งดิบกึ่งสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 สีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ กึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

Sample	Color value		
	L*	a*	b*
Sprung mature green	50.26 [c]	-14.90 [c]	31.33 [b]
Half-ripe	57.20 [b]	-8.96 [b]	40.60 [b]
Ripe	63.80 [a]	0.90 [a]	55.60 [a]

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์สารสำคัญในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ(ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยคลอโรฟิลล์เอ บี และรวม ในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ มีปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 19.31, 31.17 และ50.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่พบปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกของผลดิบสูง (กฤษณ์, 2559) [31] อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกรวมในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้งระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

Sample	Chlorophyll			Antioxidants[ns] (mg Trolox eq./g)	Total phenolic[ns] (mg Gallic eq./100g)
	Chlorophyll a (mg/L)	Chlorophyll b (mg/L)	Total Chlorophyll (mg/L)		
Sprung mature green	19.31 [a]	31.17 [a]	50.73 [a]	18.58	24.40
Half-ripe	12.59 [b]	20.45 [b]	31.94 [b]	18.28	19.34
Ripe	3.49 [c]	5.65 [c]	9.02 [c]	18.58	16.04

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

[ns] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ (ระยะดิบ ระยะห่าม และระยะสุก) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.3) แต่ในส่วนของวอเตอร์แอคทีวิตี้และปริมาณไขมัน พบว่า ระยะสุก มีค่าสูงกว่าระยะดิบและระยะห่ามอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณน้ำตาลที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของน้ำในเปลือกมากขึ้น (ธีระ, 2545) [52] เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ มีปริมาณโปรตีนสูงสุด เท่ากับร้อยละ 2.59 รองลงมา คือเปลือกมะม่วงระยะสุก และระยะดิบ มีปริมาณร้อยละ 2.03 และ 0.77 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เถ้า ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีน ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

Sample	Water activity	Moisture^{ns} (%)	Ash^{ns} (%)	Crude Fat (%)	Crude Protein (%)
Sprung mature green	0.98 ^{b}	24.34	95.24	0.95 ^{b}	2.59 ^{a}
Half-ripe	0.98 ^{c}	29.03	97.85	0.46 ^{c}	0.77 ^{c}
Ripe	0.99 ^{a}	31.71	97.69	1.65 ^{a}	2.03 ^{b}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

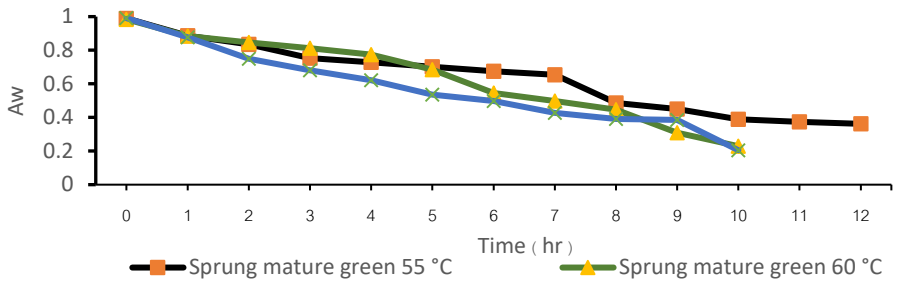
^{ns} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p>0.05$)

A B C

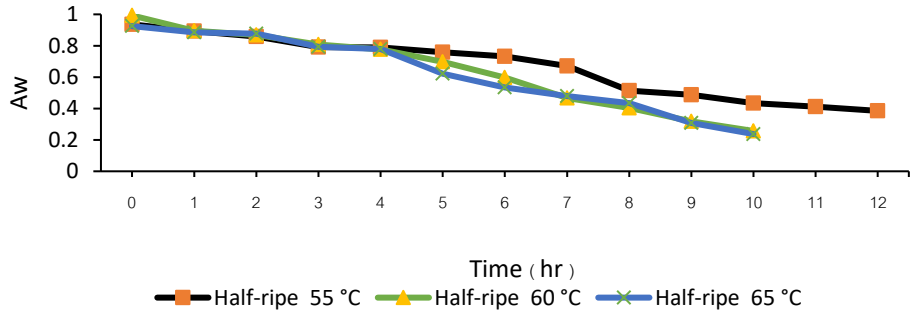
ภาพที่ 4.1 :มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลดิบมีสีเขียว(ก) มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลกึ่งดิบกึ่งสุกมีสีเขียวปนสีเหลือง(ข) มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะผลสุกมีสีเหลือง (ค)

4.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

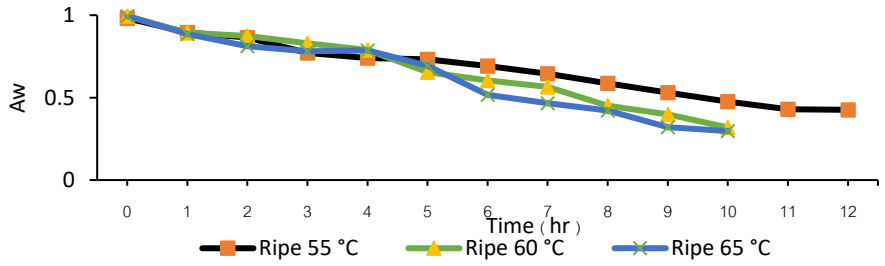
ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ศึกษาเวลาในการอบแห้งโดยแปลงอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส พบว่า การอบแห้งเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่เวลา 8 ชั่วโมง มีค่า วอเตอร์แอคทีวิตี้ < 0.6 และปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 (ภาพที่ 4.2-4.7) ดังนั้น เวลาที่เหมาะสมในการนำไปอบตัวอย่าง คือ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ซึ่งการอบเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่เวลา 8 ชั่วโมง นั้นได้ว่าเปลือกมะม่วงมีความปลอดภัยและสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปกติและมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลลินทรีย์



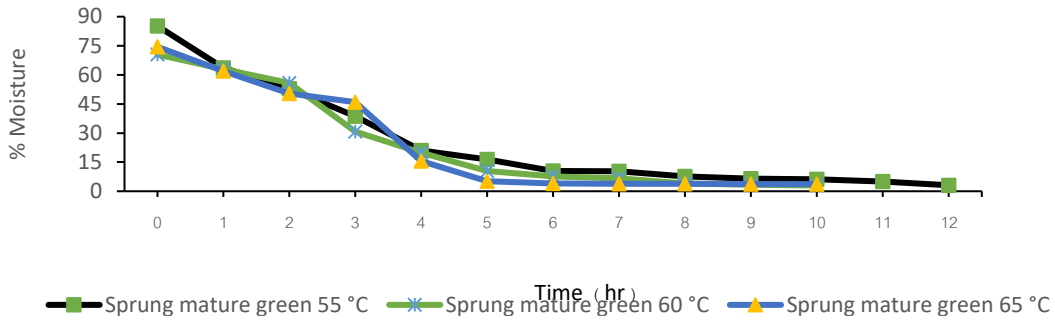
ภาพที่ 4.2 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส



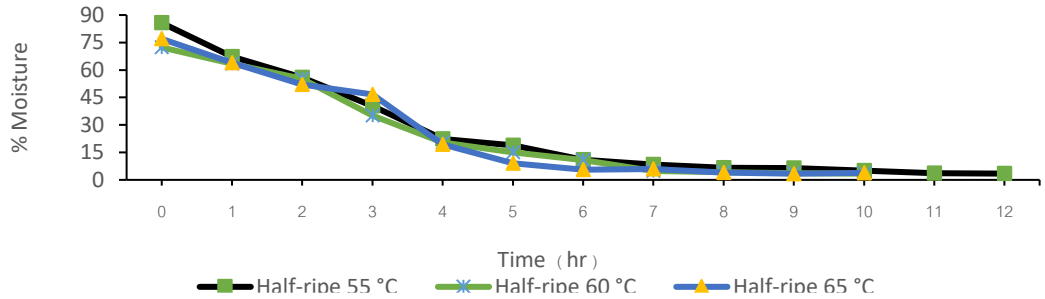
ภาพที่ 4.3 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส



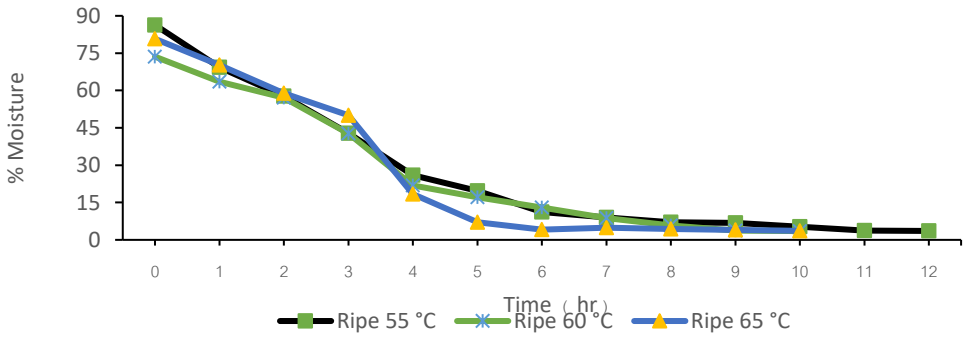
ภาพที่ 4.4 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะสุก เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.5 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.7 ค่า ปริมาณความชื้น ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะสุก เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาพบว่า เปลือกระยะสุกของทั้งสามอุณหภูมิ มีค่า L^* สูงกว่าเปลือกระยะดิบและระยะกึ่งดิบกึ่งสุก แสดงว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4 ระยะสุกให้ค่าความสว่างมากที่สุด ส่วน a^* และ b^* ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่ามีค่าสูงที่ ระยะสุก ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L^* เปลือกและเนื้อเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก เป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ และมีการสังเคราะห์ แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น แคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองของผลมะม่วงสุก จะมีเบตา-แคโรทีนมากกว่าหรือให้ค่าสีเหลือง (b^*) เข้มกว่าผลที่มีความบริบูรณ์น้อย (สายชล และสุนทร, 2535) [51] ดังนั้น b^* ของผลสุกจะมีค่าสูงกว่า ระยะดิบและระยะกึ่งดิบกึ่งสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.4) จากการวิเคราะห์สารสำคัญในปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ(ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) ปริมาณ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ (ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.6) ในส่วนปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น และเถ้า พบว่า เปลือกมะม่วงดิบ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่า ระยะกึ่งดิบกึ่งสุกและระยะสุกอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณน้ำตาลที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของน้ำในเปลือกสุกมากขึ้น (ธีระ, 2545) [52] เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะสุก พบว่ามีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 79.15, 75.83 และ74.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) จากผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในสายพันธุ์มะม่วงที่พบปริมาณ แคโรทีนอยด์ในเปลือกของผลสุกสูง (ดวงพร, 2558) [27] การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ อบแห้งที่อุณภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8 ชั่วโมงพบว่า มีปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ความชื้น และ เถ้า เท่ากับร้อยละ 1.56, 25.33, 3.20 และ2.39 ตามลำดับ และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี เท่ากับ 0.12 และ0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 สีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

Sample	Color value		
	L*	a*	b*
Sprung mature green 55	77.61[c]	-2.66[c]	28.16[b]
Half-ripe 55	78.30[b]	-2.46[b]	27.36[c]
Ripe 55	79.41[a]	-2.05[a]	33.29[a]
Sprung mature green 60	77.51[c]	-2.60[c]	28.17[b]
Half-ripe 60	78.28[b]	-2.48[b]	27.35[c]
Ripe 60	79.48[a]	-2.05[a]	33.00[a]
Sprung mature green 65	77.48[c]	-2.61[c]	28.18[b]
Half-ripe 65	78.36[b]	-2.45[b]	27.30[c]
Ripe 65	79.48[a]	-2.05[a]	33.27[a]

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

Sample	Chlorophyll		
	Chlorophyll a (mg/L)	Chlorophyll b (mg/L)	TotalCarotenoid (mg/L)
Sprung mature green 55	0.12^{a}	0.07^{a}	50.79^{d}
Half-ripe 55	0.07^{c}	0.05^{b}	61.40^{b}
Ripe 55	0.01^{d}	0.01^{d}	65.39^{a}
Sprung mature green 60	0.12^{a}	0.07^{a}	50.79^{d}
Half-ripe 60	0.08^{b}	0.05^{b}	61.46^{b}
Ripe 60	0.01^{d}	0.01^{d}	65.47^{a}
Sprung mature green 65	0.12^{a}	0.07^{a}	51.30^{c}
Half-ripe 65	0.08^{b}	0.05^{c}	61.26^{b}
Ripe 65	0.01^{d}	0.01^{e}	65.53^{a}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

Sample	Water activity ^{ns}	Moisture (%)	Ash (%)	Fat (%)	Protein (%)	Fiber (%)
Sprung mature green 55	0.38	3.19^{a}	2.51^{a}	1.50^{ab}	20.90^{d}	7.29^{d}
Half-ripe 55	0.38	3.08^{b}	1.23^{bc}	1.55^{a}	18.91^{f}	61.06^{b}
Ripe 55	0.36	3.16^{a}	1.16^{cd}	0.82^{d}	23.81^{c}	75.83^{a}
Sprung mature green 60	0.38	3.16^{a}	2.45^{a}	1.47^{ab}	20.54^{d}	7.07^{d}
Half-ripe 60	0.37	3.05^{b}	1.31^{b}	1.43^{ab}	19.61^{e}	60.52^{b}
Ripe 60	0.36	3.08^{b}	1.18^{bc}	0.71^{d}	23.81^{b}	74.03^{a}
Sprung mature green 65	0.38	3.20^{a}	2.39^{a}	1.56^{a}	25.33^{a}	50.50^{c}
Half-ripe 65	0.36	3.06^{b}	1.12^{bd}	1.34^{b}	22.99^{c}	58.91^{b}
Ripe 65	0.38	3.09^{b}	1.04^{d}	1.18^{c}	19.90^{e}	79.15^{a}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากการศึกษาคุณสมบัติทางองค์ประกอบทางชีวภาพฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีนอลิกรวมของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก ที่ระดับอุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกันคือ อุณหภูมิ 55, 60 และ65 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง พบว่า ในเปลือกมะม่วงอบแห้งระยะดิบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณของฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเปลือกมะม่วงระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก อย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.7)โดยมีปปริมาณฟีนอลิก 113.13 mg Gallic eq./100g และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ที่ 72.40 mg Trolox eq./g จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงพร, (2558) [27] มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด งานวิจัยของ พงศธรและคณะ, (2551) [53] เปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenly-1-picrylhydrazyl(DPPH) สูงกว่าเปลือกผลไม้ชนิด อื่น ๆ และงานวิจัยของ ปฏิวิทย์ และคณะ, (2554) [1] รายงานผลว่า เปลือกมะม่วงดิบและมะม่วงสุก มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH มากที่สุด และสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบมีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด

ตารางที่ 4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีนอลิกของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

Sample	Phenolic content and antioxidant content	
	Total phenolic (mg Gallic eq./100g)	Antioxidants (mg Trolox eq./g)
Sprung mature green 55	91.10^{b}	70.40^{ab}
Half-ripe 55	82.10^{bc}	66.95^{ab}
Ripe 55	64.82^{d}	68.51^{ab}
Sprung mature green 60	112.76^{a}	70.45^{ab}
Half-ripe 60	87.81^{bc}	65.18^{b}
Ripe 60	79.66 ^{C}	67.90^{ab}
Sprung mature green 65	113.13^{a}	72.40^{a}
Half-ripe 65	85.40^{bc}	70.38^{ab}
Ripe 65	73.40^{c}	69.16^{ab}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4.3 ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระดับแตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำการตรวจผลทุก 3 วัน และสิ้นสุดลงเมื่อมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตราฐาน พบว่า ผลิตภัณฑ์เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระดับ 0, 20 และ30 มีค่า L^* มากที่สุดในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาและลดลงในวันที่ 3และ6 ซึ่งตรงกันข้ามกับผลิตภัณฑ์เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระดับร้อยละ 10 และ40 ที่แสดงค่าความสว่างสุดที่สุดในวันที่ 6 คือ 25.86 และ 27.20 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจต นิพัทธ์, (2561) [54] รายงานผลว่าการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ส่งผลให้ค่า L^* (ความสว่าง) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (L^*) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	L^*		
	Days of storage		
	0	3	6
0	29.06^{bA}	28.23^{bC}	28.42^{bB}
10	25.57^{eB}	30.14^{aC}	25.86^{dA}
20	30.73^{aA}	25.23^{aB}	28.97^{aC}
30	28.66^{cA}	27.45^{cB}	25.28^{eC}
40	25.97^{dC}	26.32^{dB}	27.20^{cA}

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าสี a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระดับแตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำการตรวจทุก 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงที่ระดับร้อยละ 10 และ20 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ระดับร้อยละ 0, 30 และ40 ตามลำดับ ให้ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ให้ค่า a^* สูงที่สุดในวันที่ 6 เท่ากับ 8.40, 10.02 และ10.12 ให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)(ตารางที่ 4.9) สอดคล้องกับงานวิจัยของ นราธิป, (2559) [55] เนื่องผงเปลือกมะม่วงที่เสริมในบราวนี่มีลักษณะสีเขียวในผลิตภัณฑ์บราวนี่มีองค์ประกอบของน้ำตาลเปลี่ยนสีให้มีความเข้มขึ้น เมื่อได้รับความร้อนจากการอบ

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (a *) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ผงเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	a *		
	Days of storage		
	0	3	6
0	8.19^{bB}	8.51^{cA}	8.40^{bA}
10^{ns}	7.76^{c}	7.56^{d}	7.79^{c}
20^{ns}	8.86^{b}	9.53^{b}	9.10^{a}
30	10.28^{aAB}	10.42^{aB}	10.02^{aA}
40	10.51^{aA}	10.46^{aB}	10.12^{aA}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-B}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าสี b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ผงเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระดับแตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) มีค่า b* เท่ากับ 7.06 ในวันแรก และลดลงเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 3 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.13 จากนั้นค่า b* จะมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10 มีค่า b* ต่ำกว่าทุกชุดการลองอย่างไรก็ตามวันที่ 0, 3 และ 6 ของการเก็บรักษาบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง ให้ค่า b* สูงที่สุดในสิ่งทดลองร้อยละ 20 และ30 (ตารางที่ 4.10) เนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเปลือกมะม่วงได้รับความร้อนหรืออุณหภูมิสูงขึ้นจากการอบจึงเกิดการเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นทำให้เปลือกมะม่วงมีลักษณะที่เข้มโดยส่งผลให้ค่าความเหลืองลดลง (Vega-Gálvez *et al*., 2009) [56]

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี (b^*) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	b^*		
	Day of Storage		
	0	3	6
0	7.06^{bA}	6.13^{bB}	6.65^{bC}
10^{ns}	4.23^{c}	4.15^{c}	4.78^{c}
20^{ns}	9.30^{a}	8.98^{a}	7.04^{b}
30^{ns}	9.38^{a}	9.70^{a}	9.65^{a}
40^{ns}	7.52^{b}	6.49^{b}	8.18^{a}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 แสดงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ด้วยปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง โดยมีการรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน แสดงค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของผงเปลือกมะม่วงมากขึ้นทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกมะม่วงที่เพิ่มขึ้น ตามรายงานของ อินทีรา และคณะ (2561) [57] เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานยิ่งเพิ่มปริมาณของความแน่นเนื้อ โดยผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดในวันที่ 6 คือ 11801.52 นิวตันต่อวินาที และมีค่าความยืดหยุ่นต่ำสุดที่ 18.19 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมผงเปลือกมะม่วงในบราวนี่ร้อยละ 0 มีค่าความแน่นนเนื้อ และค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุด เท่ากับ 1163.40 นิวตันต่อวินาที และ 38.08 มิลลิเมตร ซึ่ง Grigelmo -Miguel และคณะ (1999) [58] พบว่าปริมาณของแข็งในมัฟฟินเพิ่มมากเพราะมีไฟเบอร์รวมกันมากขึ้นในเนื้อของ บราวนี่ โดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นส่งผลให้เนื้อบราวนี่มีลักษณะเนื้อที่นิ่ม ซึ่งบราวนี่ที่ไม่มีผงของเปลือกมะม่วงจะมีความชื้นสูง ดังนั้นบราวนี่จึงมีความยืดหยุ่นสูง และมีอีกหลายปัจจัยที่ส่งผลให้บราวนี่มีลักษณะที่นิ่ม เช่น กูลเตน แป้ง น้ำตาลทราย ปริมาณไขมัน และน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 5 สิ่งทดลอง

Physical properties	Brownies			
	Days of storage			
	Mango peel powder (%)	0	3	6
Firmness (Ns)	0	879.63^{c}	1076.80^{c}	1163.40^{b}
	10	938.05^{c}	1976.55^{b}	2302.80^{b}
	20	746.93^{c}	1489.60^{bc}	2323.58^{b}
	30	1363.17^{b}	1324.83^{bc}	2106.21^{b}
	40	6493.75^{a}	3946.41^{a}	11801.52^{a}
Springiness (mm)	0	34.36^{d}	37.03^{b}	38.08^{bc}
	10	47.60^{a}	40.63^{a}	40.08^{a}
	20	44.49^{b}	40.07^{a}	39.35^{bc}
	30	41.65^{c}	36.25^{b}	37.34^{b}
	40	32.79^{d}	27.20^{c}	18.19^{c}

หมายเหตุ $^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่า ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกในทุกชุดการทดลอง โดยในวันที่ 6 ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ40 มีค่าเท่ากับ 0.83, 0.80, 0.78, 0.77 และ0.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) จากการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทำให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่มากขึ้น เนื่องจากค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ที่เกิน 0.6 เกินมาตรฐานกำหนดเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด ทำให้เสื่อมเสียง่ายมีอายุการเก็บที่สั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิธิยา (2545) [59] กล่าวว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำจะถูกจับให้อยู่ในอาหารโดยวิธีทางกลทำ ให้ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ในระหว่าง การเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อม คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Water activity		
	Days of storage		
	0	3	6
0	0.70^{aC}	0.74^{aB}	0.83^{aA}
10	0.68^{bC}	0.74^{bB}	0.80^{bA}
20	0.68^{bC}	0.70^{cB}	0.78^{cA}
30	0.64^{cC}	0.66^{dB}	0.77^{dA}
40	0.62^{dC}	0.65^{e}	0.75^{eA}

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าปริมาณความชื้น ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10 และ20 มีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ชุดควบคุม และผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ30 และ40 มีความชื้นเพิ่มสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องการงานวิจัยของเจนนิพัทธ์ และคณะ (2018) [54] ผลของการใช้เปลือกทุเรียนทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของเค้กบราวนี่ กล่าวว่า เมื่อใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งสาลีทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการดูดซับน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเพิ่มเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 มีผลให้ปริมาณความชื้น เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะบราวนี่ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 40 มีความชื้นสูงที่สุด

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Moisture (%)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	15.76^{aC}	15.08^{cB}	16.52^{cA}
10	15.23^{cC}	15.68^{dB}	15.88^{dA}
20	15.21^{cC}	15.69^{dB}	15.97^{dA}
30	15.53^{bC}	16.54^{bB}	16.82^{bA}
40	15.91^{aC}	16.94^{aB}	17.21^{aA}

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าปริมาณเถ้า พบว่าการเสริมผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ปริมาณ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยในวันที่ 0 มีปริมาณเถ้ามากที่สุด เท่ากับ 2.79, 2.25, 2.37, 2.21 และ2.21ตามลำดับ และต่ำสุดในช่วงอายุการเก็บรักษาวันที่ 6 เท่ากับ 1.46, 0.63, 0.76, 0.66 และ0.60 ตามลำดับอาจเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ตามอายุของการเก็บรักษา จึงทำให้ปริมาณเถ้ามีการลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเสริมผงเปลือกมะม่วงในบราวนี่ที่ร้อยละ 0 ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีปริมาณเถ้าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.79 และเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วันปริมาณเถ้าลดลงเหลือร้อยละ 1.46 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10, 20, 30 และ40 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วันปริมาณเถ้าลดลงต่ำกว่าชุดควบคุม ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.60-0.76 การผลการทดลองเป็นไป

ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีค่า Ash ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Ash (%)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	2.79^{aA}	2.13^{abB}	1.46^{aC}
10	2.25^{bA}	2.33^{aA}	0.63^{bB}
20	2.37^{bA}	1.70^{bcB}	0.76^{bC}
30	2.21^{bA}	1.46^{cB}	0.66^{bC}
40	2.21^{bA}	0.76^{dB}	0.60^{bB}

หมายเหตุ $^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 แสดงค่าปริมาณค่าไขมัน ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันคือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณไขมันลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง โดยในวันแรกผลิตภัณฑ์ บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ ร้อยละ 20 มีไขมันต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 26.37 ลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเท่ากับร้อยละ 24.96 ในวันที่ 0, 3 และ6 ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอดไม้ร้อยละ 0 มีปริมาณไขมันรร้อยละ 30.82, 29.52 และ27.84 ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ทำให้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์บราวนี่มีปริมาณลดลง พบว่าปริมาณไขมันพบสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 และต่ำที่สุดที่ในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ40 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนราธิป (2016) [55] ที่กล่าวว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของอัลเบโดที่มาจากเปลือกส้มโอใส่คุกกี้ทำให้ปริมาณไขมันมีแนวโน้นลดลง เนื่องจากในอัลเบโดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต เส้นใย และมีปริมาณไขมันที่ต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีปริมาณไขมันที่ต่ำตามอัตราส่วนที่เสริมในคุกกี้

ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีค่า Fat ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Fat (%)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	30.82^{aA}	29.52^{aB}	27.84^{aC}
10	29.87^{bA}	29.12^{abA}	26.10^{abB}
20^{ns}	26.37^{d}	25.41^{b}	24.96^{b}
30	29.20^{bcA}	27.79^{abA}	19.28^{cB}
40	28.56^{cA}	25.85^{abA}	17.25^{cB}

หมายเหตุ $^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 แสดงค่าปริมาณโปรตีน ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง บราวนี่เสริมผงเปลือกมมะม่วงร้อยละ 10, 20 และ30 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ($P>0.05$) ในทุกวันของอายุการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบเป็นวันของการเก็บรักษา เห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 35.09 และมีปริมาณลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย การพัฒนาคุกกี้เนยสดเสริมใยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอของ นราธิป (2016) [55] พบว่าการเสริมอัลเบโดจากเปลือกส้มโอ ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนของคุกกี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากในอัลเบโดมีปริมาณโปรตีนและเถ้าเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย

ตารางที่ 4.16 ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Protein (%)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	35.09^{aA}	33.60^{a}	31.33^{abC}
10^{ns}	32.40^{b}	32.17^{b}	31.10^{b}
20^{ns}	32.58^{bc}	31.96^{c}	30.21^{a}
30^{ns}	31.11^{c}	30.23^{cd}	30.72^{b}
40	30.76^{cA}	29.45^{dB}	29.28^{cB}

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณเส้นใยของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ การเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงที่เสริมในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยลดลง โดยผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าทุกชุดการทดลองตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งมีปริมาณเส้นใยเท่ากับร้อยละ 5.77, 4.84 และ4.66 เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0, 3 และ6 ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงที่ร้อยละ 40 มีปริมาณเส้นใยเท่ากับร้อยละ 1.60, 1.52 และ1.70 เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0, 3 และ6วัน ตามลำดับ จากการลดลงของปริมาณเส้นใยในอาหารของผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้น

ตารางที่ 4.17 ปริมาณเส้นใยของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Fiber (%)		
	Days of storage		
	0	3	6
0^{ns}	5.77^{a}	4.84^{a}	4.66^{a}
10^{ns}	5.27^{b}	4.91^{a}	4.19^{ab}
20	4.42^{abA}	3.88^{bA}	3.67^{bB}
30^{ns}	4.31^{b}	4.72^{a}	3.97^{ab}
40^{ns}	1.60^{c}	1.52^{c}	1.70^{c}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-B}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.18, 4.19 และ 4.20 แสดงการสูญเสียน้ำหนัก ความหนาแน่น และการวัดขนาดของ บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน จากการทดลองพบว่า การเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ไม่มีผลต่อปริมาณของน้ำหนัก ความหนา และขนาดของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P > 0.05$) จากตารางทั้ง 3 ตารางทำให้เห็นว่าในทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกวันของการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าปริมาณน้ำหนักของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	Weight (g)		
	Days of storage		
	0	3	6
0^{ns}	30.23^{b}	29.58^{c}	29.07^{c}
10^{ns}	31.17^{b}	30.79^{b}	30.77^{b}
20^{ns}	33.08^{a}	33.34^{a}	32.85^{a}
30^{ns}	33.38^{a}	33.55^{a}	32.36^{aab}
40	30.06^{bA}	29.24^{cB}	27.44^{cC}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าปริมาณความหนาของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	Thickness (cm^2)		
	Days of storage		
	0	3	6
0^{ns}	1.50^{b}	1.47^{b}	1.47^{b}
10^{ns}	1.83^{a}	1.83^{a}	1.73^{a}
20^{ns}	1.63^{b}	1.57^{b}	1.53^{b}
30^{ns}	1.53^{b}	1.50^{b}	1.47^{b}
40^{ns}	1.5^{b}	1.4^{b}	1.4^{b}

หมายเหตุ $^{a-b}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าขนาดของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	Size (cm^2)		
	Days of storage		
	0^{ns}	3^{ns}	6
0^{ns}	33.09	31.58	30.47^{ab}
10^{ns}	33.89	33.40	32.24^{a}
20^{ns}	29.98	29.77	29.70^{ab}
30^{ns}	32.47	30.14	28.43^{ab}
40^{ns}	30.52	29.28	26.82^{b}

หมายเหตุ $^{a-b}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ในผลิตภัณฑ์บราวนี่ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง โดยมีการรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน พบว่า การเสริมผงเปลือกมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณของฟีนอลิกมีจำนวนมากขึ้น เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่าบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ยิ่งมีปริมาณของฟีนอลิกที่มากขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกยิ่งเพิ่มมากขึ้นจากวันที่ 0 ในบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 40 พบปริมาณของฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด 51.91 mg GAE/100g ส่วนบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 30 มีปริมาณของฟีนอกลิกต่ำสุด อาจเนื่องมากจากตัวของสารฟีนอกลิกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่นการสังเคราะห์สารฟีนอลิกที่มีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย หรือเข้ามาเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิก เช่น แสงบริเวณที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศในวันนั้น ๆ และน้ำที่เกิดจากการระเหยของไขมันหรือวัตถุในการทำบราวนี่ ในการดูอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อุณหภูมิห้องอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่โปร่งแสง อาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มหรือลดลงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารฟีนอลิกในตัวของผลิตภัณฑ์ (จิราพร, 2555) [57] การเพิ่มปริมาณของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ในผลิตภัณฑ์ บราวนี่ส่งผลให้สารฟีนอลิกเพิ่มปริมาณมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ อินทิรา และคณะ, (2556) [57] ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณผงเปลือกมะม่วง

เพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าสัปดาห์แรก

ตารางที่ 4.21 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Total phenolic (mg Gallic eq./100g)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	13.26^{bC}	22.39^{cB}	48.63^{abA}
10	12.60^{bB}	29.03^{bA}	39.66^{bA}
20	17.42^{abB}	40.38^{aA}	41.62^{abA}
30	15.70^{abC}	36.91^{aB}	38.71^{bA}
40	19.98^{aC}	37.38^{aB}	51.91^{aA}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ปริมาณที่แตกต่างกันคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง โดยมีการรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เพิ่มขึ้นในทุกวันของการรักษา คือ วันที่0, 3 และ6 เมื่อเสริมปริมาณของผงเปลือกมะม่วงมากขึ้นยิ่งทำให้พบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น โดยวันที่ 0 พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ร้อยละ 40 มีปริมารสารต้านอนุมูลอิสระมาก ตรงกันข้ามกับผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ร้อยละ 10 ($P \leq 0.05$) มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นตลอดเวลา มีปัจจัยหลาย ๆด้านเช่น แสง น้ำ เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเพิ่มและลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ร้อยละ 10, 20, 30 และ40 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดทดลอง เท่ากับ 66.71, 68.80, 69.71 และ69.81 ตามลำดับ โดยชุดควบคุมมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 62.30 ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องการงานวิจัยของ

อินทิรา และคณะ, (2556) [57] พบว่าการยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณผงเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.22 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

Mango peel powder (%)	Antioxidants (mg Trolox eq./g)		
	Days of storage		
	0	3	6
0	37.89^{abB}	38.04^{dB}	62.30^{bA}
10	35.77^{bC}	47.74^{cB}	66.71^{aA}
20	55.30^{abC}	57.80^{bB}	68.80^{aA}
30^{ns}	42.64^{ab}	66.50^{a}	69.71^{a}
40	57.60^{aB}	60.10^{abAB}	69.81^{aA}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

4.4 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ในระดับแตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ในอุณหภูมิห้องทำการตรวจทุกวัน สิ้นสุดลงเมื่อมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตราฐาน แสดงในตารางที่ 4.23 จากการทดลองพบว่า การเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ไม่มีผลต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ใน4วันแรกของการเก็บรักษา เนื่องจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่เสริมในบราวนี่มีปริมาณความชื้นต่ำ จึงทำให้บราวนี่ผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ ไม่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งกระบวนการผลิตบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ใช้ความร้อนสูงในการอบ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า $1x10^6$ โคโลนีต่อกรัม ในช่วงของวันที่ 0, 1, 2, 3 และ4 ของระยะการเก็บ และในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 5 พบว่าบราวนี่เสริมผง

เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มมากขึ้น (Water activity) (ชไมพร, 2558) [61] บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีการระเหยออกของน้ำจากการเก็บในถุงฟอยด์ เกิดเป็นไอน้ำทำให้เกิดความชื้นของผลิตภัณฑ์บราวนี่ และเกิดเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 (ชไมพร, 2558) [61] พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ประมาณ 2.5-5.1 log cfu/g แต่ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบเชื้อจุลินทรีย์เกินกว่ามาตราฐานที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือประมาณ 6.0 log cfu/g (เบญจพร และคณะ, 2561) [62]

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

Mango peel powder (%)	Total plate count (log cfu/g)						
	Days of storage						
	0	1	2	3	4	5	6
0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	5.1	6.9
10	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	4.9	6.7
20	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	4.5	6.4
30	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	3.0	6.4
40	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.5	6.2

ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอก เบอร์ 4 ในผลิตภัณฑ์บราวนี่ในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับคือร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 25 จากการทดลอง การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวัน สิ้นสุดลงเมื่อมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน และผู้บริโภคไม่ให้การยอมรับ พบว่า บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านของลักษณะปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10 และ20 มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏเริ่มตั้งแต่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3 เป็นต้นไป ส่วนในอัตราส่วนที่ 30 และ40 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับได้ในช่วงของวันที่0, 1, 2, 3,4 และ5 ลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับในช่วงวันที่ 6 มีลักษณะเหม็นหืน เนื้อของตัวผลิตภัณฑ์นิ่ม และมีปริมาณไขมันซึมออกมาจากผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.24 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Appearance (Score)						
	Days of Storage						
	0	1	2	3	4	5	6^{ns}
0	7.80^{aA}	7.80^{aA}	6.74^{aB}	6.56^{aB}	5.78^{bC}	5.02^{abD}	4.46^{E}
10	7.62^{abA}	7.62^{abA}	6.58^{aB}	6.38^{abB}	5.98^{abC}	4.80^{bD}	4.42^{E}
20	7.54^{abA}	7.54^{abA}	6.42^{abB}	6.12^{bcB}	6.12^{aB}	4.90^{abC}	4.46^{D}
30	7.34^{bA}	7.34^{bB}	6.08^{bC}	6.00^{cC}	5.98^{abC}	5.12^{aD}	4.40^{E}
40	6.66^{cA}	6.66^{cB}	5.60^{cC}	5.70^{dC}	5.70^{bC}	4.88^{abD}	4.34^{E}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-E}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสค่าสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวันพบว่า บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านค่าสี พบว่าค่าสีที่อายุการเก็บรักษาวันที่0 และ1 ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนวันที่ 2-6 มีความแตกต่างกันเล็กน้อย จากการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 เมื่อเปรียบที่อัตราส่วนที่ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 พบว่า ค่าสีวันที่0 และ1 มีความแตกต่างกันโดยที่อัตราส่วนร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) ในอายุการเก็บรักษาวันที่ 0 และ 1 มีค่าการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด ในวันที่ 2, 3 และ4 มีค่าการยอมรับที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนวันที่ 5 มีค่าการยอมรับสูงสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 40 เนื่องจากมีลักษณะสีที่เข้ม อายุการเก็บรักษาวันที่ 6 มีความแตกต่างกันตามอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.25 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านค่าสีของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Color (Score)						
	Days of storage						
	0	1	2^{ns}	3^{ns}	4^{ns}	5	6
0	7.98^{aA}	7.98^{aA}	6.12^{B}	5.86^{B}	5.86^{B}	4.82^{cC}	4.10^{abcD}
10	7.44^{bA}	7.44^{bA}	6.20^{B}	6.10^{B}	6.08^{B}	5.18^{abC}	4.02^{bcD}
20	7.38^{bA}	7.38^{bA}	6.28^{B}	6.00^{B}	6.00^{B}	4.96^{bcC}	4.36^{abD}
30	7.32^{bcAB}	7.32^{bcA}	6.30^{BC}	6.16^{BC}	6.18^{BC}	4.92^{bcCD}	4.38^{aD}
40	6.96^{cA}	6.96^{cB}	5.94^{B}	6.06^{B}	6.04^{B}	5.36^{aC}	3.94^{cD}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-D}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสค่ากลิ่นของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวันพบว่า บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านค่ากลิ่น พบว่าค่ากลิ่นของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0และ1 ในทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกัน ในช่วงวันที่4, 5 และ6 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของการเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ต่างกัน พบว่าคะแนนการยอมรับค่ากลิ่นของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดกอไม้ เบอร์ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่ากลิ่นวันที่0 และ1 มีความแตกต่างกันโดยที่อัตราส่วนที่ 0 (สูตรควบคุม) ในอายุการเก็บรักษาวันที่ 0 และ 1 มีค่าการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด ในวันที่ 2, 3, 4, 5 และ6 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.26 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านค่ากลิ่นของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Odor (Score)						
	Days of storage						
	0	1	2	3	4^{ns}	5^{ns}	6^{ns}
0	7.76^{aA}	7.76^{aB}	6.88^{aC}	6.60^{aC}	5.80^{D}	5.04^{E}	4.10^{F}
10	7.40^{abAB}	7.40^{abA}	6.38^{bBC}	6.16^{bBC}	5.56^{CD}	4.96^{CD}	4.24^{D}
20	7.54^{aA}	7.54^{aA}	6.00^{bcB}	5.88^{bBC}	5.64^{C}	4.82^{D}	4.04^{E}
30	7.40^{abA}	7.40^{abB}	5.82^{cCD}	5.88^{bC}	5.52^{D}	4.94^{E}	4.40^{F}
40	7.06^{bA}	7.06^{bB}	5.90^{cBC}	6.20^{bB}	5.60^{C}	4.84^{D}	4.24^{E}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-F}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสค่ารสชาติของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวันพบว่า บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านค่ารสชาติ พบว่าค่ารสชาติของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0, 1, 3, 4, 5 และ6 ในทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละที่ต่างกัน พบว่าคะแนนการยอมรับค่ารสชาติของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่ารสชาติของผลิตภัณฑ์ในช่วงวันที่ 0 ของทุกอัตราส่วนร้อยละ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูงที่สุด เท่ากับ 7.82, 7.86, 8.06, 8.04 และ7.96 ตามลำดับ วันที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ6 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเรื่องรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.27 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Taste (Score)						
	Days of storage						
	0^{ns}	1^{ns}	2	3^{ns}	4^{ns}	5^{ns}	6^{ns}
0	7.82^{A}	7.82^{B}	6.26^{abC}	6.08^{C}	5.68^{D}	4.78^{E}	4.08^{F}
10	7.86^{A}	7.86^{B}	6.56^{aC}	6.18^{D}	5.44^{E}	4.06^{F}	4.18^{G}
20	8.06^{A}	7.96^{B}	6.58^{aC}	6.16^{D}	5.64^{E}	4.84^{F}	4.24^{G}
30	8.04^{A}	8.04^{B}	6.40^{aBC}	6.28^{C}	5.52^{D}	4.92^{E}	4.92^{F}
40	7.96^{A}	8.06^{B}	5.90^{bB}	5.96^{B}	5.48^{C}	5.10^{E}	4.12^{F}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-G}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวันพบว่า บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านค่าเนื้อสัมผัส พบว่าค่าเนื้อสัมผัสที่อายุการเก็บรักษาวันที่0, 1, 2, 3, 4 และ5 ผู้ทดสอบบชิมให้คะแนนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องมาจากเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่อ่อนตัวทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนในเรื่องของเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนในวันที่ 6 ของอายุการเก็บรักษาผู้บริโภคให้คะแนนเรื่องเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จากการเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 เมื่อเปรียบที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 พบว่า คะแนนค่าเนื้อสัมผัสของวันที่0 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเนื้อสัมผัสมากที่สุด เท่ากับ 7.90, 8.02, 7.80, 7.98 และ7.82 ตามลำดับ เนื่องมาจากในวันที่ 0 ของการทดสอบชิมคือผลิตภัณฑ์พึ่งมีการอบเสร็จใหม่ๆออกจากเตา ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างนิ่ม ฟู อาจทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนที่สูงสุด และช่วงอายุการเก็บรักษาในวันที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ6 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

ตารางที่ 4.28 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Texture (Score)						
	Days of storage						
	0^{ns}	1^{ns}	2^{ns}	3^{ns}	4^{ns}	5^{ns}	6
0	7.90^{A}	7.90^{B}	6.36^{C}	6.14^{CD}	5.98^{D}	5.06^{E}	3.70^{bF}
10	8.02^{A}	8.02^{AB}	6.80^{BC}	6.06^{CD}	5.76^{CD}	5.06^{D}	3.86^{abE}
20	7.80^{A}	7.80^{B}	6.40^{C}	6.14^{CD}	5.94^{D}	5.04^{E}	3.94^{abF}
30	7.98^{A}	7.98^{B}	6.42^{BC}	6.22^{CD}	5.94^{D}	5.10^{E}	4.06^{abF}
40	7.82^{A}	7.82^{B}	5.86^{B}	5.98^{B}	5.84^{B}	5.06^{C}	4.18^{aD}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-F}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 โดยการทดสอบชิมทุกวันพบว่า บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านความชอบโดยรวม พบว่าค่าความชอบโดยรวมที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0, 1, 2 และ3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ตัวอย่างทุกอัตราส่วน ส่วนวันที่ 4, 5 และ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ในผลิตภัณฑ์บราวนี่ พบว่า ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนมากที่สุดคือ ค่าด้านความชอบโดยรวมวันที่ 0 ทุกอัตราส่วน และในวันที่ 2 มีความชอบมากที่สุดในอัตราส่วนร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ10 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วน 10 มีลักษณะที่คล้ายกับผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วนที่ 0 (สูตรควบคุม) เพราะมีการเสริมปริมาณเปลือกมะม่วงในปริมาณที่น้อย จึงอาจทำให้ตัวผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยจากผลิตภัณฑ์ที่ 0 (สูตรควบคุม)

ตารางที่ 4.29 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่ระดับต่าง ๆ และช่วงอายุการเก็บในวันต่าง ๆ

Mango peel powder (%)	Overall acceptance (Score)						
	Days of storage						
	0	1	2	3	4^{ns}	5^{ns}	6^{ns}
0	8.10^{aA}	8.10^{aA}	7.32^{aB}	6.56^{aC}	5.94^{D}	4.92^{E}	3.86^{F}
10	7.98^{abA}	7.92^{abA}	7.24^{abB}	6.34^{bcC}	5.88^{C}	5.06^{D}	3.64^{E}
20	7.56^{bA}	7.59^{bB}	6.62^{bC}	6.24^{bD}	5.74^{E}	5.26^{F}	3.76^{D}
30	7.16^{cA}	7.16^{cB}	6.10^{cC}	5.88^{cCD}	5.66^{D}	4.98^{E}	3.86^{F}
40	6.34^{dA}	6.34^{dB}	5.78^{cB}	6.00^{bcAB}	5.80^{B}	5.12^{C}	3.92^{D}

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{A-F}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาอิทธิพลของวัยต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณสารสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก พบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะสุกมีค่าความสว่างค่า L* และค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้สูงกว่าระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะดิบ ส่วนการวิเคราะห์ทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 พบว่า ระยะกึ่งดิบกึ่งสุกมีปริมาณไขมัน โปรตีนน้อยกว่าระยะดิบ และระยะสุกในขณะที่เปลือกมะม่วงระยะดิบมีโปรตีน , คลอโรฟิลล์เอ บี และรวม สูงกว่าระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลิกรวมในเปลือกมะม่วงทั้งสามระยะไม่มีความแตกต่างกัน

2. จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกมะม่วง คือ 8 ชั่วโมง โดยมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้น้อยกว่า 0.6 และปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด เมื่อนำมาวิเคราะห์ คุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางคมี พบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ระยะดิบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณไขมัน โปรตีน ความชื้น เถ้า และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี มากที่สุด เมื่อเทียบกับเปลือกมะม่วงระยะกึ่งดิบกึ่งสุกที่อุณหภูมิ 55 และ60 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับปริมาณ ฟินอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระที่มีปริมาณสูง

3. ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6วัน โดยเสริมผงเปลือกมะม่วง ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่า การเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ลงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ทั้ง 5 สิ่งทดลองส่งผลให้ค่า L^* (ค่าความสว่าง) และค่าสี a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ของบราวนี่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าสี b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วง แสดงค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) เพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกมะม่วง ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงในทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นสูงในวันสุดท้าย ปริมาณความชื้นในทุกชุดการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นสูงสุดในบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 การเพิ่มปริมาณของเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน และเส้นใย มีปริมาณน้อยลง โดยเฉพาะการเสริมผงเปลือกมะม่วงที่ร้อยละ 40 มีปริมาณสารเหล่านี้น้อยที่สุด การเสริมผงเปลือกมะม่วงไม่มีผลต่อน้ำหนัก ความหนา และขนาดของบราวนี่ การเพิ่มผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์บราวนี่ส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ผลิตภัณฑ์บราวนี่ในทุกชุดการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และมีปริมาณสูงสุดในผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40

4. จากการศึกษาอายุการเก็บต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา เมื่อทางประสาทสัมผัส พบว่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในช่วง 4 วันแรก ในช่วงคะแนนเท่ากับ 5 โดยการเสริมผงเปลือกมะม่วงได้รับความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงอย่างไรก็ตาม การเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 10 มีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์บราวนี่ในชุดควบคุมในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด อีกทั้งมีองค์ประกอบเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าชุดควบคุม

บรรณานุกรม

[1] ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย ทิพวรรณ ผาสกุล และราตรี มงคลไทย. (2554). เปรียบเทียบฤทธิ์กำรต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้.(บทความการประชุมทาวิชาการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46: 554-561. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).

[2] Nareman S. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber.,December 2016. Pages 229-235.

[3] ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. (2548). บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ.สืบค้นจาก: https://www.doctor.or.th/article/detail/1346. วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2561.

[4] สังวาล ธรรมษา, (2555). การทดแทนไขมันด้วยผงบุกในผลิตภัณฑ์บราวนี่. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพมหานคร.

[5] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2545). มะม่วง.สืบค้นจาก: http://www.thaihealth.or.th/Aboutus.html. วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2561.

[6] วีระ บ้านโฮ่ง. (2559). มะม่วงน้ำดอกไม้. www. mangomillion.blogspot.com. Friday, 29 July 2016. วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2561.

[7] ธีรศักดิ์ ซื่อสัตย์. (2551). ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของมะม่วง.สืบค้นจาก https://www.l3nr.org/posts/213815. วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2561.

[8] Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. (1984). Postharvest biotechnology of fruits. 1: 208-210.

[9] รวยริน เพชรสลับแกว้. (2547). แวะชมสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งนอกที่แปดริ้ว. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. 16 (329): 38-40.

[10] วิชา ฐิติประเสริฐ. (2544). ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืชมะม่วง. Plant germplasm database for mango.
สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 142 หน้า.

[11] ศูนย์รวมฐานข้อมูลสิ่งมีชีวิตในประเทศไทย.(2559). มะม่วงน้ำดอกไม้.สืบค้นจาก: http://www.thaibiodiversity.org/Life/LifeDetail.aspx?LifeID=76271.วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2561.

[12] พรรณนีย์ วิชชาชู. (2559). มะม่วงน้ำดอกไม้. สืบค้นจาก : www.doa.go.th/kasikorn/year-55/nov_dec_55/part-3.pd.

[13] ณัฐชา ดวงจันทร์. (2559). ประเภทมะม่วงน้ำดอกไม้.สืบค้นจาก : http://www.xn-72c7actra6b5df6e9itb.com/product/20.

[14] ชานนท์ สาระสุข และอนุวัตร แจ้งชัด. (2553). การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะดิบและสุก. (บทความการประชุมทางวิชาการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, หน้า 434-442 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์).

[15] เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. (2554). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์. 1(1) : 59-70.

[16] วิเชียร ดวงสีเสน. 2555. การศึกษาการอบแห้งกากมันสาปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบตะแกรงหมุน.วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ปีการศึกษา 2555. หน้าที่ 10 – 14.

[17] Pott, I. and others. “Quality Improvement of Non – sulphited Mango Slices by Drying at High Temperatures,” Innovation Food Science & Emerging Technologies. 6 : 412-419, 2005.

[18] วิภาวี เชิดวรพงศ์ และกุลนาถ ทองขาว.(2558). ศึกษาการรักษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเปลือกมะม่วงเขียวพันธ์แก้วขมิ้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารจากเปลือกมะม่วงต่อการยับยั้งแบคทีเรีย.ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร.คณะอุตสาหกรรมเกษตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.

[19] รัชพล พะวงศ์รัตน และจุฑาทิพย์ โพธ์อุบล. (2558). ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของเปลือกส้มโอและการประยุกต์ใช้ในรูปของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 93-96 (2558).

[20] โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2550. สารต้านอนุมูลอิสระ. นิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 262 .

[21] บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมลูอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(3), หน้า 275-286.

[22] ปวีณา พันทอง. 2559. การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี CUPRAC โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัด แบบกระดาษ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

[23] วิภพ สุทธนะ. (2556). ฤทธิ์ต้านมะเร็งของฟลาโวนอยด์: กลไกการออกฤทธิ์.คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา. ศรีนครินทร์เวชสาร ปีที่ : 28 ฉบับที่ : 4 เลขหน้า : 567-582 ปีพ.ศ. : 2556.

[24] วิจิตร วังใน, 2526, ชนิดและพันธุ์ไม้ผลเมืองไทย, กรมวิชาการเกษตร, หน้า 67-74.

[25] Ribeiro, S.M.R., Barbosa, L.C.A., Queiroz, J.H., Knodler M., Schieber, A. 2008. Phenolic compoundsandantioxidant capacity of Brazilian mango (Mangiferaindica L.) varieties. Food Chemistry, 110.620–626

[26] จารุวรรณ ดรเถื่อน, อัมพร ภูศรีฐาน และ พิเชษฐ เทบำรุง. (2561). การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในผลเม่า. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร 47160.แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1 : (2561).

[27] ดวงพร ภู่ผะกา. (2558). การประเมินปริมาณสารพฤกษาเคมีบางประการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วงพื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา, วารสารวิทยาศาสตร์มข. ปีที่ 43 ฉบับที่ 2: 2558; 267-283

[28] เนตรนภา เมยกลาง และดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2557).การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในเครื่องดื่มน้ำผลไม้. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.วารสารวิจัย มข. (บศ.) 14 (4) : ต.ค. - ธ.ค. 2557.

[29] จริงแท้ ศิริพานิช. (2537). วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทางพืชสวน ตอนที 1 สรีรวิทยาของผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว. เอกสารประกอบการอบรม เรือง วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทางพืช. หน้า 86.

[30] ขวัญชนก ศรัทธาสุข. (2556). คลอโรฟิลล์กับสุขภาพ. สาขาชีววิทยา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เขียนโดย biology เมื่อ July 29, 2014. หัวข้อ บทความ, บทความปี 2556.

[31] กฤษณ์ สงวนพวก. (2559). ปริมาณคลอโรฟิลล์และอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ของมะม่วงรับประทานดิบในประเทศไทยหลังการเก็บเกี่ยว. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.Vol.10 No.2 July - December 2016.

[32] ธีรนาถ สุวรรณเรือง. (2560). ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผลไม้ตลาดจังหวัดกาฬสินธุ์. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings). การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17. หน้า 2563-2569.

[33] Parisa Sadighara, Maryam Saghafi, Ahmad Erfanmanesh and Mina Mahdaviyekta (2016) Antioxidant activityand properties of outer shell pistachios in different temperature of cooking Der Pharmacia Lettre,8 (12) pp 263-266.

[34] พีระศักดิ์ ฉายประสาท และนายรัฐพล เมืองเอก. (2560). การศึกษาสารต้านอนุมูลอสิระในมะม่วงมหาชนกเพื่อนำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนา และนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยนเรศวร. 4 กันยายน 2560.

[35] Jin. (2016). วิทยาศาสตร์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพจุลินทรีย์ที่พบในอาหาร.7 March 2016. http://rungnapa59.blogspot.com.

[36] วัฒนี บุญวิทยา และคณะ. (2559). ผลของการเสริมไข่น้ำต่อคุณภาพของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟิน. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2559).

[37] สังวาล ธรรมษา, (2555). การทดแทนไขมันด้วยผงบุกในผลิตภัณฑ์บราวนี่. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพมหานคร.

[38] ณนนท์ แดงสังวาลย์. (2553). The Ultimate Brownie. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด

[39] จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2553). เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[40] จุฑา พีรพัชร. 2547. ผลิตภัณฑ์ขนมอบจากแป้งกล้วย. พิมครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์. หน้า 152 .

[41] ภานุวัฒน์ ถกลกิจสกุล. (2553). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิษฐิดา จันทราพรชัย.

[42] Almond Brownies. (2561). พิม @ ครัวบ้านพิม. หมวด: เบเกอรี่และขนมฝรั่ง.

[43] Bah Khan, Nayab Khan and Anuradha Shekhar. 2016. Shelf Life Study of a Standardized Nutritious Sugar Free Brownie. The International Journal Of Science & Technoledge (ISSN 2321 – 919X).

[44] ไชยสิทธิ์ พันธุ์ฟูจินดา เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. (2016). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี. Vol 10 No 1: (มกราคม - เมษายน 2560)

[45] AOAC. (2000) Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.

[46] Iqbal, S., M.I. Bhanger and F. Anwar.2005. Antioxidant Properties and Components of Some Commercially Available Varieties of Rice Bran in Pakistan. Food Chemistry 93(2): 265-272.

[47] วิไลพร ปองเพียร,2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว,วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[48] สุพจน์ ตุงเศรวงศ์. (2556). ความสำคัญของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้อในอุตสาหกรรมอาหาร. June-July 2013; 40: 229.

[49] สุภาวดี เผือกฟัก. (2556). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในบราวนี่. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. งบกองทุนส่งเสริมงานวิจัย ปีงบประมาณ 2556.

[50] AOAC. 2002. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

[51] สายชล เกตุษา, สุนทร โปธา. (2535). คุณภาพของผลมะม่วงสุก และการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวอายุต่างกัน. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. ปีที่ 26 ฉบับที่ 1 หน้า 12-19.

[52] ธีระ วัฒนศิริเวช. (2545). การศึกษาชนิดและปริมาณสารหอมระเหยน้ำตาลและกรดบางชนิดในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะการสุกและสภาวะการสุก แตกต่างกัน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 103.

[53] พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และศศิธร จันทนวรางกูร. (2551). สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551; ครั้งที่ 46: 54-65.

[54] เจตนิพัทธ์ บุญสวัสดิ์ และ จักราวุธ ภู่เสม. ผลของการใช้เปลือกทุเรียนทกแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของเค้กบราวนี่.วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2561; 113-124.

[55] นราธิป ปุณเกษม. (2559). การพัฒนาคุกกี้เนยสดเสริมใยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอ. งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. หน้า 25-49. Jan-Apr 2016.

[56] Vega-Gálvez, A., K. D. Scala, K. Rodríguez, R. Lemus-Mondaca, M. Miranda, J. López, and M. Perez-Won. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L.var. Hungarian). Food Chemistry 117: 647-653.

[57] อินทิรา ลิจันทร์พร, นันท์ชนก นันทะไชย, ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์1 และ อัญชลินทร์ สิงห์คำ. ผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้ก. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร:49(2)(พิเศษ): 585-588 (2561).

[58] Grigelmo-Miguel, N., Carreras-Boladeras, E. and Martin-Belloso, O., 1999, Development of high-fruit-dietary fiber muffins, European Food Research and Technology, 210: 123-128.

[59] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

[60] จิราพร เพลินจิตต์, 255, Stability of Phenolic-acids in Subcritical Water, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

[61] ชไมพร เพ็งมาก, สุธาสินี ศรีวิไล. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งตาลโตนด. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ฉบับพิเศษ, หน้า93-105.

[62] เบญจพร รอดอาวุธ, ชื่นจิต พงษ์พูล, พรพรรณ จิอู๋ แล ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, 2561. การพัฒนากระบวนการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังสังขยา. วารสารเกษตรพระวรุณ. ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2561.

[63] McGuire, R.G.1992. Reporting of objective color measurements. HortScience. 27: 1245-1255.

[64] Pallabi Kundu,Anitha K and Ramani N (2016) Feeding Impact of The vegetable Mite,TETRANYCHUSNEOCALEDONICUS ANDRÉ (ACARI: TETRANYCHIDAE) ONMENTHA ROTUNDIFOLIAL International Journal of Recent Scientific Research Vol. 7, Issue, 4, pp.10406-10409.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรบราวนี่ที่ใช้ในการทดลอง

สูตรบราวนี่

ส่วนผสม

แป้งเอนกประสงค์	150	กรัม
ผงโกโก้	25	กรัม
น้ำตาลทราย	120	กรัม
เกลือ	1.5	กรัม
ไขไก่	150	กรัม
นมข้นจืด	45	กรัม
เนยสดละลาย	150	กรัม
กลิ่นวนิลา	1.5	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้งเอนกประสงค์ผสมตามด้วยผงโกโก้ เกลือ น้ำตาลทรายในเข้ากัน
2. เติมไขไก่ผสมลงแป้งที่ร่อนไว้ คนด้วยพายพลาสติกให้เข้ากัน
3. เติมนมข้นจืด คนให้เข้ากันอีกครั้ง
4. เติมเนยสดละลาย และกลิ่นวนิลา คนให้เข้ากันอีกครั้ง
5. นำถาดสแตนเลสทาไขมันทับด้วยกระดาษไข ป้องกันการติดของขนม
6. อบที่อุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส 30 นาที จนสุก
7. นำบราวนี่ออกจากถาดพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ที่มา : (สุภาวดี, 2560) [46]

ภาคผนวก ข
แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วง ชุดที่ 1

ชื่อ วันที่ อายุ

เพศ .

<u>คำชี้แจ้ง</u> : กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแล้วให้คะแนนตามความชอบตามลำดับ คะแนนที่ได้ กำหนดไว้ด้านล่างตามปัจจัยคุณภาพ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง					
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

1. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colormeter) (AOAC. 2000) [42]

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดสีแบบฮันเตอร์ รุ่น mini scan XE plus (Hunter)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Colormeter

2. จานแก้ว

3. ฟิล์มใส

วิธีการทดลอง

1. กดปุ่ม on-off

2. กดปุ่ม L* a* b*

3. เตรียมผลิตภัณฑ์

4. ใช้ฟิล์มใสปิดให้สนิท

5. วางเครื่องวัดค่าสี Colormeter ใส่บนฟิล์มใสให้มีลักษณะแนบสนิท

6. กดปุ่มด้านข้าง แล้วอ่านค่าสีที่แสดง L* a* และ b* แล้วทำการบันทึกผล ระบบนี้จะ

วัดค่าสีในรูป ค่าสี L*, a* และ b* โดยค่า L* แสดงถึงความมืดสว่าง (Darkness/Lightness) ค่า a* แสดงถึงสีแดงและสีเขียว (Redness/Greenness) และค่า b* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness) โดยมีการกำหนดความหมายของค่าที่วัดได้ดังนี้

ค่า *L** คือ ค่าแสดงความเข้มสว่างของสี ซึ่งมีตั้งแต่ค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า *L** เท่ากับ 0 หมายถึง สีดำและค่า *L** เท่ากับ 100 หมายถึง ค่าความสว่าง

ค่า *a** คือ ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว ในแกนนอน กรณีที่ค่า *a** มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีแดง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีเขียว เมื่อห่างจากจุด 0 มาก แสดงถึงค่าสีแดงหรือสีเขียวมากขึ้น

ค่า *b** คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน ในแกนตั้ง กรณีที่ค่า *b** มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีเหลืองถ้ามีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีน้ำเงิน เมื่อห่างจากจุด 0 มาก แสดงถึงค่าสีเขียวหรือสีน้ำเงินมากขึ้น(McGuire, 1992) [60]

2. การวิเคราะห์เคมี

2.1 การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC. 2000) [42]

เครื่องมือ

1. Moisture Analyzer เครื่องวิเคราะห์ความชื้น

วิธีการทดลอง

1) อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2) ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
3) นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที นำเอามาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4) นำไปชั่งน้ำหนักอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

2.2 ค่า Water Activity (AW) (AOAC. 2000) [42]

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดค่า Water activity (AW)

อุปกรณ์

1. ตลับวัด
2. น้ำกลั่น
3. ทิชชู

วิธีการทดลอง

1. เสียบปลั๊ก แล้วเปิดเครื่อง ทิ้งไว้ 15 นาที
2. ทำการ Cailbrate เครื่องด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ค่า AW อยู่ระหว่าง 0.990 – 1.010
3. ใส่ตัวอย่างให้ได้ 1/3 ของตลับวัด เปิดฝาเครื่องเพื่อใส่ตลับวัด ในล็อกของเครื่อง

4. จากนั้นปิดฝาและล็อกฝา เครื่องก็จะเริ่มทำงาน

5. เมื่อเครื่องวัดค่าเสร็จเรียบร้อย เครื่องจะร้องเตือน

6. จดค่าที่แสดงอยู่ที่หน้าจอของเครื่อง เป็นอันเสร็จสมบูรณ์

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000) [42]

เครื่องมือ

1.ตู้เผาเถ้า ยี่ห้อ Carbolite รุ่น ELF11/14/301

อุปกรณ์

1.ถ้วยทนไฟ (Crucible)

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

2. นำออกจากเตาเผาเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล ทำซ้ำจนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ (ในแต่ละซ้ำต่างกันไม่เกิน 3 มิลลิกรัม) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W1)

3. ชั่งตัวอย่างอย่างละเอียดประมาณ 2 กรัม (S) ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

4. เผาบนเตาไฟฟ้า จนหมดควัน

5. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาอ่อน หรือสีขาวสม่ำเสมอ

6. นำออกจากเตาเผา เก็บในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

7. ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ (ในแต่ละซ้ำต่างกันไม่เกิน 3 มิลลิกรัม) หา ค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W2) คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าจากสูตร

$$\text{เถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

1.4 การหาปริมาณเส้นใยในอาหารโดยใช้วิธีการสกัดด้วยกรด-ด่าง (AOAC, 2000) [42]

2.4.1 นำกระดาษกรองอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก และชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออก นำมาใส่ในบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์ใยอาหาร

2.4.2 เติมกรดซัลฟิวริก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร วางบีกเกอร์ลงบนเตาให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

2.4.3กรองตัวอย่างขณะร้อนผ่านกระดาษกรองล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรดถ่ายกากที่ได้ในบีกเกอร์ใบเดิมเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 200 มิลลิลิตร

2.4.4วางบีกเกอร์ลงบนเตาให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

2.4.5กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรองแผ่นเดิมล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

2.4.6 นำกระดาษกรองพร้อมกากใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบและอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น

2.4.7ชั่งน้ำหนักซ้ำจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณหาปริมาณเส้นใยตามสูตรดังนี้

$$\text{ใยอาหาร (\%)} = \frac{(M_2 - M_1) \times 100}{S}$$

เมื่อ M_1 คือน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

M_2 คือผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

S คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000) [42]

เครื่องมือ

1.เครื่องสกัดไขมัน (Solvent Extractor)

สารเคมี

1.ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการทดลอง

2.5.1 ชั่งน้ำหนักของฟลาสต์สกัดไขมัน แล้วจดน้ำหนักที่แน่นอนไว้

2.5.2 ชั่งตัวอย่างอาหาร 5 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ทิมเบิล (thimble)

2.5.3 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในฟลาสต์สำหรับสกัดไขมัน 150 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำทิมเบิลใส่ลงไป

2.5.4 วางฟลาสต์ลงในเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมง

2.5.5 แยกเอาฟลาสต์ออกจากเครื่องสกัดแล้วใช้คีมคีบทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างอาหารออกจากฟลาสต์

2.5.6 นำฟลาสต์ไประเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออก โดยอบที่ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยหมด จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก

ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) = "M2×100" /"M1"

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างก่อนอบ

W2 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบ

2.6. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000) [42]

2.5.1.สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยาใช้ซีลีเนียม
2. โซเดียมซัลเฟต
3. กรดซัลฟูริก (H2SO4) เข้มข้นร้อยละ 32
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4
5. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์

2.5.2. ขั้นตอนการย่อย

การชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-3 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน ใส่สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริกปริมาณ 20 มิลลิลิตร วางหลอดย่อยในตัวอย่างย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยแล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

2.5.3 ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาเกินพอ สังเกตให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น กลั่นให้ได้ของเหลวอยู่ในระดับ 125 มิลลิลิตร ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์) = ((A-B)× N ×1.4007× F)/W

เมื่อ A คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือความเข้มข้นของกรด (N)

F คือแฟคเตอร์ (5.85)

W คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

3. การตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระใน (Antioxidant activity) (ดัดแปลงวิธีการของ Iqbal และคณะ, 2005) [43]

3.1 Trolox Equivalent Antioxidant capacity Assay: TEAC โดยใช้ 2,2-Diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Iqbal และคณะ, 2005) [43]

การเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่าง และนำมาพลอตกราฟเพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับ Trolox

3.1.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (µM) (DPPH, MW 394.33 g/mol)

1 mM = 0.394.33 g/1000 ml

1 mM = 0.039433 g/ 100 ml = 1000 micromole (µM)

ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (µM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก DPPH ที่ใช้คือ = 0.03944/5 = 0.0079 g

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (µM) ใน 50% ethanol ปริมาตร 100 ml ดังนี้

1. ชั่ง DPPH 0.0079 g
2. เติม Ethanol 50 ml กวนผสมโดยใช้ Magnetic bar 15 นาที
3. เติมน้ำกลั่น 50 ml กวนโดยใช้ Magnetic bar ต่ออีก 10 นาที
4. สารละลาย DPPH สำหรับการวิเคราะห์ (ควรเตรียมทุกวันก่อนการวิเคราะห์ และเก็บในที่มืด)

- สารละลายมาตรฐาน Trolox (Trolox, MW = 250.29 g/mol)

1 mM = 0.25029 g/1000 ml

1 mM = 0.025029 g/ 100 ml = 1000 micromole (µM)

ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (µM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก DPPH ที่ใช้คือ

= 0.025029 /5 = 0.0050 g

การเตรียมสารละลาย Troloxความเข้มข้น 200 micromole (µM) ปริมาตร 100 ml ดังนี้

-ชั่ง Trolox 0.0050 g

-เติม 80% methanolและปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

-เจือจางด้วย 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, และ 50 micromole (µM) ปริมาตร 5 ml (ใช้ 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0 และ Trolox (200 micromole (µM)) 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, และ 1.25 ตามลำดับ

-ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วย 80% methanol ให้ได้ปริมาตร 5 ml (4.75, 4.5, 4.25, 4.0 และ 3.75 ตามลำดับ

3.1.2 การวิเคราะห์

1. สารละลายมาตรฐาน (0-50 micromole (µM)) หรือสารสกัดข้าวปริมาตร 2.0 ml (3 ซ้ำ)

2. เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (µM) 2.0 ml เขย่าให้เข้ากัน

3. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที (สารละลายจะมีสีซีดม่วงจางลงตามความเข้มข้นของสารละลาย Trolox)

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm.(ใช้น้ำกลั่นเป็น blank)

5. พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ Trolox micromole (µM)

6. คำนวณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

ในการคำนวณปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระน้ำหนักตัวอย่าง..... g ใน Alcalase 200 ml และทำการเจือจาง 50 เท่า เทียบกับสมการเส้นตรงของสารมาตรฐาน Trolox พบว่าเมื่อนำค่า การดูดกลืนแสงของสารสกัดไปคำนวณในสมการเส้นตรง ปริมาณเทียบเท่ากับ Trolox เท่ากับ ..... µg/ml เมื่อนำมาคำนวณกลับค่าความเจือจางคิดเป็น .....µg/ml

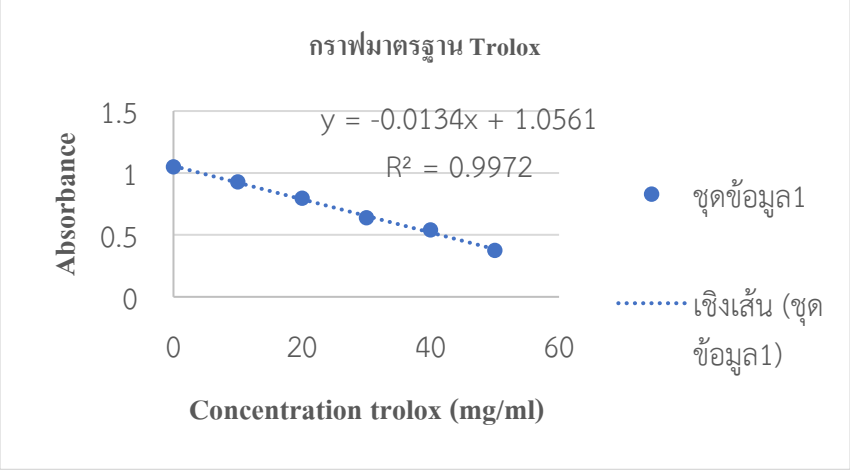
จากสมการ พบว่าสารสกัด 1 ml มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ ..... µg

แสดงว่าสารสกัด 100 ml จะมีปริมาณการยับยั้งอนุมูลอิสระDPPH เท่ากับ ..... mg

ถ้าตัวอย่างหนัก ..... g มีปริมาณการยับยั้งอนุมูลอิสระDPPH เท่ากับ ..... mg

ดังนั้นน้ำหนัก..... g จะมีปริมาณการยับยั้งอนุมูลDPPH เท่ากับ $\frac{\text{..... mg}}{\text{.....g}} \times 1{,}000 =$ ..... µg

กราฟมาตรฐาน Trolox



4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound) (ดัดแปลงวิธีการของ วิไลพร, 2551) [44]

โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method ดัดแปลงจากวิธีของ (ดัดแปลงวิธีการของ วิไลพร , 2551) [44]

1.1 เตรียมสารละลาย

- สารละลาย Folin-Ciocalteu 10 % ในน้ำกลั่น

- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2Co_3) ความเข้มข้น 5% ในน้ำกลั่น

- สารละลายมาตรฐาน gallic acid

1. เตรียมสารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 100 microgram/ml ปริมาตร 50 ml (ชั่ง gallic acid 0.0050 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml)

2. เจือจางที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, และ 80 microgram /ml ปริมาตร 5 ml (ใช้น้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 0 และ gallic acid (100 microgram /ml) 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0, ml. ตามลำดับ)

3. ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 ml

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด

สารละลายมาตรฐาน (0-100 microgram/ml) หรือสารสกัดข้าวปริมาตร 0.4 ml (3 ซ้ำ)

1. เติม Folin-Ciocalteu 2 ml. ทิ้งไว้ 4 นาที

2. เติมสารละลาย Na_2Co_3 1.6 ml. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที (สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ความเข้มของสีตามความเข้มข้นของ gallic acid)

3. นำสารละลายส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm. (ใช้น้ำกลั่นเป็น blank)

4. พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ gallic acid (microgram/ml)

5. คำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากต่างๆในการคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำหนักตัวอย่าง ใน Alcalase 200 ml และทำการเจือจาง 10 เท่า เทียบกับสมการเส้นตรงของสารมาตรฐาน Gallic acid พบว่าเมื่อนำค่าการดูดกลืนแสง ของสาร

สกัดไปคำนวณในสมการเส้นตรง ได้ปริมาณเทียบเท่ากับ Gallic acid เท่ากับ ..... µg/ml เมื่อนำมาคำนวณกลับค่าความเจือจางคิดเป็น หน่วย µg/ml

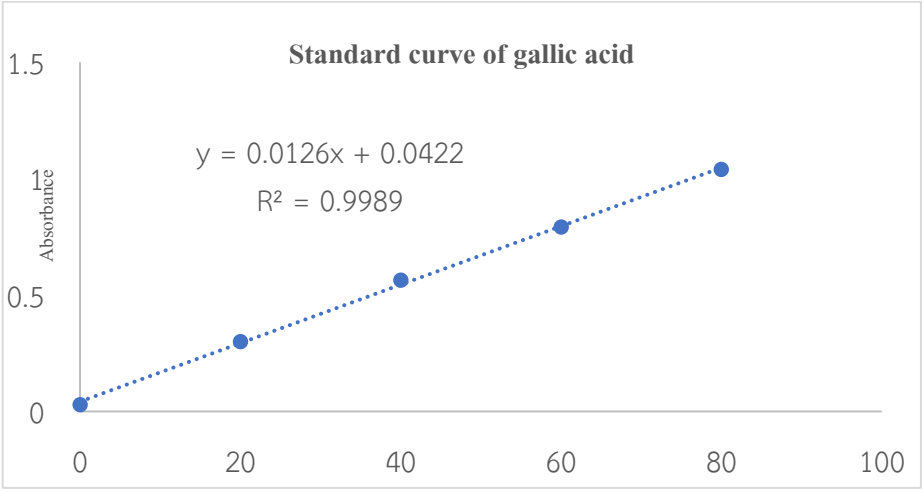
จากสมการ พบว่าสารสกัด 1 ml มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ ..... µg

แสดงว่าสารสกัด 100 ml จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ ..... mg

ถ้าตัวอย่างหนัก ..... g มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ ..... mg

ดังนั้นตัวอย่าง 1 g จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ $\frac{.....mg}{.....g} \times 1{,}000 =$..... µg

กราฟมาตรฐาน Gallic acid



หมายเหตุ ตัวอย่างที่ใช้วัดค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการดูดกลืนแสงควรอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน และไม่ควรเกิน 1 จึงจำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ก่อนทำปฏิกิริยา

5. ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์

วิธีการสกัดหาปริมาณคลอโรฟิลด์ ตามกรรมวิธีของ (Hiscox and Israelstam, 1979 และตามวิธีของ Palladi Kundu, Anitha K and Ramani N , 2016) [61]

1. เปลือกผลสด(หั่นละเอียด) 3 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. สกัดด้วยอะซิโตน 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 นาที
3. กรองด้วยกระดาษกรอง
4. ปรับปริมาตรด้วย สารละลายอะซิโตน ให้ได้ 25 มิลลิลิตร
5. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer

6. โดยใช้สารละลายอะซิโตนเป็น blank

นำค่า OD ที่วัดได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณ chlorophyll หน่วยเป็น mg / 100 g น้ำหนักสด โดย

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{(0.0127\ (A_{663}) - 0.00269\ (A_{645})) \times \text{final volume} \times 100}{100 \times \text{weight (g)}}$$

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{(0.0229(A_{645}) - 0.00468(A_{663})) \times \text{final volume} \times 100}{100 \times \text{weight (g)}}$$

$$\text{Total chlorophyll} = 20.2\ (A_{645}) + 8.02\ (A_{663})$$

$$\text{Total Carotenoid} = \frac{(1000(A_{470}) + 3.2\ ((\text{Chlorophyll a}) - (\text{Chlorophyll b})\} \times \text{final volume}}{229 \times \text{weight (g)}}$$

โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักสดของผลไม้)

(A_{645}) = ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 645 nm

(A_{663}) = ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 663 nm

A_{470}) = ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 470 nm

โดยใช้ DMSO method (Hiscoxand Israelstam, 1979 และตามวิธีของ Palladi Kundu, Anitha K and Ramani N, 2016 [16]

ภาคผนวก ง

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

การนับจำนวนจุลินทรีย์จะนับเฉพาะจานอาหารที่มีจำนวนเซลล์ระหว่าง 25-250 เซลล์ เพื่อให้จำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานอาหาร อยู่ในช่วงดังกล่าว ไม่มากหรือน้อยเกินไปการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2002) [47]

วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เตรียมชั่ง Plate count agar 23.5กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุใน flask ปิดปากด้วยจุกสำลีหลังจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็น เวลา 15 นาที

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปต (pipette) ดูดตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร เติม ลงในน้ำเพปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้ความ เจือจางเริ่มต้น 1:10 เช่นเดียวกัน จากนั้นเจือจางในเพปโทน ต่อไปจนได้ระดับที่ต้องการ
2. ใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดสารละลายที่ค่าความ เจือจาง 1:105 และ 1:106 ความเจือจางละ 1 มิลลิลิตรใส่ลง ในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นเทอาหารแข็งพีซีเอ (plate count agar, PCA) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ
3. หมุนจานเพาะเชื้อเบา ๆ ตามเข็มและทวน เข็มนาฬิกา เพื่อให้ตัวอย่างอาหารกระจายทั่วจาน จากนั้น วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว แล้วนำไปบ่มโดยคว่ำจานเพาะเชื้อลงที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

ภาคผนวก จ
ตารางเคราะห์ทางสถิติคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี
และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติทางกายภาพในด้านค่าสี L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	274.782	2	137.391	42.347	.000
	Within Groups	19.467	6	3.244		
	Total	294.249	8			
a	Between Groups	382.196	2	191.098	200.921	.000
	Within Groups	5.707	6	.951		
	Total	387.902	8			
b	Between Groups	899.742	2	449.871	10.548	.011
	Within Groups	255.907	6	42.651		
	Total	1155.649	8			

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติชีวภาพในด้านปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี รวม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลิกรวมของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Chlorophylla	Between Groups	378.315	2	189.157	24697.106	.000
	Within Groups	.046	6	.008		
	Total	378.361	8			
Chlorophyllb	Between Groups	985.811	2	492.905	15191.745	.000
	Within Groups	.195	6	.032		
	Total	986.005	8			
TotalChlorophyll	Between Groups	2618.815	2	1309.407	18810.482	.000
	Within Groups	.418	6	.070		
	Total	2619.232	8			
Antioxidants	Between Groups	.185	2	.093	2.927	.130
	Within Groups	.190	6	.032		
	Total	.375	8			
Totalphenolic	Between Groups	106.461	2	53.230	2.840	.136
	Within Groups	112.445	6	18.741		
	Total	218.906	8			

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติทางเคมี ของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Moisture	Between Groups	83.559	2	41.780	1.886	.232
	Within Groups	132.944	6	22.157		
	Total	216.503	8			
Wateractivity	Between Groups	.000	2	.000	64.234	.000
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
Ash	Between Groups	12.774	2	6.387	.955	.436
	Within Groups	40.111	6	6.685		
	Total	52.886	8			
Fat	Between Groups	2.121	2	1.061	1617.780	.000
	Within Groups	.004	6	.001		
	Total	2.125	8			
Protein	Between Groups	5.241	2	2.620	678.413	.000
	Within Groups	.023	6	.004		
	Total	5.264	8			

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติศึกษาคุณสมบัติของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทางด้านกายภาพ ในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ColorFreshL	Between Groups	16.850	8	2.106	377.859	.000
	Within Groups	.100	18	.006		
	Total	16.950	26			
ColorFresha	Between Groups	1.580	8	.197	83.054	.000
	Within Groups	.043	18	.002		
	Total	1.623	26			
ColorFreshb	Between Groups	180.513	8	22.564	589.826	.000
	Within Groups	.689	18	.038		
	Total	181.202	26			

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติทางด้านองค์ประกอบทางชีวภาพ ในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
chlorophyllA	Between Groups	.047	8	.006	5693.420	.000
	Within Groups	.000	18	.000		
	Total	.047	26			
chlorophyllB	Between Groups	.014	8	.002	1082.188	.000
	Within Groups	.000	18	.000		
	Total	.014	26			
TotalCarotenoid	Between Groups	1423.998	8	178.000	12828.266	.000
	Within Groups	.250	18	.014		
	Total	1424.248	26			
Totalphenolic	Between Groups	6863.579	8	857.947	10.048	.000
	Within Groups	1536.989	18	85.388		
	Total	8400.568	26			
DPPH	Between Groups	100.612	8	12.577	1.318	.296
	Within Groups	171.787	18	9.544		
	Total	272.399	26			

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านสี อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	57.017	4	14.254	308.354	.000
	Within Groups	.462	10	.046		
	Total	57.479	14			
a	Between Groups	18.207	4	4.552	19.509	.000
	Within Groups	2.333	10	.233		
	Total	20.540	14			
b	Between Groups	53.094	4	13.274	123.452	.000
	Within Groups	1.075	10	.108		
	Total	54.169	14			

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติทางด้านองค์ประกอบทางเคมี ในเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Aw	Between Groups	.030	8	.004	8.521	.000
	Within Groups	.008	18	.000		
	Total	.037	26			
Moisture	Between Groups	.085	8	.011	8.283	.000
	Within Groups	.023	18	.001		
	Total	.108	26			
Ash	Between Groups	9.670	8	1.209	226.583	.000
	Within Groups	.096	18	.005		
	Total	9.766	26			
Fat	Between Groups	2.421	8	.303	39.502	.000
	Within Groups	.138	18	.008		
	Total	2.559	26			
Protein	Between Groups	116.983	8	14.623	331.929	.000
	Within Groups	.793	18	.044		
	Total	117.776	26			
Fiber	Between Groups	18024.123	8	2253.015	213.720	.000
	Within Groups	189.754	18	10.542		
	Total	18213.877	26			

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคุณสมบัติเนื้อสัมผัสด้านความหนาแน่น อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	ความหนาแน่น วันที่ 0	ความหนาแน่น วันที่ 3	ความหนาแน่น วันที่ 6
0				
	1	808.65	1222.43	1071.29
	2	1124.87	1081.74	1284.09
	3	705.39	926.25	1134.82
10		879.64	1076.81	1163.40
	1	909.32	2117.91	2477.16
	2	968.99	1890.66	2263.65
	3	935.86	1921.08	2167.59
20		938.06	1976.55	2302.80
	1	679.43	1382.97	2164.18
	2	631.5	1487.02	2370.29
	3	929.87	1598.83	2436.29
30		746.93	1489.61	2323.59
	1	1335.13	1313.21	2019.73
	2	1486.32	1379.33	2272.7
	3	1268.06	1281.97	2026.19
40		1363.17	1324.84	2106.21
	1	6745.1	3007.16	10710.75
	2	6152.36	4384.15	11204.93
	3	6583.81	4447.92	13488.9
		6493.76	3946.41	11801.53

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคุณสมบัติเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่น อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	ความยืดหยุ่น วันที่ 0	ความยืดหยุ่น วันที่ 3	ความยืดหยุ่น วันที่ 6
0				
	1	32.8	35.48	37.4
	2	33.94	37.34	38.28
	3	36.34	38.28	38.57
10		34.36	37.03	38.08
	1	45.74	39.09	37.96
	2	47.68	41.57	40.25
	3	49.38	41.24	42.03
20		47.60	40.63	40.08
	1	43.21	38.98	38.65
	2	45.5	40.85	39.33
	3	44.78	40.38	40.07
30		44.50	40.07	39.35
	1	40.24	36.17	36.15
	2	41.77	36.81	36.93
	3	42.96	35.79	38.96
40		41.66	36.26	37.35
	1	33	24.94	17.22
	2	32.38	28.61	18.4
	3	32.99	28.05	18.95
		32.79	27.20	18.19

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีวันที่ 0 อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Aw	Between Groups	.012	4	.003	1211.641	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.012	14			
Moisture	Between Groups	1.163	4	.291	22.840	.000
	Within Groups	.127	10	.013		
	Total	1.290	14			
Ash	Between Groups	.740	4	.185	6.317	.008
	Within Groups	.293	10	.029		
	Total	1.032	14			
Fiber	Between Groups	27.622	4	6.905	12.436	.001
	Within Groups	5.553	10	.555		
	Total	33.175	14			
protein	Between Groups	36.129	4	9.032	29.727	.000
	Within Groups	3.038	10	.304		
	Total	39.167	14			
fat	Between Groups	33.706	4	8.427	33.596	.000
	Within Groups	2.508	10	.251		
	Total	36.215	14			

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีวันที่ 3 อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Aw	Between Groups	.026	4	.007	28200.788	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.026	14			
Moisture	Between Groups	3.646	4	.912	111.159	.000
	Within Groups	.082	10	.008		
	Total	3.728	14			
Ash	Between Groups	4.570	4	1.142	15.115	.000
	Within Groups	.756	10	.076		
	Total	5.325	14			
Fiber	Between Groups	24.539	4	6.135	90.840	.000
	Within Groups	.675	10	.068		
	Total	25.214	14			
protein	Between Groups	32.267	4	8.067	39.669	.000
	Within Groups	2.033	10	.203		
	Total	34.300	14			
fat	Between Groups	41.631	4	10.408	2.532	.106
	Within Groups	41.098	10	4.110		
	Total	82.728	14			

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีวันที่ 6 อัตราส่วนของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Aw	Between Groups	.012	4	.003	395.298	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.012	14			
Moisture	Between Groups	3.789	4	.947	304.275	.000
	Within Groups	.031	10	.003		
	Total	3.820	14			
Ash	Between Groups	1.553	4	.388	7.263	.005
	Within Groups	.535	10	.053		
	Total	2.088	14			
Fiber	Between Groups	15.610	4	3.903	27.454	.000
	Within Groups	1.421	10	.142		
	Total	17.032	14			
protein	Between Groups	13.766	4	3.442	13.297	.001
	Within Groups	2.588	10	.259		
	Total	16.355	14			
fat	Between Groups	247.899	4	61.975	40.942	.000
	Within Groups	15.137	10	1.514		
	Total	263.036	14			

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านองค์ประกอบทางชีวภาพ Phenolic ของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Phenolic0	Between Groups	110.414	4	27.603	2.396	.120
	Within Groups	115.199	10	11.520		
	Total	225.612	14			
Phenolic3	Between Groups	645.850	4	161.463	30.221	.000
	Within Groups	53.427	10	5.343		
	Total	699.278	14			
Phenolic6	Between Groups	410.573	4	102.643	3.260	.059
	Within Groups	314.812	10	31.481		
	Total	725.385	14			

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ทางด้านองค์ประกอบทางชีวภาพ DPPH ของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DPPH0	Between Groups	1207.522	4	301.881	2.516	.108
	Within Groups	1199.765	10	119.977		
	Total	2407.288	14			
DPPH3	Between Groups	1503.062	4	375.766	19.335	.000
	Within Groups	194.342	10	19.434		
	Total	1697.404	14			
DPPH6	Between Groups	119.424	4	29.856	11.616	.001
	Within Groups	25.703	10	2.570		
	Total	145.127	14			

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านองค์ประกอบทางชีวภาพ แบบเปรียบเทียบของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	2028.915	2	1014.457	342.928	.000
	Within Groups	17.749	6	2.958		
	Total	2046.664	8			
Sample2	Between Groups	1115.437	2	557.718	13.619	.006
	Within Groups	245.711	6	40.952		
	Total	1361.148	8			
Sample3	Between Groups	1114.654	2	557.327	32.013	.001
	Within Groups	104.456	6	17.409		
	Total	1219.110	8			
Sample4	Between Groups	985.349	2	492.674	752.098	.000
	Within Groups	3.930	6	.655		
	Total	989.279	8			
Sample5	Between Groups	1531.880	2	765.940	41.183	.000
	Within Groups	111.591	6	18.598		
	Total	1643.471	8			

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านลักษณะปรากฏของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	690.920	7	98.703	164.841	.000
	Within Groups	234.720	392	.599		
	Total	925.640	399			
Sample2	Between Groups	614.177	7	87.740	175.390	.000
	Within Groups	196.100	392	.500		
	Total	810.277	399			
Sample3	Between Groups	520.030	7	74.290	103.872	.000
	Within Groups	280.360	392	.715		
	Total	800.390	399			
Sample4	Between Groups	420.440	7	60.063	92.506	.000
	Within Groups	254.520	392	.649		
	Total	674.960	399			
Sample5	Between Groups	274.000	7	39.143	42.622	.000
	Within Groups	360.000	392	.918		
	Total	634.000	399			

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านสีของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	796.778	7	113.825	160.145	.000
	Within Groups	278.620	392	.711		
	Total	1075.398	399			
Sample2	Between Groups	634.440	7	90.634	137.708	.000
	Within Groups	258.000	392	.658		
	Total	892.440	399			
Sample3	Between Groups	504.398	7	72.057	84.433	.000
	Within Groups	334.540	392	.853		
	Total	838.938	399			
Sample4	Between Groups	742.637	7	106.091	6.351	.000
	Within Groups	6548.300	392	16.705		
	Total	7290.937	399			
Sample5	Between Groups	395.598	7	56.514	74.018	.000
	Within Groups	299.300	392	.764		
	Total	694.898	399			

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านกลิ่นของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	1154.738	7	164.963	223.802	.000
	Within Groups	288.940	392	.737		
	Total	1443.677	399			
Sample2	Between Groups	1318.317	7	188.331	15.075	.000
	Within Groups	4897.180	392	12.493		
	Total	6215.498	399			
Sample3	Between Groups	966.470	7	138.067	192.414	.000
	Within Groups	281.280	392	.718		
	Total	1247.750	399			
Sample4	Between Groups	742.458	7	106.065	157.886	.000
	Within Groups	263.340	392	.672		
	Total	1005.798	399			
Sample5	Between Groups	794.430	7	113.490	141.017	.000
	Within Groups	315.480	392	.805		
	Total	1109.910	399			

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านรสชาติของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	1345.678	7	192.240	246.735	.000
	Within Groups	305.420	392	.779		
	Total	1651.098	399			
Sample2	Between Groups	1375.550	7	196.507	289.982	.000
	Within Groups	265.640	392	.678		
	Total	1641.190	399			
Sample3	Between Groups	1382.920	7	197.560	249.947	.000
	Within Groups	309.840	392	.790		
	Total	1692.760	399			
Sample4	Between Groups	1332.440	7	190.349	242.577	.000
	Within Groups	307.600	392	.785		
	Total	1640.040	399			
Sample5	Between Groups	1078.990	7	154.141	209.949	.000
	Within Groups	287.800	392	.734		
	Total	1366.790	399			

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านเนื้อสัมผัส องบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	1352.960	7	193.280	273.839	.000
	Within Groups	276.680	392	.706		
	Total	1629.640	399			
Sample2	Between Groups	1419.058	7	202.723	29.706	.000
	Within Groups	2675.140	392	6.824		
	Total	4094.197	399			
Sample3	Between Groups	1239.830	7	177.119	223.048	.000
	Within Groups	311.280	392	.794		
	Total	1551.110	399			
Sample4	Between Groups	1266.680	7	180.954	222.169	.000
	Within Groups	319.280	392	.814		
	Total	1585.960	399			
Sample5	Between Groups	1038.750	7	148.393	194.914	.000
	Within Groups	298.440	392	.761		
	Total	1337.190	399			

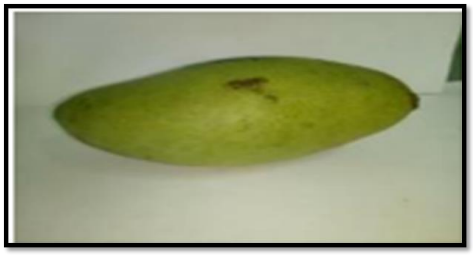
ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติทดสอบชิมจากผู้ทดสอบชิมด้านความชอบโดยรวมของบราวนี่เสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample1	Between Groups	1838.538	7	262.648	366.477	.000
	Within Groups	280.940	392	.717		
	Total	2119.478	399			
Sample2	Between Groups	1383.960	7	197.709	255.377	.000
	Within Groups	303.480	392	.774		
	Total	1687.440	399			
Sample3	Between Groups	1444.880	7	206.411	311.973	.000
	Within Groups	259.360	392	.662		
	Total	1704.240	399			
Sample4	Between Groups	1102.430	7	157.490	217.718	.000
	Within Groups	283.560	392	.723		
	Total	1385.990	399			
Sample5	Between Groups	871.957	7	124.565	161.613	.000
	Within Groups	302.140	392	.771		
	Total	1174.097	399			

ภาคผนวก ฉ
ภาพผลการทดลอง

1 ศึกษาอิทธิพลของวัยต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณสารสำคัญในเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก ระยะสุก



(ก)

(ข)

(ค)

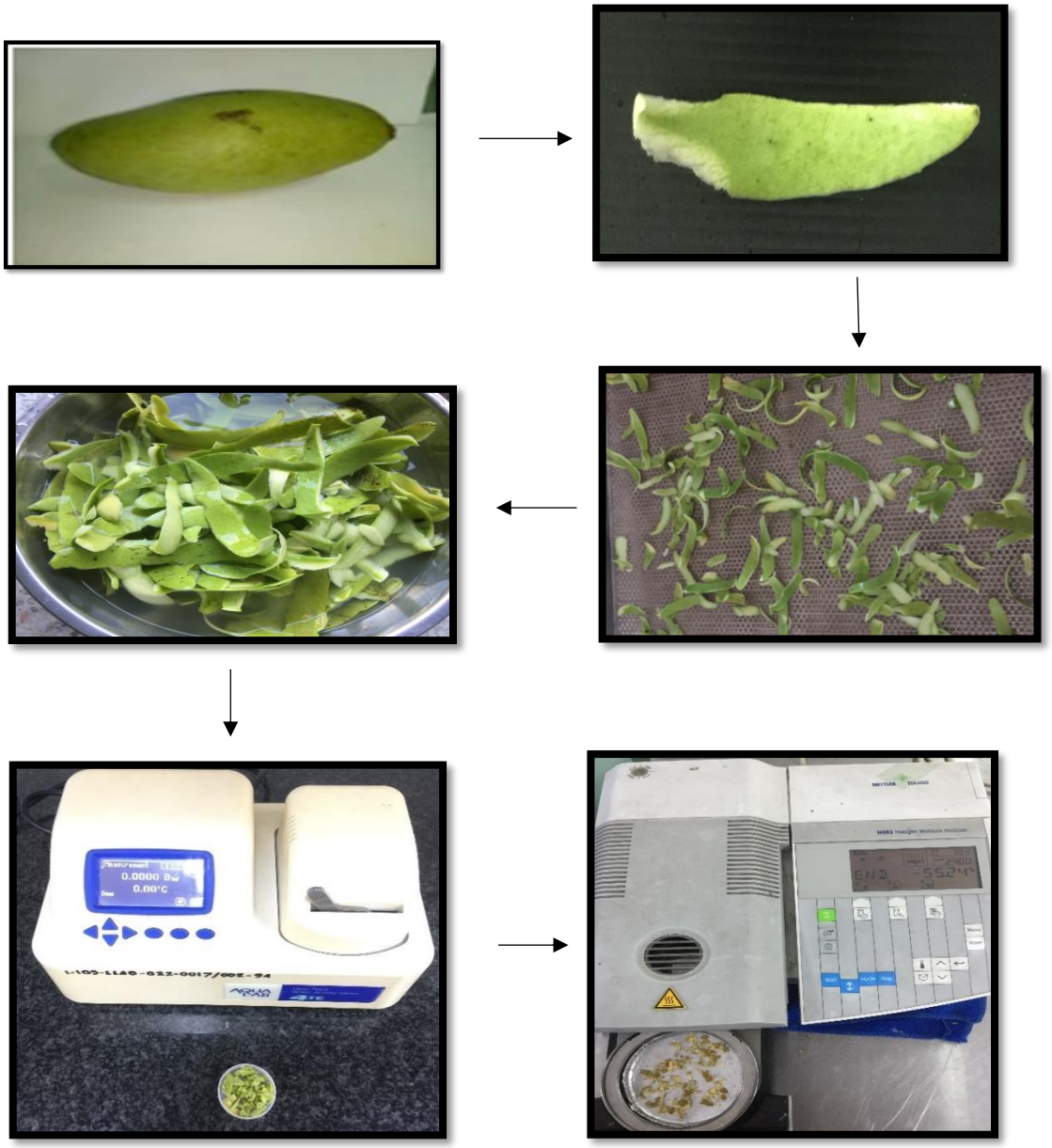
(ง)

(จ)

(ฉ)

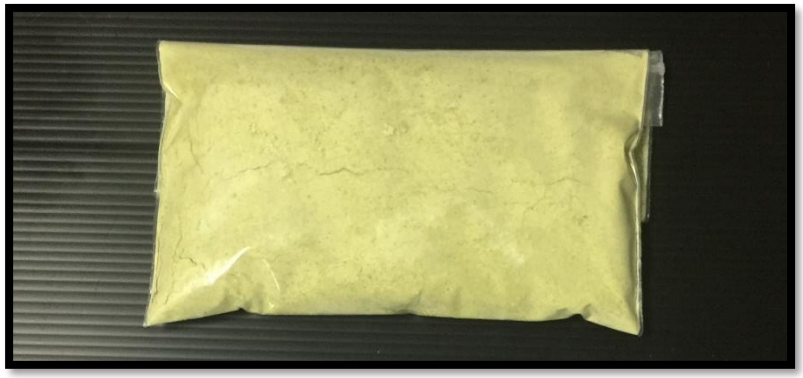
ภาคผนวกที่ ฉ 1 ผลมะม่วง (ก) เปลือกมะม่วง (ข) การวัดค่าความหนาของเปลือกมะม่วง (ค) การวัดค่าความยาวของเปลือกมะม่วง (ง) การทำความสะอาดเปลือกมะม่วง (จ) และการอบแห้งเปลืองมะม่วง (ฉ)

2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะดิบ ระยะกึ่งดิบกึ่งสุก และระยะสุก

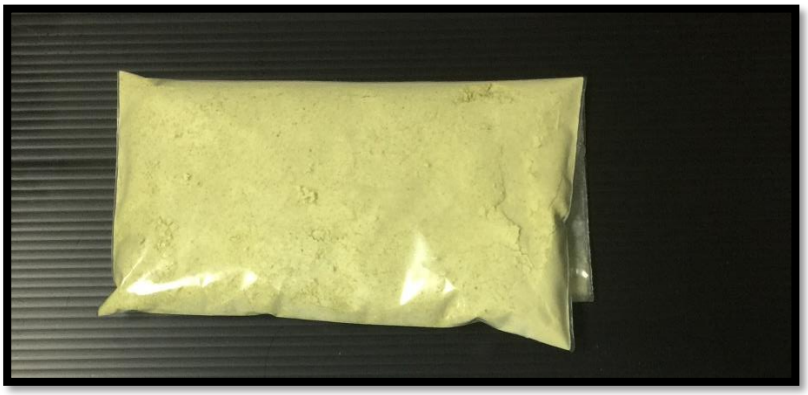


ภาคผนวกที่ ฉ 2 ขั้นตอนการวัดเปลือกมะม่วงมีค่า Water Activity อยู่ในช่วง < 0.6 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 วิเคราะห์โดยการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกชั่วโมง

(ก)



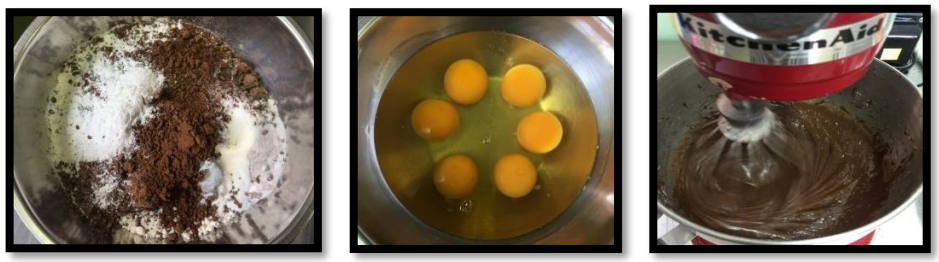
(ข)



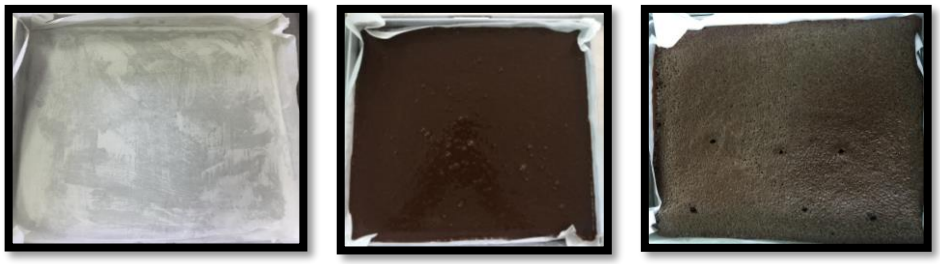
(ค)

ภาคผนวกที่ฉ 3 ลักษณะของผงเปลือกมะม่วงระยะดิบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส(ก) 60 องศาเซลเซียส(ข) และ65 องศาเซลเซียส (ค) ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

3.ศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่



(ก) (ข) (ค)



(ง) (จ) (ฉ)

(ช)

ภาพผนวกที่ ฉ 4 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ส่วนผสมแป้งเอนกประสงค์ ผงโกโก้ (ก) ไข่ไก่ (ข) ผสมส่วนผสมด้วยเครื่องผสมที่ความเร็วปานกลาง 2 นาที (ค) เตรียมถาดอบทากระดาษไขด้วยเนยขาว (ง) เทส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงในถาด (จ) การอบส่วนผสม 30 นาที ทิ้งให้เย็น (ฉ) ตัดผลิตภัณฑ์ใส่บรรจุภัณฑ์ถุงฟอยด์ (ช)

(ก)

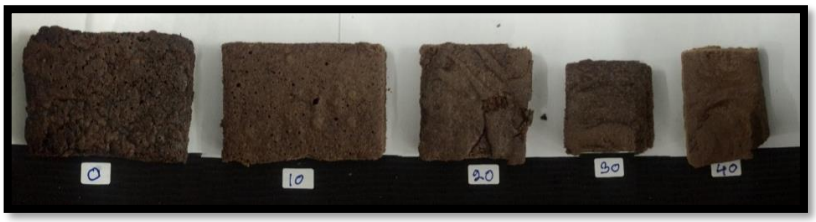
(ข)

(ค)

(ง)

ภาพผนวกที่ ฉ 5 ผงเปลือกมะม่วงร้อยละ10 (ก) 20 (ข) 30 (ค) และ 40 (ง) ของน้ำหนักแป้งเอนกประสงค์

4 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของบราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้

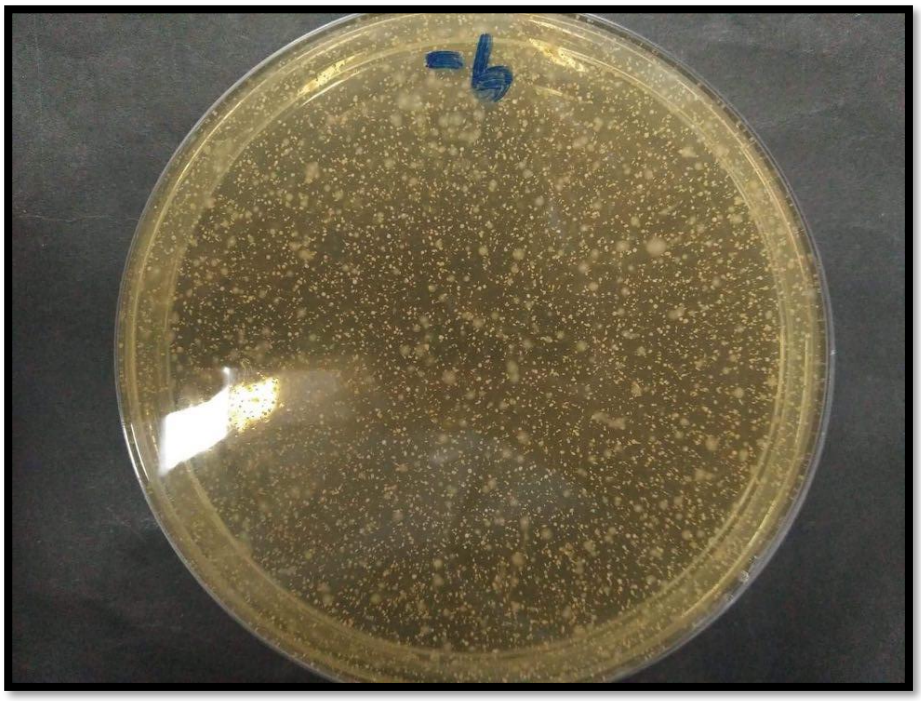


(ก)

(ข)

(ค) **(ง)** **(จ)** **(ฉ)**

ภาพผนวกที่ ฉ 6 ลักษณะของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ที่ปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 และ40 (ก) ลักษณะความหนาของบราวนี่ (ข) การวัดขนาด (ค) การวัดความสูง (ง) การชั่งน้ำหนัก (จ) และการเก็บรักษาบราวนี่ในถุงฟอยด์ (ฉ)



ภาพผนวกที่ ฉ 7 ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์วันที่ 6 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นาสกุล	นางสาววัลลี ภาคพจน์
วัน เดือน ปีเกิด	วันจันทร์ ที่ 02 มกราคม 2538
สถาที่ที่สามมารถติดต่อได้	82/1 หมู่ 4 ตำบลข้าวงาม อำเภอวังน้อย
	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13170
การศึกษา	-ปีการศึกษา 2555
	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย โรงเรียนวิเชียรกลิ่นสุคนธ์อุปถัมภ์
	-ปีการศึกษา 2559
	สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)
	คณะเทคโนโลยีการเกษตร
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เบอร์โทรศัพ	092-2537460
อีเมล์	wallee_p@mail.rmutt.ac.th