โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วทดแทนแป้งสาลี

ชื่อนิสิต
นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์
นางสาวปูริดา โชติโก
นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วทดแทนแป้งสาลี

โดย

นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์

นางสาวปูริดา โชติโก

นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. สาริศา สุริยรักษ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2563

Product development of cookies from mango (*Mangifera indica* L. cv. Kaew) kernel seed flour as wheat flour substitute

Kittithep Raksawat

Purida Chotiko

Pimnada Angkoondittaphong

Project Advisor

Prof. Dr. Sarisa Suriyaruk

A Report Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

For the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn university

Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วทดแทนแป้งสาลี
โดย	นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์
	นางสาวปูริดา โชติโก
	นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สาริศา สุริยรักษ์
ปีการศึกษา	2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(อาจารย์ ดร.สาริศา สุริยรักษ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วทดแทนแป้งสาลี
โดย นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์
นางสาวปูริดา โชติโก
นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สาริศา สุริยรักษ์
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

มะม่วงแก้ว เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย นิยมนำมาแปรรูปเป็นมะม่วงอบแห้งและมะม่วงแช่อิ่ม ซึ่งจะมีส่วนของเมล็ดมะม่วงเหลือทิ้งจากการแปรรูปเป็นจำนวนมาก (55.28 ตัน/ปี) ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์นำเมล็ดมะม่วงแก้วที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ โดยสกัดแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงเพื่อหาสภาวะ pre-treatment ที่เหมาะสมในการลดสารแทนนินที่ปรากฏอยู่และเปรียบเทียบผลของการทำแห้งแบบอบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งที่ได้ นำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ และเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ โดยแป้งเมล็ดมะม่วงเตรียมจากนำเมล็ดมะม่วงไปปอกเปลือก บด และอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 จากนั้นนำไปสกัดแทนนิน ออกด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 90% โดยปริมาตร ที่สัดส่วน1:8 (แป้ง:เอทานอล) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าแป้งที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 75% มีประสิทธิภาพลดสารแทนนินมากที่สุด ตามด้วยที่ความเข้มข้น 50, 25, 90% โดยปริมาตร ตามลำดับ จากนั้นนำแป้งมาทำแห้งโดยเปรียบเทียบการทำแห้งแบบอบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณผลิตผล ปริมาณความชื้นและความหนาแน่นรวมของแป้งจากการทำแห้งแป้งแบบอบลมร้อนมีค่าเท่ากับ 85.78±3.82, 5.02±0.44 และ 0.60±0.02 ตามลำดับ ในขณะที่แป้งจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 76.74±2.47, 3.41±0.49 และ 0.43±0.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการทำแห้งแป้งแบบอบลมร้อน ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ได้จากวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีดัชนีความขาวที่สูงกว่าการอบลมร้อนในทุกตัวอย่าง จากปริมาณผลิตผลที่สูงกว่า ตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน จึงถูกนำมาศึกษาต่อและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าแป้งเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ไม่แตกต่างจากแป้งสาลี ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังมีความคงตัวในการเกิดอิมัลชัน สมบัติการพองตัว สมบัติการละลายและค่า final viscosity สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงถูกเลือกมาพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดยพบว่าคุกกี้จากแป้งเนื้อใน เมล็ดมะม่วงที่ได้จะมีค่าดัชนีความขาว (WI) และค่า hardness ต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลงานวิจัยนี้แสดงถึงการนำเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วมาแปรรูปเพื่อประยุกต์ใช้เป็นแป้งในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ได้ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับคนที่แพ้กลูเตน

Project Title	Product development of cookies from mango (*Mangifera indica* L. cv. Kaew) kernel seed flour as wheat flour substitute
Student	Kittithep Raksawat Purida Chotiko Pimnada Angkoondittaphong
Study program	Bachelor of Science in Food Technology
Advisor	Dr. Sarisa Suriyarak
Academic year	2020

Abstract

Mango is one of the major economic fruit crops in Thailand, mostly processed into mango products. There is a large number of mango seeds left after industrial processing (55.28 tons/year). Therefore, this research aimed to utilize the mango seed waste by extracting flour from mango (*Mangifera indica* L. cv. Kaew) kernel and investigating the effect of pre-treatment conditions on tannin reduction. The mango kernel flour (MKF) were evaluated physicochemical properties and incorporated in cookies formula. The physical properties of cookies from MKF were evaluated and compared with wheat flour. The MKF was prepared by peeled, milled and hot air dried at 60°C (lower 14% moisture content). Then the flour was treated with the ethanol solvent with 0, 25, 50, 75 and 90% v/v in the ratio of 1:8 at room temperature for an hour. The result showed that 75% ethanol treatment had the most effective tannin reduction, followed by 50, 25 and 90% v/v ethanol. Ethanol-treated MKF was then dried with two methods: hot air and freeze drying. The results showed that the yield, moisture content and bulk density of hot air dried MKF were 85.78±3.82, 5.02±0.44 and 0.60±0.02 respectively whereas of freeze dried MKF were 76.74±2.47, 3.41±0.49 and 0.43±0.05 respectively. Moreover, hot air dried MKF with all treatments had lower whiteness index than freeze dried flour. As a result of higher yield, the hot air dried MKF was chosen for further the physical properties test. The results showed that the water holding capacity and oil binding capacity of 50% ethanol-treated MKF were not different from wheat flour ($p>0.05$). Moreover, the emulsion stability, swelling index, solubility index and final viscosity of 50% ethanol-treated MKF were the highest value ($p\leq0.05$). Therefore, 50% ethanol-treated MKF were used in cookie formulation. Cookies with 50% ethanol-treated MKF had WI and hardness value less than wheat flour ($p\leq0.05$). Aspects of this, it could be concluded that 50% ethanol-treated MKF can be utilized as a potential substitute of wheat flour in cookie products in order to be an alternative diet for people with celiac disease.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วทดแทนแป้งสาลี เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีอาจารย์ ดร.สาริศา สุริยรักษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

รายงานการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.สาริศา สุริยรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวทางในการวิจัย ความคิดเห็น และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงการตรวจติดตามการทำโครงการของนิสิตอย่างใกล้ชิด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ผู้คุมห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และกระบวนการแปรรูปอาหาร รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการการประกันคุณภาพอาหารของภาควิชา สำหรับการให้คำแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือ และวิธีการทำการวิจัยที่เป็นประโยชน์ รวมถึงขอขอบคุณพี่ น้องและเพื่อนๆ ปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจตลอดการวิจัย

ขอขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ถ่ายทอดความรู้ตลอดหลักสูตรการศึกษาให้ผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์และบูรณาการให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่งานวิจัยนี้ อีกทั้งยังให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ให้สามารถดำเนินโครงการนี้ได้อย่างราบรื่น

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและคอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ตลอดจนคอยให้กำลังใจเสมอมา คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษางานวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องในอนาคตต่อไป หากงานวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยยินดีรับข้อเสนอแนะและขออภัยมา ณ ที่นี้

นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์

นางสาวปูริดา โชติโก

นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มะม่วง (Mango)	3
2.1.1 เนื้อในเมล็ดมะม่วง (Mango seed kernel)	3
2.1.2 การใช้ประโยชน์จากเนื้อในเมล็ดมะม่วง	3
2.2 มะม่วงแก้ว	4
2.3 แป้งสาลี (Wheat flour)	4
2.4 แป้งเมล็ดมะม่วง (Mango kernel flour)	5
2.4.1 วิธีการเตรียมแป้งจากเมล็ดมะม่วง	5
2.4.2 การใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดมะม่วง	6
2.5 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)	6
2.5.1 สารฟีนอลิกในเมล็ดมะม่วง	7
2.5.2 แทนนิน	7
2.5.3 การสกัดแทนนินออกจากเมล็ดมะม่วง	8
2.5.4 การตรวจสอบสารแทนนิน	9
2.6 คุกกี้ (Cookie)	9

2.6.1 แป้งสาลี 11
2.6.2 น้ำตาล 12
2.6.3 เนย 12
2.6.4 ไข่ไก่ 12
2.6.5 ผงฟู 12
2.6.6 วานิลลา 13

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย 14
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 14
3.1.1 วัตถุดิบ 14
3.1.2 สารเคมี 15
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 15
3.2.1 เครื่องมือ 15
3.2.2 อุปกรณ์ 15
3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย 16
3.3.1 การเตรียมแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 16
3.3.2 การศึกษาสมบัติของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 18
3.3.3 การทำคุกกี้ 19
3.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 19

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 20
4.1 ผลการเตรียมแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 20
4.2 ผลการศึกษาสมบัติของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่เตรียมได้ 25
4.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 37
5.1 สรุปผลการวิจัย 37
5.2 ข้อเสนอแนะ 38

บรรณานุกรม 39

ภาคผนวก 42

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ 43

ภาคผนวก ข รายละเอียดรูปภาพผลการทดลองเพิ่มเติม 50

ประวัติผู้วิจัย 53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารประกอบฟีนอลิกออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 17

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมในผลิตภัณฑ์คุกกี้ 19

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณผลิตผลของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 20

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ 21

ตารางที่ 5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 760 nm 22

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ 23

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณผลิตผลของแป้งที่ผ่านการสกัดแทนนินแล้วทำแห้งทั้ง 2 วิธี 24

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* และดัชนีความขาว (WI) ของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี 25

ตารางที่ 9 แสดงผลของการศึกษาสมบัติของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 29

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 31

ตารางที่ 11 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่กำลังขยาย 200 เท่า 33

ตารางที่ 12 แสดงลักษณะภายนอกของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 34

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* และดัชนีความขาว (WI) ของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 35

ตารางที่ 14 แสดงค่าทางเนื้อสัมผัสของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 36

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแทนนิคช่วงความเข้มข้น 0.05-0.35 กรัมต่อลิตร ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm 22

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรีชนิดหนึ่ง มีชิ้นเล็ก รูปร่างแบน ซึ่งทำจากแป้งสาลี เนย น้ำตาล และไข่ ซึ่งปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรีมากขึ้น มักรับประทานคู่กับชาหรือกาแฟ เพื่อเป็นอาหารว่างหรือของหวาน เนื่องจากคุกกี้มีรสชาติที่อร่อยและมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ มีกรรมวิธีในการผลิตง่าย และสามารถหาซื้อได้ทั่วไป อีกทั้งในแป้งสาลีซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของคุกกี้นั้น มีส่วนประกอบของกลูเตน ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ที่แพ้กลูเตนได้

มะม่วงแก้ว (*Mangifera indica* L. cv. Kaew) เป็นมะม่วงพื้นบ้านทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง เป็นผลไม้เมืองร้อนที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ต่างๆได้ดี ให้ผลดกมาก และออกผลนอกฤดูกาล มีเนื้อที่ปลูกมะม่วงแก้วในประเทศไทยรวม 74,120 ไร่ ใน 47 จังหวัด (กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน สำนักพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากถูกนำไปแปรรูปอย่างกว้างขวางมากที่สุด เช่น มะม่วงกวน มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่มที่นำมะม่วงมาแปรรูปเพื่อยืดเวลาในการเก็บรักษาและสร้างรายได้ให้ทั้งระดับชุมชนและอุตสาหกรรม

เนื่องจากเนื้อผลมะม่วงแก้วสามารถนำไปแปรรูปกันอย่างหลากหลาย จึงเหลือในส่วนของเมล็ดมะม่วงทิ้งเป็นจำนวนมาก ประกอบกับการศึกษาในงานวิจัยต่างๆ พบว่าเนื้อในเมล็ดมะม่วง (Mango seed kernel) มีองค์ประกอบที่เป็นแหล่งอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ และเถ้า รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระประเภทสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic) ซึ่งมีปริมาณสารแทนนินสูงถึง 20.7 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง (Kaur, 2018) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงได้ โดยจัดเป็นแป้งแบบใหม่ที่ต้นทุนต่ำ มีการนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำเบเกอรี แต่ปริมาณแทนนินที่สูงจะส่งผลให้ต่อคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เช่น สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส จากเหตุผลข้างต้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินออกจากแป้งเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้ว เพื่อนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์คุกกี้ปราศจากแป้งสาลีนี้ จึงสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่มีอาการแพ้กลูเตนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง
2. เพื่อศึกษาสภาวะ pre-treatment ที่เหมาะสมในการลดสารแทนนินออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง และเปรียบเทียบผลของการทำแห้งแบบอบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์ด้วยแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

1. ศึกษาระบบตัวทำละลาย น้ำ-เอทานอล โดยแปรระดับความเข้มข้นของตัวทำละลายเอทานอลที่ 0% 25% 50% 75% และ 90% เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดแทนนินจากแป้งจากเมล็ดมะม่วง โดยการเปรียบเทียบปริมาณแทนนินที่สกัดได้
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดในมะม่วงที่ได้จากการทำแห้ง 2 แบบ คือการทำแห้งด้วยลมร้อนและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ลดปริมาณของเสียจากกระบวนการการแปรรูปของผลิตภัณฑ์มะม่วงในระดับอุตสาหกรรม
2. ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทดแทนด้วยแป้งจากเมล็ดมะม่วงที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
3. ผลิตภัณฑ์คุกกี้ปราศจากแป้งสาลีซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตน

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 มะม่วง (Mango)

มะม่วง (Mango) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiceae เป็นไม้ผลเมืองร้อน ไม่ผลัดใบ มีถิ่นกำเนิดแถบภาคตะวันออกของอินเดีย พม่า และเกาะอันดามัน ต่อมาได้กระจายพันธุ์ไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก มะม่วงมีหลากหลายพันธุ์มาก ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ขนาด สี ผิวสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ โดยพันธุ์ที่นิยมมากที่สุดคือ พันธุ์เคนท์ คีทท์ เฮเดน ทอมมีแอตกินส์ อัลฟองโซและวาเลนเซีย (Labaky et al., 2020) มะม่วงเป็นไม้ผลที่นิยมปลูกกันแพร่หลายเพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ใน ดินเกือบทุกชนิด ทนต่ออากาศร้อนได้ดี ในประเทศไทยมีมากหลายพันธุ์ และถือเป็นผลไม้เศรษฐกิจของไทย ซึ่งมีปริมาณการส่งออก 117,472 ตันต่อปี มูลค่าส่งออกประมาณ 4,385 ล้านบาท และมีเนื้อที่ปลูกรวม 771,140 ไร่ ใน 70 จังหวัด (กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน สำนักพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ซึ่งมะม่วงสามารถบริโภคได้ทั้งดิบและสุก รสชาติอร่อย มีกลิ่นหอม และสามารถแปรรูปเก็บไว้สำหรับจำหน่ายหรือรับประทานนอกฤดู (ปิยดา บุสดี, 2558)

2.1.1 เนื้อในเมล็ดมะม่วง (Mango seed kernel)

เมล็ดมะม่วงคิดเป็นร้อยละ 10-25 ของมะม่วงทั้งหมด โดยเนื้อในเมล็ดมะม่วงคิดเป็นร้อยละ 45-75 ของเมล็ดมะม่วง หรือประมาณร้อยละ 20 ของมะม่วงทั้งผล เนื้อในเมล็ดมะม่วงประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 6 ไขมันร้อยละ 11 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77 เส้นใยอาหารร้อยละ 2 และเถ้า ร้อยละ 2 ถึงแม้ว่าเมล็ดในมะม่วงมีปริมาณโปรตีนน้อยแต่โปรตีนเหล่านี้เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ กรดอะมิโนที่พบในเนื้อในเมล็ดมะม่วงส่วนใหญ่จะเป็นกรดอะมิโนจำเป็นซึ่งปริมาณที่พบมากที่สุดคือ ลิวซีน วาลีน และไลซีนตามลำดับ (Abdalla, Darwish, Ayad, & El-Hamahmy, 2007)

2.1.2 การใช้ประโยชน์จากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

หลังจากกระบวนการแปรรูปมะม่วงพบว่ามีเมล็ดมะม่วงเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมาก (Abdalla et al., 2007) โดยเมล็ดมะม่วงที่ถูกเหลือทิ้งมีปริมาณมากกว่าหนึ่งล้านตันต่อปี ซึ่งหากนำไปใช้ประโยชน์ต่อจะเป็นการลดปริมาณขยะและสามารถสร้างมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งได้ นอกจากนี้ (Soong & Barlow, 2004) ยังแนะนำว่าเมล็ดในมะม่วงสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารได้เนื่องจากมีไขมันและโปรตีนที่มีคุณภาพสูง รวมถึงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง

เนื้อในเมล็ดมะม่วงสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งจากเมล็ดมะม่วงได้ โดยจัดเป็นแป้งแบบใหม่ที่ต้นทุนต่ำ มีการนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำเบเกอรี โดยมีการปรับปรุงคุณภาพของแป้งจากเมล็ดมะม่วงทางด้านโครงสร้าง ลักษณะการยืดหยุ่นของแป้ง และด้านประสาทสัมผัสให้ดีขึ้นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทั่วไปมีการใช้ Xanthan gum หรือ Guar gum แทนกลูเตนในแป้งสาลี เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งจากเมล็ดมะม่วง ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มยืดหยุ่น คล้ายครีม รวมไปถึงช่วยให้เบเกอรีคงรูป และขึ้นโฟมได้ นอกจากนี้การใช้ Xanthan gum และ Guar gum ผสมกันจะทำให้เพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น (Nawab, Alam, Haq, & Hasnain, 2016)

2.2 มะม่วงแก้ว

มะม่วงแก้ว (*Mangifera indica* L. cv. Kaew) เป็นมะม่วงพื้นบ้านทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง เป็นพันธุ์มะม่วงที่นำไปแปรรูปอย่างกว้างขวางมากที่สุด ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี ให้ผลดกมาก และออกผลนอกฤดูกาล เนื้อที่ปลูกมะม่วงแก้วในประเทศไทยรวม 74,120 ไร่ พื้นที่ปลูก 47 จังหวัด โดยจังหวัดที่มีเนื้อที่ปลูกมากที่สุดอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ ตามด้วยชัยภูมิและประจวบคีรีขันธ์ (กุหลาบ หมายสุขกลาง, 2560) เปลือกของมะม่วงแก้วค่อนข้างหนาและเหนียว ผลดิบผิวเปลือกสีเขียวเข้ม เนื้อสีนวลหยาบ มีปริมาณแป้งในผลมาก รสเปรี้ยว แต่เมื่อแก่จัดๆ มีรสอมเปรี้ยว ผลลักษณะกลมป้อม เมื่อสุกผิวเปลือกสีเขียวปนเหลือง สีเนื้อเหลือง ลักษณะเนื้อหยาบ รสออกหวานอมเปรี้ยว เมล็ดใหญ่มีเนื้อในเมล็ดเต็ม ให้คุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมากทั้งขายผลสุก มีการส่งออกต่างประเทศด้วยเช่นกัน และเนื้อผลมะม่วงแก้วสามารถนำไปแปรรูปกันอย่างหลากหลาย โดยแปรรูปเป็นมะม่วงกวนและมะม่วงแผ่นมากที่สุด แต่ก็สามารถทำมะม่วงดองได้ เพราะเนื้อผลมีปริมาณแป้งสูง เมื่อดองแล้วให้เนื้อแน่นและกรอบอร่อย (กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน สำนักพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

2.3 แป้งสาลี (Wheat flour)

แป้งสาลีผลิตมาจากส่วนของพืชที่มีการสะสมอาหาร เช่น เมล็ดของข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง มันฝรั่ง มันเทศ และเผือก เป็นต้น นำมาผ่านกระบวนการทำให้ละเอียดด้วยวิธีการบดหรือโม่ ซึ่งมีทั้งวิธีแบบแห้ง (Dry Milling) และวิธีแบบเปียก (Wet Milling) แป้งที่ผลิตได้โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นผงแห้ง มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติแตกต่างกันไป ตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต (สุกัลยา พลเดช, 2556)

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรีหลากหลายชนิด มีส่วนประกอบของโปรตีน 2 ชนิด ที่รวมกันอยู่สัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน และ ไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเตน” (Gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้

กลูเตนจะเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากการอบ (จิตธนา และอรอนงค์, 2548) ข้าวสาลีที่นำมาโม่เป็นแป้งสาลีนั้น สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามความแข็งและสีของเมล็ด ได้แก่ ข้าวสาลีชนิดแข็ง (hard wheat) กับข้าวสาลีชนิดอ่อน (soft wheat) ข้าวสาลีชนิดแข็ง เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งสาลีชนิดแข็ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีโปรตีนสูง เหมาะสำหรับใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปัง แป้งชนิดนี้มีโปรตีนที่มีคุณภาพดี สามารถนวดผสมให้ได้ก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นดี ส่วนข้าวสาลีชนิดอ่อนเมื่อนำมาโม่ก็จะได้แป้งสาลีชนิดอ่อนซึ่งมีโปรตีนต่ำแป้งจะมีความสามารถในการดูดน้ำได้ต่ำกว่าแป้งชนิดแข็ง มีความทนทานต่อการผสมและการหมักต่ำเหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก และคุกกี้ (Jadeniphat Bunyasawat et al., 2561)

2.4 แป้งเมล็ดมะม่วง (Mango kernel starch)

2.4.1 วิธีการเตรียมแป้งจากเมล็ดมะม่วง

(Das, Khan, Rahman, Majumder, & Islam, 2019) ได้ศึกษาการกระบวนการผลิตเค้กจากแป้งเมล็ดมะม่วงทดแทนการใช้แป้งสาลี โดยนำมะม่วงสุกพันธุ์ Baishakhi ด้วยการแยกเอาเมล็ดมะม่วงออก แล้วเอาเปลือกออกจากนั้นล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ผิวด้านนอก นำเมล็ดไปแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที เพื่อลดสารต้านคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้แก่ Tannin, Saponin, Oxalate, Phytate, Cyanogenic glycoside, Alkaloid, Flavonoid และ Trypsin inhibitor (Kayode, 2013) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าแช่เมล็ดมะม่วงใน $Ca(OH)_2$ มีประสิทธิภาพในการลดสารต้านคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด จากนั้นนำเมล็ดไปต้มเป็นเวลา 15 นาที แล้วทำแห้งที่อุณหภูมิ 60-65°C เป็นเวลา 15-16 ชั่วโมง ด้วย Cabinet dryer หลังจากนั้นนำเมล็ดไปโม่บดให้กลายเป็นแป้งผงละเอียด แล้วนำไปกรองให้ผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh เป็นขนาดมาตรฐาน จากนั้นแป้งจะถูกเก็บในถุง HDPE เพื่อรอการนำไปใช้งาน และงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพของเค้กผสมแป้งเมล็ดมะม่วงทดแทน พบว่าแป้งเมล็ดมะม่วงเป็นแหล่งโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งการใช้แป้งมล็ดมะม่วงในการทดแทนแป้งสาลีในการทำเค้กทำให้ความชื้นและโปรตีนลดลง แต่มีปริมาณเส้นใย เถ้า ไขมัน และพลังงานมากกว่าแป้งสาลี สำหรับการใช้แป้งเมล็ดมะม่วงในการผลิตเค้กมีผลต่อรูปลักษณ์ภายนอก และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น สีของเค้ก เนื่องจากแป้งเมล็ดมะม่วงจะทำให้เค้กมีสีเข้มกว่าการใช้แป้งสาลี แต่การใช้แป้งเมล็ดมะม่วงทดแทนเพียง 20-30% ไม่ส่งผลกระทบต่อสีมากเท่าไหร่ เค้กที่มีส่วนผสมของแป้งเมล็ดมะม่วง 20% เป็นที่ยอมรับมากที่สุดทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้การทดสอบความคงตัวในการเก็บรักษาพบว่าเค้กจากแป้งเมล็ดมะม่วงมีอายุการเก็บได้ประมาณ 7-10 วันโดยไม่มีสารกันบูด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแป้งเมล็ดมะม่วงสามารถนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในกระบวนการผลิตเค้ก เพื่อให้ได้เค้กที่มีคุณภาพทางโภชนาการที่มีเสถียรภาพที่ดีเช่นกัน

2.4.2 การใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดมะม่วง

เนื่องจากแป้งเมล็ดมะม่วงนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการ อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรีได้อีกด้วย ซึ่งได้มีการศึกษาว่าแป้งเมล็ดมะม่วงสามารถนำไปทดแทนแป้งสาลีได้ในการทำคุกกี้ โดยใช้ในสัดส่วนแป้งสาลี : แป้งเมล็ดมะม่วง เท่ากับ 80 : 20 ซึ่งได้คุกกี้ที่มีสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Bandyopadhyay, Chakraborty, Bhattacharyya, Bengal, & Chandra, 2014) นอกจากนี้ได้มีการนำไปลองใช้ในการผลิตบิสกิตโดยใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 20, 30, 40 และ 50% และนำไปตรวจสอบทางวิทยากระแส สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางประสาทสัมผัส ซึ่งบิสกิตที่ทดแทนในปริมาณสูงถึง 40% ได้ผลเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Ashoush & Gadallah, 2011) และในการผลิตขนมปังที่เพิ่มสารอาหารก็สามารถใช้แป้งเมล็ดมะม่วงได้ (Menon, Majumdar, Ravi, & Resources, 2015) จากผลการศึกษาทำให้เห็นว่าแป้งเมล็ดมะม่วงสามารถเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมเบเกอรีได้ อีกทั้งยังช่วยลดความต้องการแป้งสาลีที่สูงขึ้นและช่วยสามารถลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรีได้อีกด้วย (Das et al., 2019)

2.5 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) คือ อนุพันธ์ของเบนซินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่เป็นหลักและอาจมีหมู่แทนที่ต่างๆ ในตำแหน่ง ออโท (Orto) เมตา (Meta) หรือพารา (Para) โดยสารฟีนอลิกพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (Phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่

สารประกอบฟีนอลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามจำนวนของวงแหวนฟีนอล ได้แก่

1. Monocyclic phenol เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acid), คูมาริน (Coumarin)
2. Dicyclic phenol เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids), นีโอลิกแนน (Neolignans)
3. Polycyclic phenol หรือ polyphenol เช่น ลิกนิน (Lignin), กรดแทนนิก (Tannic acid)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไปตามธรรมชาติ โดยเกิดขึ้นจากกระบวนการเมทาบอลิซึมในขั้นที่สอง (Secondary metabolites) ซึ่งพืชจะทำการสังเคราะห์ขึ้นในระหว่างการรเจริญเติบโต หรือเมื่อถูกกระตุ้นการสร้างจากปัจจัยต่างๆ เช่น เพื่อปกป้องและฟื้นฟูจากการติดเชื้อซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย และปกป้องพืชจากรังสียูวีเมื่อได้รับแสงแดด รวมทั้งยังเป็นสารที่ทำให้เกิดสีในพืชและจะพบได้ในทุกส่วนของพืช (Shahidi & Naczk, 2003) กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavoniod), กรดฟีนอลิก (Phenolic acid) และกรดแทนนิก (Tannic acid) เป็นต้น (Martins et al., 2011)

2.5.1 สารฟีนอลิกในเมล็ดมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้เศษรฐกิจที่สำคัญ หลังจากการบริโภคและกระบวนการแปรรูปจะทำให้เหลือเมล็ดทิ้งเป็นจำนวนมาก แต่ความจริงแล้วเมล็ดมะม่วงเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด ทั้งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมีปริมาณแร่ธาตุมากมายเช่น ธาตุเหล็ก โพแทสเซียม แคลเซียม แมงกานีส รวมไปถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกอยู่ด้วย ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ แทนนินและ ฟลาวโวนอยด์ เป็นสารฟีนอลลิกที่พบมากเนื้อในเมล็ดมะม่วง ซึ่งประกอบไปด้วย tannin 20.7 mg gallic acid 6.0 mg cinnamic acid 11.2 mg ferulic acid 10.4 mg mangiferin 4.2 mg vanillin 20.2 mg caffeic acid 7.7 mg/100g dry weight of mango seed kernels (Kaur, 2018)

2.5.2 แทนนิน (Tannin)

แทนนิน คือ สารประกอบที่มีคุณสมบัติประเภทฟีนอล ซึ่งตกตะกอนกับพวก alkaloid gelatin และโปรตีนต่างๆ (สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์, 2561) แทนนินหรือสารประกอบโพลีฟีนอล เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่ละลายน้ำ (water soluble phenolics) ที่มีหมู่ hydroxyl จำนวนมาก มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500-5,000 Dalton (Baloyi, Ngongoni, Topps, Acamovic, & Hamudikuwanda, 2001) มีคุณสมบัติเป็น alkaloid gelatin และโปรตีน มีสถานะเป็นกรดอ่อน เป็นสารที่ทำให้เกิดรสฝาดหรือขม สามารถช่วยลดอาการท้องเสีย แผลไฟไหม้ แผลพุพอง ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์, 2561)

สารกลุ่มนี้สามารถแสดงคุณสมบัติของการเกิดปฏิกิริยาที่เฉพาะเจาะจงของฟีนอลได้ เช่น สามารถตกตะกอนกับโปรตีนต่างๆ alkaloid รวมทั้ง macromolecules เช่น cellulose และ pectin ได้ นอกจากนั้นยังสามารถตกตะกอนกับโลหะหนักพวก lead acetate, zinc acetate, potassium dichromate และ ferric chloride ดังนั้นแทนนินจึงจัดเป็นสารขัดขวางโภชนาการชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถพบแทนนินได้ในส่วนเปลือกของต้นไม้และแก่นไม้ ดังนั้นในอาหารโปรตีนจากพืชจึงนำคุณสมบัติของคอนเดนซ์แทนนินไปใช้ประโยชน์ (Haslam E, 1989)

แทนนินสามารถแบ่งตามความสามารถในการทนต่อการสลายตัวต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ไฮโครไลซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannins) และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) (ปิยะพงศ์ กิตติสารธรรม, 2554)

2.5.3 การสกัดแทนนินออกจากเมล็ดมะม่วง

เนื่องจากแทนนินเป็นสารฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากในเนื้อในเมล็ดมะม่วง ซึ่งส่งผลต่อรสชาติ เนื้อสัมผัส สี และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากแป้งเมล็ดมะม่วง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการสกัดสารแทนนินออก

ในงานวิจัยของ (Mirghani, F, Kabbashi, Vejayan, & Yosuf, 2009) ได้ทำการเตรียมเมล็ดมะม่วงโดยการนำเมล็ดมะม่วงมาล้างทำความสะอาดแล้วทำแห้ง จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กแล้วทำแห้งที่อุณหภูมิ 50°C แล้วบดให้กลายเป็นผง จากนั้นนำไปแช่ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ ethanol, methanol และ acetone ในอัตราส่วน 2:1 และเก็บไว้ 48 ชั่วโมง แล้วนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรอง แล้วทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่ 45°C

ในงานวิจัยของ (ชรินทร โมฬี & ณกัญภัทร จินดา) ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะ โดยทำการสกัดและหาปริมาณแทนนินในเปลือกเงาะ นำเปลือกเงาะสดมาล้างทำความสะอาด และทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ ประมาณ 50–60°C จนมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด (blender) ร่อนผ่านตะแกรงหยาบ นำผงเปลือกเงาะแห้งมาทำการต้มสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำที่ 1:4 และ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 และ 90°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงกรองแยกกากเปลือกเงาะ ทำการระเหยน้ำออกจากสารสกัดที่ได้ แล้วเอาไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหูมิ 80°C จนมีน้ำหนักคงที่สารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นผลึกสีดำ ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้และคำนวนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการสกัด นำสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินทั้งหมด

ในงานวิจัยของ (Panpanach Cham, Warinthorn Poonsri, Intira Lichanporn, & Lapsongphon, 2019) ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนิน ดัดแปลงจากวิธีของ (Hou et al., 2003) และ (Ye, Lu, He, Chen, & Hu, 1999) โดยนำตัวอย่างเปลือกกล้วยน้ำว้าผง สกัดด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำกลั่น ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:30 (w/v) เขย่าสารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง นำสารสกัดเปลือกกล้วยผงปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 1 N Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 7.5% โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร คำนวณปริมาณของสารประกอบแทนนินของสารสกัดเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิค

จากงานวิจัยของ (Noppawan Tanchucheep, Niwooti Whangchai, Chatree Virasit, & Kanda Whanhchai, 2018) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินจากปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ดัดแปลงตามวิธีการ AOAC (1990) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิคความเข้มข้น 0, 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 mg/l และเตรียมสารสกัดหยาบจากใบชาเมี่ยงเจือจาง 100, 200 และ 400 เท่า ปิเปตสารละลายมาอย่างละ 1 ml ต่อ 1 l หลอดทดลองๆ ละ 1 ซ้ำ ทำการทดลอง 3 ซ้ำในทุกความเข้มข้น เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 5 ml ต่อ 1 หลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 3-8นาที เติมโซเดียมคาร์บอเนต Na_2CO_3 ความ เข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 4 ml ต่อ 1 หลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 740 นาโนเมตร หาปริมาณแทนนินในสารสกัดหยาบจากใบชาเมียงโดยเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแทนนิค

จากงานวิจัยของ (ณพัฐอร บัวฉุน, ณัฐพล สิงสุข, พลวัฒน์ กันอาน, & แก้วประเสริฐ, 2561) ทำการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแทนนินทั้งหมด โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและแทนนิคเข้มข้น 1,000 ppm และ 100 ppm และเจือจางจนมีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกและแทนนิค นำสารละลายที่เตรียมได้ในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแทนนินทั้งหมดในสารสกัดหยาบสมอไทย

2.5.4 การตรวจสอบสารแทนนิน

(อินทิรา ขูดแก้ว, กนกรัตน์ บุญรักษา, & ณัฐชนา เซ่งเซี่ยง, 2561) กล่าวว่าการตรวจสอบแทนนินสามารถทำได้โดยการนำสารสกัดหยาบจากแป้งเมล็ดมะม่วงมา 0.2 กรัม ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มเป็นเวลา 2 นาที กรองน้ำออก นำสารละลายที่กรองได้มาหยด 1% $FeCl_3$ จำนวน 2-3 หยด หากปรากฏสีเขียวดำหรือสีน้ำเงินดำแสดงว่ามีแทนนิน

2.6 คุกกี้ (Cookie)

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะบาง กรอบ มีสูตรคล้ายเค้กที่มีน้ำน้อย ทำจากแป้ง ไข่ อาจมีการเติมเครื่องเทศ และผลไม้แห้ง มีทั้งชนิดหวานและไม่หวาน ในอเมริกาจะเรียก คุกกี้ ส่วนในอังกฤษ จะเรียก บิสกิต

คุกกี้สามารถแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. Deposit cookies ทำจาก dough ที่เกาะตัวกันน้อยมาก โดยใช้เครื่องจักร ในการขึ้นรูป กดลงโดยตรงบน oven band เช่น Peanut Butter Cookie, Star Cookie, Spritz Cookie

2. Wire-cut cookies ทำจาก dough ที่ค่อนข้างแข็ง อัดผ่านรูเปิด (die) ของเครื่อง extruder และตัดโดยใช้ oscillating wire เช่น Sugar Cookie, Vanilla Wafer, Brown-edge Wafer
3. Rotary cookies ทำจาก dough ที่มีลักษณะค่อนข้างร่วน อัดผ่านแบบพิมพ์ที่อยู่บนผิวลูกกลิ้ง หลังจากนั้นเอาออกจากแบพิมพ์แล้วกดลงบน oven belt เช่น Molasses Cookie, Almond Short, Coconut Cookie
4. Cutting cookies นำ dough มารีดให้เป็นแผ่น แล้วตัดให้มีรูปร่างตามต้องการ dough ที่ใช้ต้องมี tensile strength และ extensibility ที่เหมาะสมในการรีดเป็นแผ่น เช่น Peanut Snap, Milk Cracker, Ginger Snap

คุกกี้ต่างชนิดกัน ต้องการ dough ที่ต่างกัน โดยปกติ dough ที่ทำจาก soft wheat flour จะสามารถรวมตัวเป็นก้อนได้ดี มี tensile strength ที่ดี และมี elasticity เนื่องจากการเกิด gluten development ในขณะที่ dough ที่มี non-wheat flour มาก จะขาด tensile strength และ elasticity

คุกกี้ที่เหมาะที่จะใช้ non-wheat flour คือ deposit cookies เนื่องจาก dough มีลักษณะที่เกาะตัวกันได้น้อย ไม่จำเป็นต้องมี elasticity และมี gluten development เพียงเล็กน้อย โดยลักษณะของแป้งที่เหมาะสมที่จะทำคุกกี้ชนิดนี้ ควรจะมีโปรตีนอยู่ในช่วง 7.5-8.5% เถ้า 0.38-0.42% ความหนืด 25-45 °M (Mac Michael) และมี spread factor (width/thickness) อยู่ในช่วง 8.0-9.5

ปัญหาหลักที่พบในการใช้ non-wheat flour ในการทำคุกกี้ คือ non-wheat flour จะไม่มีโปรตีนที่ทำให้เกิดกลูเตน ซึ่งสามารถนวดผสมแล้วให้ texture และ flavor ที่เฉพาะของผลิตภัณฑ์ ในการศึกษาการใช้ non-wheat flour ในผลิตภัณฑ์ขนมอบระยะแรก จึงพยายามที่จะใช้แป้งสาลีผสมกับส่วนผสมอื่นที่ไม่ใช่ข้าวสาลี (non-wheat) เรียกว่า composite flour ซึ่งในผลิตภัณฑ์ขนมปัง สามารถทดแทนได้ไม่เกิน 20 ส่วน ในเค้กและคุกกี้สามารถเติมได้ในปริมาณที่สูงกว่านี้ แต่ด้วย non-wheat flour ไม่มีกลูเตน จึงต้องเสริมวัตถุดิบชนิดอื่น เช่น emulsifiers, pentosans, xanthan gum (Narin Charoenphun, 2017)

โดยในการขึ้นรูปคุกกี้ ขั้นตอนการผสมและการอบก็เป็นส่วนสำคัญในการขึ้นรูป ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การผสม มี 2 วิธี

1.1 creaming method เป็นวิธีที่นิยมใช้มาก โดยตีเนยหรือไขมันกับน้ำตาล (รวมถึงสารให้รสหวานอื่นๆ) ให้เข้ากันจนกระทั่งส่วนผสมฟูตัวและเรียบเนียน เติมสี และกลิ่นตามต้องการ ตีให้เข้ากัน แล้วจึงเติมส่วนผสมที่เหลือรวมทั้งแป้ง ผสมให้เข้ากันเป็น dough แล้วนำไปขึ้นรูปตามต้องการ

1.2 all-in method โดยผสมส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้นสารที่ทำให้ขึ้นฟู เกลือ ต้องละลายในน้ำบางส่วน สี และกลิ่นรสเติมขณะผสมส่วนผสมจนเรียบเนียน วิธีนี้ dough ที่ได้จะมีลักษณะแน่น และเหนียวน้อยกว่าวิธีแรก จากนั้นไปทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ

creaming method จะมีข้อดีกว่า all-in-method คือ dough ที่ได้จะแน่น และเหนียวน้อยกว่า ดังนั้น จึงเลือกวิธี creaming มาใช้ในงานวิจัยนี้

2. การอบ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอยู่ในช่วง 175-200°C ความร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

2.1 ระยะแรกของการอบ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนยจะเริ่มละลาย น้ำตาลและสารให้กลิ่นรสอื่นๆ จะละลาย ทำให้ผลิตภัณฑ์นิ่มและเหลว มีก๊าซเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารเคมีประเภทผงฟู เมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัว ดันโครงร่างของผลิตภัณฑ์ให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น

2.2 ระยะกลางของการอบ ความร้อนในระยะนี้ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนใกล้ถึงจุดเดือดของน้ำ (100 °C) ทำให้โปรตีนจับตัวกันเป็นโครงร่าง รวมทั้ง starch ที่มีอยู่จะเกิดเจลบางส่วน (เนื่องจากในส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อยมาก starch จึงอุ้มน้ำได้ไม่มาก) กลายเป็นโครงร่างที่แข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ส่วนน้ำที่เหลืออยู่ก็จะระเหยกลายเป็นไอดันขนมให้มีปริมาตรมากขึ้น

2.3 ระยะสุดท้ายของการอบ ผลิตภัณฑ์จะมีความร้อนเพิ่มขึ้น ลักษณะโครงร่างจะคงที่ เนื่องจากโปรตีนและ starch จะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ แต่ยังมีความยืดหยุ่นจากไขมันอยู่บ้าง และน้ำตาลในองค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลวเมื่ออุณหภูมิจะสูงขึ้น ขณะเดียวกัน จะเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณผิวนอก เนื่องจาก caramelization ของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อน

ส่วนประกอบหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการทำคุกกี้ ได้แก่ แป้งสาลี ที่ใช้ในการทำเบเกอรีทุกชนิด น้ำตาลที่ใช้ทำเบเกอรีจะเป็นน้ำตาลละเอียดเกล็ดเล็ก และจะมีเนย ไข่ไก่ ผงฟู และสารแต่งกลิ่น

2.6.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ และมีผลโดยตรงต่อลักษณะโครงร่างของผลิตภัณฑ์ โดยจะทำหน้าที่ช่วยให้เกิดโครงสร้าง และช่วยอุ้มส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ เนย น้ำตาล เป็นต้น ปกติแป้งที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ คือ แป้งสาลีชนิดอ่อน (soft wheat flour) ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 7.0-10.0% เถ้า 0.4-0.5% pH 4.0-6.0 และ spread factor 5.5-9.5

2.6.2 น้ำตาล

น้ำตาลจะทำหน้าที่ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ โดยเป็นสารให้ความหวาน ช่วยควบคุมความกรอบ (crispness) และลักษณะผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการแผ่ขยายของคุกกี้ด้วย การแผ่ขยายของคุกกี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำตาล น้ำตาลเม็ดจะทำให้การแผ่ขยายดีกว่าน้ำตาลบดละเอียด เพราะเมื่อนำเข้าอบ น้ำตาลจะละลายตัวและมีแรงดันที่จะทำให้คุกกี้ขยายตัวได้ดี แต่ถ้าน้ำตาลเม็ดหยาบเกินไป จะทำให้การแผ่ขยายตัวไม่ดีนัก

2.6.3 เนย

เนยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่แยกออกจากหางนมที่เป็นของเหลวนำมาทำเป็นครีมสด แล้วคนครีมสดนั้นอย่างแรงจนเกาะตัวกันกลายเป็นก้อนแข็ง เป็นไขมันจากธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือเนยชนิดเค็มและเนยชนิดจืด เนยประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 14-20 กับไขมันในนมประมาณร้อยละ 80 ความสามารถในการดูดซึมและความสามารถในการกลมกลืนของเนย มีส่วนช่วยให้คุกกี้มีความชุ่มฉ่ำ

2.6.4 ไข่ไก่

ไข่ไก่จะช่วยให้เกิดโครงสร้างของคุกกี้ ช่วยปรับปรุงสี กลิ่นรส และช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยไข่ขาวจะทำให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และเมื่อตีให้ขึ้นฟูจะสามารถกักเก็บอากาศได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้โปร่งฟู ส่วนไข่แดงจะเป็นตัวให้สี กลิ่นรส และความนุ่ม (จากไขมันในไข่แดง) นอกจากนี้ lecithin ในไข่แดงยังทำหน้าที่เป็น emulsifier ช่วยทำให้ส่วนผสมรวมตัวกันได้ดี

2.6.5 ผงฟู

เป็นสารที่ทำให้เกิดการขึ้นฟู (leavening agent) จะทำหน้าที่ควบคุมการแผ่ขยาย หรือขนาดของคุกกี้ ให้มีปริมาตรและการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น เป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิดรวมกัน ประกอบด้วย โซเดียมไบคาร์บอเนต ประมาณ 30% รวมกับเกลือของกรด เช่น โพแทสเซียมไบทาร์เทรต และสตาร์ชข้าวโพด เพื่อไม่ให้ผงฟูเกาะกันเป็นก้อน ผงฟูแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบเกิดปฏิกิริยาเร็ว หรือเกิดปฏิกิริยาครั้งเดียว จะเกิดก๊าซอย่างรวดเร็วในขณะผสม ถ้าทิ้งส่วนผสมไว้นาน ก๊าซอาจจะหนีออกจากส่วนผสมก่อนที่จะนำเข้าอบ มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูไม่ดีนัก ส่วนผงฟูแบบที่ 2 คือ แบบเกิดปฏิกิริยาซ้ำ หรือ เกิดปฏิกิริยาสองครั้ง จะมีก๊าซเกิดขึ้นสองครั้ง ครั้งแรกในขั้นผสม และอีกครั้งในขั้นอบ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นดีกว่า จึงนิยมใช้มากกว่า

2.6.6 วานิลลา

วานิลลาเป็นเครื่องเทศที่สำคัญสำหรับการทำขนมอบต่างๆ เป็นสารที่จะช่วยเพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ มีทั้งชนิดที่เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ และสารสังเคราะห์ นิยมเติมสารให้กลิ่นรสไปพร้อมกับไขมันในขั้นตอนการตีครีม สารให้กลิ่นรสจะถูกดูดซึมกระจายได้ดีและไม่ระเหยง่าย นอกจากนี้กลิ่นวานิลลาจะช่วยกำจัดกลิ่นคาวของไข่ไก่ได้อีกด้วย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย (Materials and methods)

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

1. เนื้อในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้ว

เมล็ดมะม่วงสุก พันธุ์แก้ว ที่เหลือจากการนำไปผลิตมะม่วงกวน ผลิตโดย สวนเนรัญชลา จ.ฉะเชิงเทรา

2. ไข่ไก่

ไข่ไก่อนามัย เบอร์ 0 ตรา เบทาโกร

3. ผงฟู

ผงฟูสูตรดับเบิ้ลแอ็คติง ตรา เบสท์ฟู้ดส์ วัตถุเจือปนอาหาร และเป็นสูตรที่สามารถควบคุมการปล่อยแก๊ส

4. น้ำตาลเบเกอรี

น้ำตาลเบเกอรี ตรา ลิน เกล็ดเล็กละเอียด ปราศจากสารฟอกขาว

5. เนยเค็ม

เนยแท้ชนิดเค็ม ตรา Allowrie ไม่มีส่วนผสมของไขมันพืชและวัตถุกันเสีย เหมาะสำหรับทาบนขนมปัง ทำอาหารหรือเบเกอรีต่างๆ

6. กลิ่นวานิลลา

เอ็กซ์แทรคกลิ่นวานิลลาสกัดบริสุทธิ์ ตรา Mc Cormick สกัดจากฝักวานิลลาแท้ มีส่วนผสมจากกลิ่นสกัดจากฝักวานิลลา 75% และแอลกอฮอล์ 20%

7. แป้งสาลีอเนกประสงค์

แป้งข้าวสาลีที่ทำมาจากข้าวสาลีชนิดหนัก-เบาผสมกัน มีปริมาณโปรตีนปานกลางประมาณ 10-11% ตราว่าว จัดจำหน่ายโดย บริษัทยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด

3.1.2 สารเคมี

1. 99% Ethyl alcohol (EtOH)
2. Tannic acid
3. Folin-Ciocalteu reagent
4. Ferric Chloride ($FeCl_3$)
5. Sodium Carbonate (Na_2CO_3)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง
2. เตาอบ (Hot oven)
3. เครื่องบด (Blender)
4. เครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum evaporator)
5. เครื่องทำแห้งแบบลมร้อน (Pneumatic drier)
6. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drier)
7. เครื่อง Centrifuge
8. เครื่อง Homogenizer
9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer)
10. เครื่องวัด Texture (Texture Analyzer TA-XT2i)
11. เครื่องวัด Water activity (Water activity meter AquaLab Model : Series3 TE, USA)
12. เครื่อง Moisture analyzer (Moisture analyzer HB43-S)
13. เครื่องวัดสีระบบ CIE- L*a*b* (Spectrophotometer Konica Minolta CM-600d)
14. เครื่องวัดพฤติกรรมทางความหนืด (Rapid Visco Analyzer)
15. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.2.2 อุปกรณ์

1. ตะแกรงขนาด 100 mesh
2. โถผสมแป้ง

3. เครื่องปั่น
4. บีกเกอร์ 250 ml
5. บีกเกอร์ 500 ml
6. กระบอกตวง 10 ml
7. กระบอกตวง 100 ml
8. ขวด Centrifuge 85 ml
9. ขวด Centrifuge 250 ml
10. ขวดรูปชมพู่ 500 ml
11. ขวดก้นกลม
12. ขวดวัดปริมาตร 250 ml
13. Cuvette
14. ถาดสเตนเลส
15. ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
16. ไม้บรรทัด

3.3 รายละเอียดการดำเนินการ

3.3.1 การเตรียมแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

3.3.1.1 การเตรียมแป้ง (ดัดแปลงจาก Das et al., 2019)

ทำความสะอาดเมล็ดด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก นำเมล็ดมาลวกเพื่อให้เปลือกด้านนอกนิ่มและแกะเอาเมล็ดด้านในออกมาได้ง่าย แล้วชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักเริ่มต้น) หั่นเป็นชิ้นเล็ก จากนั้นทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่ 60-65℃ เป็นเวลา 15 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ได้มาบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (น้ำหนักสุดท้าย) เพื่อนำมาคำนวณผลิตผลที่ได้ เก็บแป้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และซีลถุงสุญญากาศ รอการนำไปสกัดแทนนินที่มีผลต่อรสชาติและสี จากนั้นนำไปวัดค่า a_w และ %Moisture content ของแป้งที่ได้

3.3.1.2 การสกัดสารสกัดหยาบออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ชั่งแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง 15 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จากนั้นเติมตัวทำละลาย Ethanol โดยแปรความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 0% 25% 50% 75% และ 90%โดยปริมาตร ลงไป 120 ml จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 250 รอบต่อนาทีในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลานำมากรองสุญญากาศโดยกระดาษกรอง Whatman no.1 เพื่อแยกส่วนใสด้านบนและส่วนตะกอนด้านล่างออกจากกัน

ส่วนใสนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่ 45°C เพื่อนำสารที่สกัดได้ไปวัดความเข้มข้นด้วยวิธี Spectrophotometry ในขณะที่ส่วนแป้งด้านล่าง จะนำไปชั่งน้ำหนักและทำแห้งอีกครั้งด้วยการทำแห้งแบบลมร้อนและการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารประกอบฟีนอลิกออกจากแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

Treatment	Conc. Solvent
T1	0% EtOH
T2	25% EtOH
T3	50% EtOH
T4	75% EtOH
T5	90% EtOH

3.3.1.3 การตรวจสอบแทนนิน (อินทิรา ขูดแก้ว และคณะ, 2561)

นำสารสกัดหยาบจากแป้งเมล็ดมะม่วงมา 0.2 กรัม ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มเป็นเวลา 2 นาที กรองน้ำออก นำสารละลายที่กรองได้มาหยด 1% $FeCl_3$ จำนวน 2-3 หยด หากปรากฏสีเขียวดำหรือสีน้ำเงินดำแสดงว่ามีแทนนิน

3.3.1.4 การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแทนนิค

เตรียมสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐาน ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.05-0.35 g/L จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้มาความเข้มข้นละ 0.6 ml ลงในหลอดทดลอง และเติม Folin-Ciocalteu reagent 3 ml เขย่าผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม 7%(w/v) Na_2CO_3 2.4 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 25 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของกรดแทนนิคเพื่อใช้สำหรับการหาความเข้มข้นของแทนนินจากสารที่สกัดได้

3.3.1.5 การหาปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

จากการสกัดแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอล ที่ความเข้มข้นต่างๆ นำส่วนใสที่ได้หลังจากระเหยตัวทำละลายออกแล้ว มาเตรียม serial dilution 10^{-2} จากนั้นนำ dilution ของสารสกัดมา 0.6 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteu reagent 3 ml เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายสีเขียวเข้ม ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม 7%(w/v) Na_2CO_3 2.4 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 25 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 760 nm โดยใช้ blank เป็นน้ำกลั่น และนำค่าการดูดกลืนไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณแทนนินที่สกัดได้

3.3.1.6 การหาผลิตผลของแป้งที่ผ่านการสกัดแทนนินจากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี

แป้งที่ผ่านการสกัดแทนนินออกด้วยสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ จะนำมาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักเริ่มต้น) จากนั้นจึงนำแป้งไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน เป็นเวลา 15 ชั่วโมง หรือนำไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) เป็นเวลา 15 ชั่วโมง แป้งที่ได้จะนำมาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักสุดท้าย) เพื่อนำมาคำนวณผลิตผลในการผลิตแป้งที่ผ่านการสกัดแทนนิน และนำไปวัดค่า a_w และ %Moisture content เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี

3.3.2 การศึกษาสมบัติของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

3.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าสี CIE L*a*b* (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-1)

3.3.2.2 การหาความหนาแน่นรวม (Bulk density) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-2)

3.3.2.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water binding capacity) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-3)

3.3.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-4)

3.3.2.5 ความสามารถในการพองตัว (Swelling index) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-5)

3.3.2.6 ความสามารถในการละลาย (Solubility index) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-6)

3.3.2.7 ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-7)

3.3.2.8 การวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-8)

3.3.2.9 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-10)

3.3.3 การทำคุกกี้

ตารางที่ 2 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์คุกกี้

ส่วนผสม	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (กรัม)
MKF	40.27	43.36
น้ำตาล	18.95	20.4
เนย	27.87	30
ผงฟู	1.39	1.5
ไข่ไก่	6.50	7
กลิ่นวานิลลา	5.02	5.4

เตรียมส่วนผสมตาม ตารางที่ 2 นำเนยสดกับน้ำตาลมาตีให้ตั้งยอด ใส่ไข่ไก่ทีละน้อย และใส่กลิ่นวนิลาแล้วตีต่อจนเข้ากัน จากค่อยๆใส่แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง (MKF) และผงฟู ตีจนทุกอย่างเข้ากันดี ใช้ช้อนตักเป็นก้อนกลมลงใส่ถาด วอร์มเตาอบรอไว้ที่ 170°C เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ไฟบน-ล่าง พัดลม นำถาดคุกกี้เข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 170°C เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาเอาถาดคุกกี้ออกมา พักไว้บนตะแกรงจนเย็น

3.3.3.1 การวิเคราะห์ค่าสี CIE L*a*b* (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-1)

3.3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-9)

3.3.3.3 การวัดอัตราการแผ่ขยายของคุกกี้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-11)

3.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง3ซ้ำ ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ IBM SPSS Statistics 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การเตรียมแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

4.1.1 ปริมาณผลผลิตของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

จากการนำเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วมาล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปต้ม เพื่อให้เปลือกด้านนอกนิ่มและแกะเอาเนื้อในเมล็ดออกมาได้ง่าย เมื่อได้เนื้อในเมล็ดมะม่วงแล้วก็นำไปบดให้ละเอียดและทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดที่ได้มาบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100mesh จากนั้นชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณผลิตผล แล้วนำมาวัดค่า a_w และ ค่า %Moisture content ได้ผลตามตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่า a_w ไม่เกิน0.6 สำหรับอาหารแห้ง และความชื้นได้ร้อยละ 6.09 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแป้งสาลีที่กำหนดไว้ว่าต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ14 (มอก., 2524)

ตารางที่ 3 ปริมาณผลิตผลของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

%Yield	Water activity (a_w)	%Moisture content
36.44±1.26	0.309±1.44	6.09±0.09

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2 ผลของการสกัดสารสกัดหยาบออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ในการแยกสารสกัดที่ต้องการแยกออกจากส่วนต่างๆของพืชนั้น ต้องใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมในการสกัดสารแต่ละชนิดเพราะสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถละลายในตัวทำละลายต่างกันและละลายได้ในปริมาณต่างกัน โดยหลักสำคัญในการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมนั้น ตัวทำละลายต้องละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี ควรมีราคาถูกและหาได้ง่าย โดยสารแทนนินเป็นสารที่สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และอะซิโตน ซึ่งตัวทำละลายที่สกัดแทนนินได้นั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแทนนินด้วย ปาริชาติ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อนทั้งเปลือกส่วนนอกและเปลือกส่วนใน โดยทำการสกัดตัวอย่างเปลือกมะพร้าวอ่อน อัตราส่วนเปลือกมะพร้าวต่อเอทานอลในอัตรา 1 : 6 โดยปริมาตร ทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 10, 25, 50, 75, และ 95 ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ผ่านการกรองมาทำการระเหยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง พบว่าสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 มีปริมาณแทนนินเฉลี่ยที่สกัดได้สูงสุดคือ 104.03 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณสารแทนนินที่ได้มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปปรับใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้กมลชนก และ ปนัดดา (2557) ได้สกัดสาร

แทนนินจากใบมันสำปะหลังพบว่า การสกัดด้วยอะซิโตนกับน้ำร้อยละ 80 อัตราส่วน 1 : 20 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุดคือ 644.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการสกัดด้วยเอทานอลกับน้ำร้อยละ 80 อัตราส่วน อัตราส่วน 1 : 20 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุดคือ 359.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการสกัดด้วยน้ำกับตัวอย่างใน อัตราส่วน 1 : 10 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ได้ปริมาณสารแทนนินสูงที่สุดคือ 236.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เนื่องจากการใช้อะซิโตนในการสกัดมีความเสี่ยงต่อมนุษย์และอะซิโตนเป็นสารอันตรายไม่เหมาะแก่การนำสารสกัดมาใช้จริง งานวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกเอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายเท่านั้น

จากการสกัดสารสกัดหยาบจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง 15 กรัม ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 90% โดยปริมาตร ที่สัดส่วน 1 : 8 (แป้ง : เอทานอล) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่ 45℃ แล้วได้ปริมาณสารสกัดหยาบแตกต่างกันดังตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของเอทานอลมากขึ้น จะได้ปริมาณสารสกัดหยาบเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4 ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	สารสกัดหยาบ (ml)
T1 (0% EtOH)	24.17^{e}±1.91
T2 (25% EtOH)	37.47^{d}±0.60
T3 (50% EtOH)	66.13^{c}±2.27
T4 (75% EtOH)	76.40^{b}±3.61
T5 (90% EtOH)	81.30^{a}±2.52

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.3 ผลการตรวจสอบแทนนิน

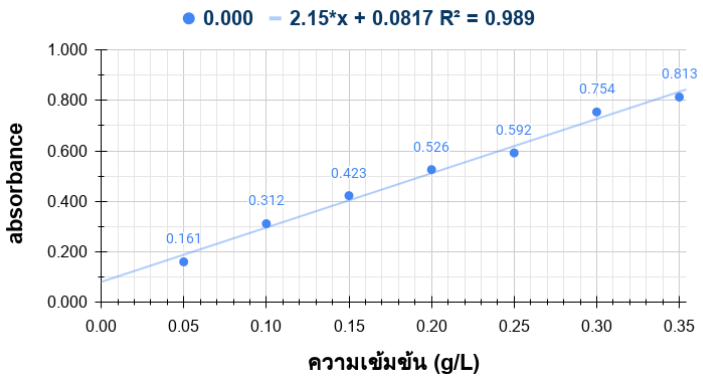
จากการทดลองหยด 1 % $FeCl_3$ จำนวน 2-3 หยด ลงบนสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าสารสกัดหยาบทุกตัวอย่าง ปรากฏเป็นสีเขียวดำเข้ม นั่นแสดงว่าทุกตัวอย่างที่ทดสอบมีแทนนิน เนื่องจากแทนนินสามารถเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันกับเหล็ก ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนเหล็กแทนเนท ซึ่งมีสีเขียว โดยปฏิกิริยานี้สามารถพบได้ในอาหารหลายชนิด เช่น ชา กาแฟ

4.1.4 กราฟมาตรฐานกรดแทนนิค

กราฟมาตรฐานกรดแทนนิคสร้างมาจากสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐาน ช่วงความเข้มข้น 0.05-0.35 กรัมต่อลิตร ทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent และ 7%(w/v) Na_2CO_3 จะได้สารละลายสีเขียว แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ซึ่งกราฟมาตรฐานนี้จะแสดงค่าระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของกรดแทนนิค เพื่อใช้สำหรับการหาความเข้มข้นของแทนนินจากสารที่สกัดได้จากตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 760 nm

Tannin (g/L)	Absorbance
0.05	0.161
0.1	0.312
0.15	0.423
0.20	0.526
0.25	0.592
0.3	0.754
0.35	0.813



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแทนนิคช่วงความเข้มข้น 0.05-0.35 กรัมต่อลิตร ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm

4.1.5 ปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

จากสมการ y = 2.15x+0.0817 ที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานสารละลายกรดแทนนิค นำมาคำนวณหาปริมาณแทนนินที่สกัดจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆได้ดังตารางที่ 6 นี้ โดยค่า y มาจากค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละสารสกัด และค่า x คือปริมาณความเข้มข้นของแทนนินในสารสกัด (g/L) แล้วนำค่าที่ได้มาคูณกลับ dilution factor = 10^2 และเทียบกลับจากปริมาณสารสกัดหยาบ 20 ml แล้วคิดปริมาณแทนนิน (mg) เทียบต่อกรัมแป้งโดยคิดจากแป้งเริ่มต้น 15 g

ตารางที่ 6 ปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Absorbance	Tannin (mg tannin/1g flour)
T1 (0% EtOH)	0.092^{c}±0.028	43.09^{c}±6.91
T2 (25% EtOH)	0.255^{b}±0.014	83.44^{b}±3.55
T3 (50% EtOH)	0.282^{ab}±0.021	90.30^{ab}±5.26
T4 (75% EtOH)	0.310^{a}±0.036	97.17^{a}±8.95
T5 (90% EtOH)	0.241^{b}±0.013	80.05^{b}±3.11

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการสกัดแทนนินจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ทำการสกัดโดยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 90% โดยปริมาตร ที่สัดส่วน1:8 (แป้ง:เอทานอล) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในการตรวจสอบหาปริมาณแทนนินที่ใช้สารละลาย folin-ciocalteu reagent นั้น อาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่ phenolic hydroxyl โดยหมู่ฟีนอลิกจะไปรีดิวซ์ phosphotunstomolydic acid เกิดเป็นสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินเขียว และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และนำมาคำนวณหาปริมาณแทนนินในแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแทนนิค (ปาริชาติ และคณะ, 2561) พบว่าปริมาณสารแทนนินเฉลี่ยในแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 43.09 ถึง 97.17 มิลลิกรัมแทนนินต่อ 1 กรัมแป้ง ดังตารางที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากแป้งด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างกันมีปริมาณแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าซึ่งที่เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดแทนนินออกได้มากที่สุดที่อุณหภูมิห้องที่อัตราส่วนแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงต่อเอทานอล 1 : 8 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อัญมณี (2540) ที่ศึกษาการสารสกัดแทนนินจากเปลือกลูกตาลโดยวิธีการสกัดด้วยน้ำและสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสในอัตราส่วน

เปลือก ลูกตาลต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 10 ระยะเวลา 1 ชั่วโมง สามารถสกัดสารแทนนินได้ร้อยละ 26.64 ของเปลือกลูกตาลสด เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยน้ำเป็นตัวทำละลายอย่างเดียว สามารถสกัดสารแทนนินได้เพียงร้อยละ 22.57 ของเปลือกลูกตาลสด ทั้งนี้ในการสกัดสารแทนนินในพืชชนิดเดียวกันในแต่ละครั้งก็อาจทำให้ปริมาณสารแทนนินที่ได้มีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นทุกขั้นตอนในการสกัดมีความสำคัญเพราะเป็นปัจจัยที่แปรผันตรงกับปริมาณสารสกัดที่ได้และยังต้องพิจารณาสมบัติอื่นๆของแป้งในการเลือกนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ต่อไป

4.1.6 ปริมาณผลิตผลของแป้งที่ผ่านการสกัดแทนนินจากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี

จากผลการทดลองจากตารางที่ 7 จะเห็นว่าการทำแห้งแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงแบบตู้อบลมร้อนจะให้ผลิตผลที่มากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แต่แป้งที่ได้จะมีปริมาณน้ำอิสระ (water activity) และปริมาณความชื้น (moisture content) ที่มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำที่สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้น้ำในแป้งสามารถระเหิดออกไปได้ในปริมาณที่มากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน จึงทำให้แป้งที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นที่น้อยกว่าแป้งที่ทำแห้งด้วยลมร้อน แต่ทั้งนี้การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณผลิตผลของแป้งที่ผ่านการสกัดแทนนินแล้วทำแห้งทั้ง 2 วิธี

Treatment	Dryer	%Yield	Water activity (a_w)	%Moisture content
T1 (0% EtOH)	Tray dryer	87.04^{ab}±2.44	0.366^{a}±0.06	5.16^{a}±0.17
	Freeze dryer	78.43^{cd}±4.72	0.109^{d}±0.05	3.43^{ab}±1.82
T2 (25% EtOH)	Tray dryer	82.67^{bc}±2.39	0.319^{ab}±0.10	5.19^{a}±1.71
	Freeze dryer	73.87^{d}±2.74	0.187^{cd}±0.10	4.24^{ab}±1.46
T3 (50% EtOH)	Tray dryer	80.73^{bcd}±1.47	0.273^{abc}±0.06	5.28^{a}±1.39
	Freeze dryer	74.28^{d}±6.82	0.129^{d}±0.05	3.19^{b}±0.01
T4 (75% EtOH)	Tray dryer	86.70^{ab}±2.64	0.214^{bcd}±0.08	4.15^{ab}±1.57
	Freeze dryer	77.98^{cd}±5.62	0.158^{d}±0.07	3.23^{b}±1.44
T5 (90% EtOH)	Tray dryer	91.74^{a}±0.25	0.317^{ab}±0.12	5.30^{a}±1.99
	Freeze dryer	79.12^{cd}±14.22	0.193^{cd}±0.10	2.96^{b}±0.88

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลของการศึกษาสมบัติของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี CIE L*a*b* และดัชนีความขาว (WI)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งสาลีอเนกประสงค์และแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง 2 กระบวนการทำแห้ง พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีค่ามากกว่าแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อน แต่ที่เอทานอลความเข้มข้น 90% แป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน และแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากกว่าแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อน ส่วนแป้งสาลีมีค่าความเป็นสีแดง (a*) ติดลบ นั่นคือค่อนไปทางสีเขียว และยิ่งไปกว่านั้น ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าน้อยที่สุดอีกด้วย ในทางกลับกันแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากที่สุด ทั้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง ในส่วนของดัชนีความขาว (WI) จะพบว่าแป้งสาลีมีค่ามากที่สุด ตามด้วยแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 25% แล้วทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าค่าดัชนีความขาว (WI) ของแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลในทุกความเข้มข้นแล้วทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นจะมีค่ามากกว่าแป้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำแห้งด้วยลมร้อน มีการใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง ซึ่งแป้งมีส่วนประกอบของน้ำตาล และเมื่อโดนความร้อนสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นได้ จึงทำให้แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงทุกความเข้มข้นที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนมีสีที่เข้มกว่าแป้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* และดัชนีความขาว (WI) แป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี

Treatment		L*	a*	b*	WI
Wheat flour		$93.30^{a}\pm0.07^{a}$	$-0.46^{j}\pm0.02$	$5.90^{k}\pm0.06$	$91.06^{a}\pm0.08$
Mango kernel flour		$75.72^{e}\pm0.03^{e}$	$3.96^{f}\pm0.01$	$10.03^{f}\pm0.01$	$73.43^{e}\pm0.03$
0% EtOH	Tray dryer	$71.23^{i}\pm0.00$	$4.99^{c}\pm0.02$	$10.34^{e}\pm0.01$	$69.02^{h}\pm0.05$
	Freeze dryer	$76.39^{d}\pm0.71$	$3.84^{g}\pm0.04$	$8.90^{h}\pm0.04$	$74.48^{d}\pm0.64$
25% EtOH	Tray dryer	$69.63^{k}\pm0.01$	$5.56^{a}\pm0.01$	$10.94^{b}\pm0.01$	$67.25^{j}\pm0.01$
	Freeze dryer	$84.16^{b}\pm0.01$	$2.91^{i}\pm0.02$	$6.72^{j}\pm0.01$	$82.55^{b}\pm0.00$
50% EtOH	Tray dryer	$71.58^{hi}\pm0.01$	$5.58^{a}\pm0.02$	$10.40^{d}\pm0.02$	$69.23^{h}\pm0.00$
	Freeze dryer	$80.73^{c}\pm0.13$	$3.40^{h}\pm0.02$	$7.01^{i}\pm0.01$	$79.21^{c}\pm0.12$

Treatment		L*	a*	b*	WI
75% EtOH	Tray dryer	72.18^{g}±5.08	5.08^{b}±0.02	10.86^{c}±0.05	69.30^{g}±0.02
	Freeze dryer	74.77^{f}±0.01	4.94^{d}±0.01	9.52^{g}±0.02	72.58^{f}±0.01
90% EtOH	Tray dryer	71.80^{h}±0.02	4.98^{c}±0.02	11.07^{a}±0.01	65.98^{h}±0.02
	Freeze dryer	70.47^{j}±0.06	4.90^{e}±0.01	11.08^{a}±0.01	68.08^{i}±0.06

หมายเหตุ: WI (Whiteness index) คำนวณจากสูตร $WI = 100 - ([100-L]^2 + a^2 + b^2)^{1/2}$

ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นหนึ่งในสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของแป้งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้แป้งในการทำคุกกี้โดยจากการทดลองพบว่าแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% แล้วทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากที่สุด และแป้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าการทำแห้งแบบอบลมร้อนในทุกๆความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้สกัด ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความหนาแน่นรวมของแป้งที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้อนุภาคของแป้งมีขนาดเล็กมาก มีน้ำหนักเบากว่า รวมทั้งแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งยังคงมีหมู่ hydroxyl หลงเหลืออยู่ในอนุภาคมากกว่าเนื่องจากไม่มีการผ่านความร้อนและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้น (Maillard reaction) แป้งที่ผ่านทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงสามารถไปเกาะและรวมตัวกับน้ำได้ดีกว่า นอกจากนี้แป้งเมล็ดมะม่วงมีความสามารถในการอุ้มน้ำโดยเฉลี่ยสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื่องจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีปริมาณเส้นใยมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ (Das et al., 2019) ซึ่งเป็นผลมาจากหมู่ hydroxyl ในโครงสร้างเส้นใยที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้น จึงมีส่วนช่วยให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำให้กับแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง (Varastegani, 2015)

4.2.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil binding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เป็นสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมเบเกอรี เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำมันมีส่วนสำคัญในด้านการปรับปรุงอายุการเก็บรักษาและด้านรสชาติ นอกจากนี้ยังช่วยคงรสชาติและความรู้สึกภายในปากได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่าแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 25% แล้วทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงสุด ส่วนแป้งที่ผ่านการทำแห้งด้วย

ลมร้อนที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงสุดจะเป็นแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงแป้งสาลีอเนกประสงค์มากที่สุด สำหรับแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ความเข้มข้นอื่นๆ มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันโดยเฉลี่ยได้น้อยกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ซึ่งเป็นผลมาจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ (Das et al., 2019) ซึ่งมีหมู่ที่เป็น non-polar และ polar ในโครงสร้างโปรตีนต่างกัน จึงส่งผลให้แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันโดยเฉลี่ยได้น้อยกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ (Suriya, 2017)

4.2.4 ความสามารถในการพองตัว (Swelling index)

เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและอะไมโลสบางส่วนของแป้งจะละลายออกมามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ ซึ่งความสามารถในการพองตัวของแป้งจะเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของแป้งที่เพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) จากการศึกษาความสามารถในการพองตัวของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงต่อความเข้มข้นต่างๆในการสกัดแทนนิน พบว่าความเข้มข้นของเอทานอลที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสามารถในการพองตัวของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง แต่แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆมีความสามารถในการพองตัวมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื่องจากกำลังการพองตัวของแป้งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับกับน้ำของโมเลกุลแป้งโดยพันธะไฮโดรเจน ปริมาณโปรตีนในแป้งต่ำจะทำให้กำลังการพองตัวสูง (Aprianita et al., 2009) ซึ่งแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงเป็นแป้งปราศจากกลูเตน โดยกลูเตนนั้นเป็นไกลโคโปรตีนชนิดหนึ่งที่พบในส่วนที่เป็นเอ็นโดสเปิร์มของธัญพืชบางชนิด เช่น ข้าวสาลี เกิดจากการรวมตัวกันของโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดินโดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น จึงทำให้แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีการพองตัวสูงกว่า ซึ่งในขณะที่วิธีการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการพองตัวของแป้ง เนื้อในเมล็ดมะม่วงอีกด้วย โดยแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งแบบอบลมร้อนจะมีความสามารถในการพองตัวมากกว่าแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่เอทานอลความเข้มข้น 0% 25% 50% 75% แต่แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% แล้วทำแห้งด้วยลมร้อนมีความสามารถในการพองตัวน้อยกว่าแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ความเข้มข้นเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้นี้ไม่เป็นไปตามงานวิจัยต่างๆที่มีการทดสอบความสามารถในการพองตัวของแป้งเมล็ดมะม่วงเปรียบเทียบกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ (Das et al., 2019) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านกระบวนการเตรียมแป้งที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน จึงคาดว่าแป้งที่ใช้เป็นแป้งที่เกิด Retrogradation แล้ว จึงทำให้แป้งมีการพองตัวไปเต็มที่แล้วจึงทำให้ค่าการพองตัวของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงในงานวิจัยนี้มีความสามารถในการพองตัวที่มากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์

4.2.5 ความสามารถในการละลาย (Solubility index)

ความสามารถในการละลายของแป้งจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายแป้งที่สามารถละลายได้ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายคือชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) จากการทดลองพบว่าแป้งสาลีมีความสามารถในการละลายน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะแป้งสาลีอเนกประสงค์มีปริมาณอะไมโลสสูง อะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น อีกทั้งแป้งสาลีมีส่วนประกอบของโปรตีนชนิดกลูเตนินและไกลอะดินที่รวมตัวกันเป็นกลูเตนซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นและไม่ละลายน้ำ ส่วนแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 75% มีความสามารถในการละลายมากที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆที่วิธีการทำแห้งแบบเดียวกัน นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อดัชนีการละลาย เช่น สายพันธุ์ ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม อายุการเก็บเกี่ยวของพืช เป็นต้น (Aryee et al., 2006)

4.2.6 การหาความหนาแน่นรวม (Bulk density)

จากการทดลองพบว่าแป้งที่ผ่านการทำแห้งแบบอบลมร้อนมีความหนาแน่นรวมมากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลที่ใช้สกัด โดยแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 75% แล้วทำแห้งแบบอบลมร้อนมีความหนาแน่นรวมมากที่สุด เนื่องมากจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้แป้งมีความชื้นต่ำมาก อนุภาคของแป้งมีขนาดเล็กมาก มีน้ำหนักเบากว่า ซึ่งในการทดลองเมื่อกำหนดที่ปริมาตรเดียวกันทำให้แป้งที่ผ่านการทำแห้งแบบอบลมร้อนมีน้ำหนักมวลมากกว่า จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวมมีค่ามากกว่าแป้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 9 ผลของการศึกษาสมบัติของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

Treatment		Water holding capacity (%)	Oil binding capacity (%)	Swelling index	Solubility index	Bulk density
Wheat flour		3.81^{c}±0.58	3.07^{ab}±0.47	3.50^{e}±0.80	10.65^{b}±0.19	0.494^{d}±0.007
Mango kernel flour		4.29^{bc}±0.34	3.08^{ab}±0.22	4.55^{cd}±0.30	12.75^{a}±1.11	0.563^{c}±0.011
0%EtOH	Tray dryer	5.05^{b}±0.63	2.84^{b}±0.06	6.20^{a}±0.25	12.08^{ab}±1.35	0.603^{b}±0.012
	Freeze dryer	5.10^{b}±0.55	3.28^{ab}±0.31	4.15^{de}±0.18	12.88^{ab}±1.44	0.351^{h}±0.006
25%EtOH	Tray dryer	3.51^{c}±0.74	2.59^{b}±0.25	6.26^{a}±0.32	12.61^{ab}±0.99	0.574^{c}±0.014
	Freeze dryer	7.82^{a}±0.26	3.61^{a}±0.46	5.71^{ab}±0.11	11.98^{ab}±2.72	0.434^{f}±0.004
50%EtOH	Tray dryer	3.60^{c}±0.33	3.21^{ab}±0.79	6.20^{a}±0.43	13.57^{a}±0.93	0.607^{ab}±0.023
	Freeze dryer	8.02^{a}±0.29	3.16^{ab}±0.13	5.61^{ab}±0.16	13.48^{ab}±0.60	0.470^{e}±0.009
75%EtOH	Tray dryer	4.27^{bc}±1.56	2.90^{ab}±0.53	6.03^{a}±0.19	14.44^{a}±0.30	0.624^{a}±0.011
	Freeze dryer	8.50^{a}±0.12	3.25^{ab}±0.33	5.55^{ab}±0.46	12.51^{ab}±0.85	0.401^{g}±0.004
90%EtOH	Tray dryer	3.14^{c}±0.87	2.82^{b}±0.03	4.62^{cd}±0.87	12.85^{ab}±0.76	0.571^{c}±0.008
	Freeze dryer	8.98^{a}±1.05	3.01^{ab}±0.38	5.09^{bc}±0.13	12.45^{ab}±0.84	0.473^{e}±0.006

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.7 ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity)

จากการทดลองเมื่อนำสารละลายแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 0% 25% 50% 75% ไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer พบว่าไม่มีหยดน้ำมันลอยอยู่บนผิวหน้าของสารละลาย ในขณะที่แป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% มีหยดน้ำมันลอยอยู่บนผิวหน้าของสารละลาย จากการสังเกตการแยกชั้นของน้ำและน้ำมันในสารละลายแป้งเมล็ดมะม่วงพบว่าแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 50% และ 75% สามารถคงตัวของชั้นน้ำและน้ำมันได้นานถึง 6 นาที ซึ่งเป็นเวลานานที่สุดก่อนจะเริ่มแยกชั้นกันอย่างชัดเจน นั่นคือมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้ดีที่สุดซึ่งจะส่งผลดีต่อความคงตัวในผลิตภัณฑ์คุกกี้ แต่ที่เอทานอลความเข้มข้นอื่นๆ มีการแยกชั้นของน้ำและน้ำมันอย่างชัดเจน ภายใน 3 นาทีแรก โดยเฉพาะแป้งสาลีจะเกิดการแยกชั้นกันเร็วที่สุด ตั้งแต่เริ่มเทลงกระบอกตวง ซึ่งเป็นการไม่คงตัวของอิมัลชันอาจเกิดจากการรวมตัวกันหรือจับกลุ่มกัน

ของวัฏภาคภายใน ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สารแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้อาจทำได้ด้วยลดแรงตึงผิวของของเหลวทั้งสองส่วนโดยการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ซึ่งในโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophillic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยจะหันส่วนที่ชอบน้ำเข้าหาน้ำ และหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหาน้ำมัน เกิดเป็นฟิล์มหุ้มส่วนที่เป็นวัฏภาคภายในไว้

4.2.8 ผลการการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ค่าความหนืดของแป้งที่วัดด้วยเครื่อง RVA นั้นสามารถบอกได้ถึงความหนืดของตัวอย่างที่เปลี่ยนไปซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนและแรงเฉือนที่ได้จากการกวนของใบพัดภายใน ผลที่ได้พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แป้งจะเกิดการพองตัว เมื่อให้ความร้อนไปเรื่อยๆ จะทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวมากขึ้นจนเกิดการพองตัวสูงสุด และจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการแตกออกทำให้โมเลกุลของแป้งเล็กลงจึงทำให้ความหนืดของแป้งลดลงเรื่องๆจนได้ความต่างของความหนืดสูงสุดหรือต่ำสุด ที่จะแสดงถึงความสามารถในการทนความร้อนของเม็ดแป้ง หมายความได้ว่าถ้าค่าความหนืดต่ำสุดมีค่าสูงแสดงว่าตัวอย่างแป้งมีความทนต่อความร้อนได้ดี จากการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพบว่าแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% มีค่า peak viscosity และ final viscosity สูงที่สุดจากทุกความเข้มข้นที่การทำแห้งแบบเดียวกัน แต่ยังมีค่าน้อยกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมี pasting temperature สูงกว่าแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีสาเหตุมาจากแป้งเมล็ดมะม่วงมีปริมาณอะไมโลสและไขมันที่มากกว่าแป้งสาลี จึงเกิด amylo-lipid complex ทำให้เมล็ดสตาร์ชแข็งแรงมากยิ่งขึ้น จึงเกิดความหนืดที่อุณหภูมิสูงกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ นอกจากนี้แป้งสาลียังมีค่า breakdown และ setback มากที่สุด ซึ่งแสดงถึงการทนต่อความร้อนได้ต่ำที่สุดและมีความสามารถในการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งได้มากที่สุด ส่วนแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีค่า breakdown ค่อนข้างต่ำ ยิ่งมีค่าติดลบนั่น แสดงถึงมีความสามารถในการทนความร้อนได้มาก และยังมีอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชัน (Pasting temperature) อยู่ในช่วง 84 – 91 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชัน (Pasting temperature) ของแป้งสาลีอเนกประสงค์ที่อยู่ประมาณ 69.5 องศาเซลเซียส

4.2.8 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของฟลาวร์ ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของฟลาวร์จากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

Treatment		Pasting viscosity (cP)					Peak time (min)	Pasting temperature (°C)
		Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback		
Wheat flour		3935^{a}±57.28	2322^{a}±9.90	1613^{a}±67.18	4342^{a}±23.33	2020^{a}±33.23	6.24^{c}±0.05	69.50^{g}±0.07
Mango kernel flour		761^{i}±19.79	769^{h}±18.38	-8^{b}±1.41	896^{j}±20.51	127^{i}±2.12	7^{a}±0.00	91.40^{a}±0.07
T1 (0% EtOH)	Tray dryer	944^{g}±17.68	951^{f}±18.38	-8^{b}±0.71	1285^{h}±60.10	334^{h}±0.71	7^{a}±0.00	88.25^{d}±0.00
	Freeze dryer	1482^{d}±20.51	1478^{c}±21.92	3^{b}±0.71	1944^{f}±39.60	434^{g}±14.85	6.67^{b}±0.00	88.93^{c}±0.04
T2 (25% EtOH)	Tray dryer	1244^{e}±60.81	1247^{d}±67.18	-3^{b}±6.36	1901^{f}±19.80	655^{f}±64.35	7^{a}±0.00	88.13^{d}±0.04
	Freeze dryer	2041^{c}±14.85	1981^{b}±11.31	37^{b}±6.36	3022^{c}±1.41	1028^{c}±9.19	6.67^{b}±0.00	84.68^{f}±0.02
T3 (50% EtOH)	Tray dryer	1490^{d}±17.68	1487^{c}±9.90	8^{b}±7.78	2445^{d}±37.48	958^{d}±27.58	7^{a}±0.00	89.73^{b}±0.04
	Freeze dryer	2382^{b}±19.09	2385^{a}±18.39	-4^{b}±0.71	3678^{b}±7.78	1289^{b}±5.66	6.93^{a}±0.00	85.70^{e}±0.00
T4 (75% EtOH)	Tray dryer	1126^{f}±0.00	1116^{e}±21.21	10^{b}±21.21	1719^{g}±19.80	603^{f}±41.01	6.80^{ab}±0.28	89.73^{b}±0.04
	Freeze dryer	1490^{d}±12.73	1496^{c}±9.90	-7^{b}±2.12	2267^{e}±19.80	753^{e}±14.14	7^{a}±0.00	88.15^{d}±0.14
T5 (90% EtOH)	Tray dryer	920^{gh}±57.98	932^{f}±60.81	-12^{b}±2.83	1283^{h}±60.10	351^{h}±0.71	7^{a}±0.00	89.85^{b}±0.07
	Freeze dryer	858^{h}±41.01	863^{g}±41.01	-4^{b}±2.12	1131^{i}±26.87	331^{h}±20.51	7^{a}±0.00	89.80^{b}±0.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

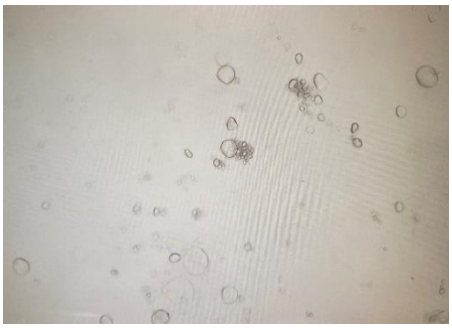
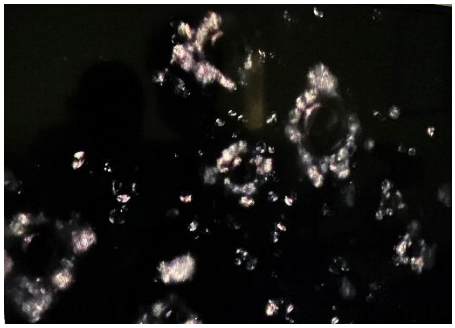
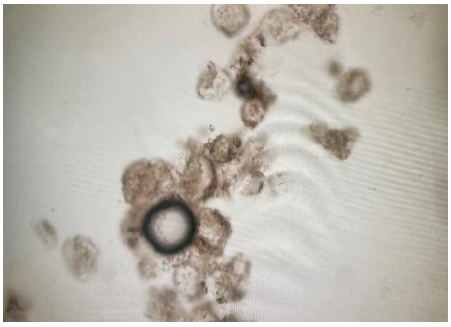
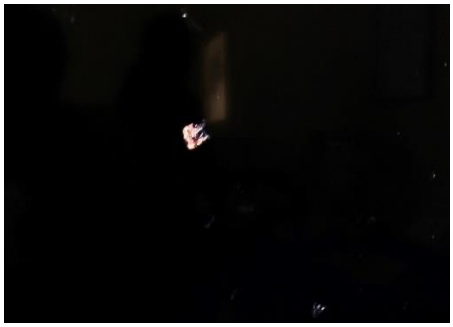
a,b,c,... แสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.9 ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

การตรวจสัณฐานวิทยาของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและแผ่นโพลาไรซ์ สามารถสังเกตเห็นกากบาท (Maltease cross) ที่แสดงถึงความเป็นผลึกของแกรนูล จากสมบัติการบิดระนาบแสง โดยเมื่อส่องภายใต้แสงปกติ สามารถศึกษาสัณฐานของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงพบว่าแกรนูลของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่กำลังขยาย 200เท่า แกรนูลของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง มีลักษณะกลมรี ไม่เป็นเหลี่ยม มีขนาดเล็กกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ และแกรนูลเกาะกลุ่มกันเป็นส่วนใหญ่ และมีบางส่วนที่กระจายทั่ว ในขณะที่แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วย 50%เอทานอล พบว่าแกรนูลของแป้งมีลักษณะกลมรี แตก ไม่เรียบเหมือนแกรนูลของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง แต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มกันของแกรนูลเป็นส่วนใหญ่เหมือนแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

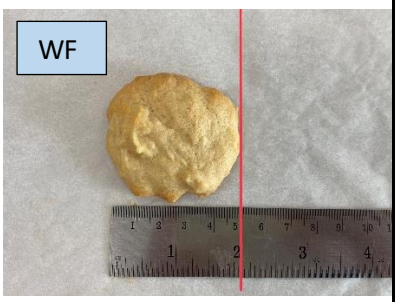
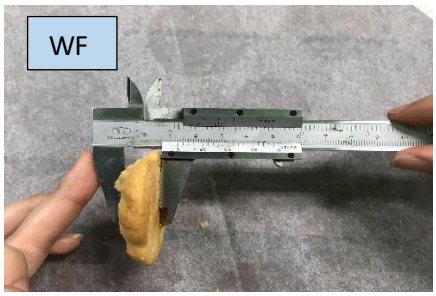
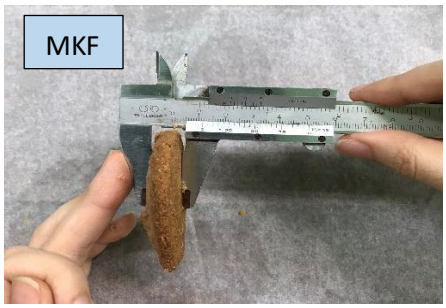
ในขณะที่ภาพถ่ายผ่านแผ่นโพลาไรซ์ จะสามารถมองเห็น Maltease cross ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างการเป็นผลึกบางส่วนในแกรนูล และบ่งบอกถึงการมีสมบัติบิดระนาบแสง (Birefringence) พบว่าภาพถ่ายผ่านแผ่นโพลาไรซ์ที่ถ่ายแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง และแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วย 50% เอทานอล ไม่สามารถมองเห็น Maltease cross ในโครงสร้างแป้งได้แล้ว เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง ได้มีการนำเมล็ดมะม่วงไปลวกในน้ำร้อน เพื่อทำให้เมล็ดมะม่วงแกะได้ง่ายขึ้น แต่ด้วยขั้นตอนนี้ทำให้แป้งสูญเสียสมบัติบิดระนาบแสง (Birefringence) ไปแล้ว จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็น Maltease cross ในภาพถ่ายของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงและแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% (50%EtOH) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่กำลังขยาย 200 เท่า

ชนิดของแป้ง	**ภาพถ่าย (แสงปกติ)**	**ภาพถ่าย (ผ่านแผ่นโพลาไรซ์)**
แป้งสาลีอเนกประสงค์		
แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง		
แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง (50%EtOH)		

4.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ตารางที่ 12 ลักษณะภายนอกของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ชนิดของแป้ง	Diameter (cm)	Height (cm)	Spread ratio
แป้งสาลีอเนกประสงค์	 Diameter =5.50±0.71 cm	 Height =1.131±0.018 cm	4.19±0.48
แป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง (50%EtOH)	Diameter =6.05±0.07 cm	 Height =0.945±0.039 cm	6.41±0.19

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาลักษณะภายนอกของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์ พบว่าคุกกี้จากแป้งเมล็ดมะม่วงเกิดการแผ่ขยายออกมามากกว่ามากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ทำให้คุกกี้มีเส้นรอบวงที่กว้างมากกว่าและมีความสูงน้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี ดังตารางที่ 12 เนื่องจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ ในขั้นตอนการผสม Cookie dough จึงไม่เกิด gluten development ทำให้คุกกี้ไม่แข็งและเหนียวเท่าคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์ที่เกิด Developed gluten ที่ทำให้คุกกี้มีโครงสร้างที่แข็งและเหนียว จึงทำให้คุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ไม่เกิดการแผ่ขยายมากเท่าคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง ดังนั้นคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ได้มีลักษณะแบนกว่าคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* และดัชนีความขาว (WI) ของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ชนิดของแป้ง	เปลือก (Crust)			
	L*	a*	b*	WI
แป้งสาลีอเนกประสงค์	70.09±0.52	1.97±0.18	23.59±0.51	61.85±0.49
แป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (50%EtOH)	51.09±1.57	8.29±0.57	11.04±1.22	49.16±1.73

ชนิดของแป้ง	เนื้อ (Crumb)			
	L*	a*	b*	WI
แป้งสาลีอเนกประสงค์	66.90±1.53	1.65±0.28	22.36±0.53	60.01±0.99
แป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (50%EtOH)	47.33±0.31	8.19±0.19	8.38±0.21	46.04±0.36

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาการวิเคราะห์ค่าสีของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงเปรียบเทียบกับคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์ พบว่าคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์นั้น เปลือกและเนื้อมีค่าความสว่าง L* มากกว่า รวมไปถึงค่า b* มีค่ามากกว่าและมีค่าเป็นบวก ส่งผลให้เปลือกและเนื้อของคุกกี้มีความเป็นสีเหลืองมากกว่า แต่ค่า a* มีค่าน้อยกว่าและมีค่าเป็นบวก ส่งผลให้มีความเขียว-แดงน้อยกว่าคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง ในขณะที่เปลือกและเนื้อคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีค่า L* และ b* น้อยกว่าทำให้มีความสว่างและความเป็นสีเหลืองน้อยกว่า อีกทั้งมีค่า a* ที่มากกว่า จึงส่งผลให้มีความเป็นสีแดงมากกว่าคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ และเนื่องจากแป้งเมล็ดมะม่วงที่ใช้ทำคุกกี้นั้นมีสีเข้มจึงทำให้ค่า L* และ WI ของคุกกี้จากแป้งเมล็ดมะม่วงมีค่าน้อยกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ อย่างไรก็ตามการที่สีของเปลือกคุกกี้มีสีที่เข้มกว่าเนื้อคุกกี้อาจมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไรเซชันจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบคุกกี้

4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ตารางที่ 14 ค่าทางเนื้อสัมผัสของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง

ชนิดของแป้ง	**Hardness (kg)**
แป้งสาลีอเนกประสงค์	0.06±0.01
แป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (50%EtOH)	0.03±0.01

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง3ซ้ำ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงเปรียบเทียบกับคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ ดังตารางที่ 14 พบว่าคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์มีค่าความแข็ง (Hardness) มากกว่าคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง เนื่องจากแป้งสาลีอเนกประสงค์เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง ซึ่งปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีอเนกประสงค์ส่วนใหญ่จะเป็นกลูเตน เมื่อผ่านขั้นตอนการผสมทำ Cookie dough จะทำให้สามารถเกิด Gluten development ได้ ซึ่ง Developed gluten จะทำให้คุกกี้มีความแข็ง และเหนียวมากขึ้น ต่างจากคุกกี้จากแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ไม่มีกลูเตนในแป้ง เมื่อผ่านขั้นตอนการผสมทำ Cookie dough จึงไม่เกิด Gluten development คุกกี้ที่ได้จึงมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าและเหนียวน้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเตรียมแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง ได้ผลิตผลร้อยละ 36.44 จากนั้นนำไปสกัดแทนนินออกด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งพบว่ามีปริมาณสารแทนนินเฉลี่ยในแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 43.09 ถึง 97.17 มิลลิกรัมแทนนินต่อ 1 กรัมแป้ง ความเข้มข้น 75% ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วน 1:8 (แป้ง:เอทานอล) เป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพในการสกัดแทนนินออกจากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมากที่สุด ตามด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50, 25 และ 90 ตามลำดับ

จากการทำแห้งแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยลมร้อนและแช่เยือกแข็ง พบว่าการทำแห้งทั้ง 2 วิธีนี้ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งที่แตกต่างกัน โดยสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง ในด้านค่าสี ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน สมบัติการพองตัว สมบัติการละลาย ความหนาแน่นรวม สมบัติทางความหนืด และสัณฐานวิทยา พบว่าแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล 50% แล้วทำแห้งแบบอบลมร้อน มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ไม่แตกต่างจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังมีความคงตัวในการเกิดอิมัลชัน มีสมบัติการพองตัว และสมบัติการละลายดีมากที่สุด ในส่วนสมบัติทางความหนืดแป้งที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% มีค่า peak viscosity, setback และ final viscosity สูงที่สุด แต่มีดัชนีความขาวต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง การศึกษาทางกายภาพทางด้านค่าสี มีค่า +L*, +b* และดัชนีความขาว (WI) ต่ำกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ส่วนค่า +a* มีค่ามากกว่าคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ และมีค่า hardness ต่ำกว่าคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ เส้นผ่านศูนย์กลางคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีค่าไม่แตกต่างจากคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์ จึงส่งผลให้คุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงม่วงมีความสูงต่ำกว่าคุกกี้แป้งสาลีอเนกประสงค์

เนื่องด้วยสมบัติทางกายภาพที่กล่าวข้างต้น ประกอบประสิทธิภาพในการสกัดแทนนิน ทางคณะวิจัยจึงเลือกแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% แล้วทำแห้งด้วยลมร้อน เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารแทนนินออกจากเมล็ดมะม่วง และสามารถนำแป้งที่ได้มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการเตรียมแป้ง ควรใช้การลวกเมล็ดมะม่วงเพื่อให้เมล็ดนิ่มและแกะง่ายขึ้นเพื่อทำให้แป้งด้านในเมล็ดมะม่วงยังไม่เกิดการเจลาทิไนซ์

ควรทดสอบเพิ่มเติมด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค และทดสอบทางด้านจุลชีววิทยาของคุกกี้จากแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงเพื่อใช้ผลดังกล่าวในการทำนายอายุการเก็บรักษา เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์มากขึ้น

บรรณานุกรม

Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E., & El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry, 103*(4), 1134-1140. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017

Ashoush, I., & Gadallah, M. (2011). Utilization of Mango Peels and Seed Kernels Powders as Sources of Phytochemicals in Biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences, 6*, 35-42.

Baloyi, J. J., Ngongoni, N. T., Topps, J. H., Acamovic, T., & Hamudikuwanda, H. (2001). Condensed Tannin and Saponin Content of Vigna unguiculata (L.) Walp, Desmodium uncinatum, Stylosanthes guianensis and Stylosanthes scabra Grown in Zimbabwe. *Tropical Animal Health and Production, 33*(1), 57-66. doi:10.1023/A:1010385527384

Bandyopadhyay, K., Chakraborty, C., Bhattacharyya, S., Bengal, W., & Chandra, S. (2014). *Fortification of Mango Peel and Kernel Powder in Cookies Formulation*.

Beuchat, L. R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 25*(2), 258-261. doi:10.1021/jf60210a044

Das, P. C., Khan, M. J., Rahman, M. S., Majumder, S., & Islam, M. N. (2019). Comparison of the physico-chemical and functional properties of mango kernel flour with wheat flour and development of mango kernel flour based composite cakes. *NFS Journal, 17*, 1-7. doi:https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.10.001

Haslam E. (1989). Plant Polyphenols: Vegetable tannins. *Chemistry and Pharmacology of Natural Products, 12*(9).

Hou, W. C., Lin, R. D., Cheng, K. T., Hung, Y. T., Cho, C. H., Chen, C. H., . . . Lee, M. H. (2003). Free radical-scavenging activity of Taiwanese native plants. *Phytomedicine, 10*(2), 170-175. doi:https://doi.org/10.1078/094471103321659898

Jadeniphat Bunyasawat, Amornrat Chareonchai, Walaiporn Suttha, Photchanee Bunna, Titiporn Pengwon, & Chakkrawut Bhoosem. (2561). The development of low calorie butter cake recipe. *86*.

Kaur, A. (2018). Use of mango seed kernels for the development of antioxidant rich idli and mathi.

Kayode, R. (2013). Physico-chemical and anti-nutritional characterization of the kernels of some mango (Mangifera indica) cultivars grown in Western parts of Nigeria. *Food Science and Quality Management, 22*, 1-8.

Labaky, P., Grosmaire, L., Ricci, J., Wisniewski, C., Louka, N., & Dahdouh, L. (2020). Innovative non-destructive sorting technique for juicy stone fruits: textural properties of fresh mangos and purees. *Food and Bioproducts Processing, 123*, 188-198. doi:https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.06.013

Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances, 29*(3), 365-373. doi:https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.008

Menon, L., Majumdar, S. D., Ravi, U. J. I. J. o. N. P., & Resources. (2015). Mango (Mangifera indica L.) kernel flour as a potential ingredient in the development of composite flour bread. *5*, 75-82.

Mirghani, M., F, Y., Kabbashi, N., Vejayan, J., & Yosuf, Z. B. M. (2009). Antibacterial Activity of Mango Kernel Extracts. *Journal of Applied Sciences, 9*. doi:10.3923/jas.2009.3013.3019

Narin Charoenphun. (2017). Development of cookie products from sweet potato. 12.

Nawab, A., Alam, F., Haq, M. A., & Hasnain, A. (2016). Effect of guar and xanthan gums on functional properties of mango (Mangifera indica) kernel starch. *International Journal of Biological Macromolecules, 93*, 630-635. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.011

Noppawan Tanchucheep, Niwooti Whangchai, Chatree Virasit, & Kanda Whanhchai. (2018). *Effect of crude extracts from Assam Tea (Camallia sinensis var. assamica) leaves on ammonia reduction*

Panpanach Cham, Warinthorn Poonsri, Intira Lichanporn, & Lapsongphon, N. (2019). *Effects of ripening stages and exttraction conditions on tannin content of "Namwa" banana peel powder*.

Seibel, W. (1989). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th Edition (Standardmethoden der amerikanischen Gesellschaft für Getreidechemiker, 8. Ausgabe). Approved Methods Committee American Association of Cereal Chemists, Inc.

St. Paul/Minnesota, USA. *Starch - Stärke, 41*(11), 443-443. doi:https://doi.org/10.1002/star.19890411114

Shahidi, F., & Naczk, M. (2003). *Phenolics in Food and Nutraceuticals*.

Shults, G., & Wierbicki, E. (2006). Effects of sodium chloride and condensed phosphates on the water-holding capacity, pH and swelling of chicken muscle. *Journal of Food Science, 38*, 991-994. doi:10.1111/j.1365-2621.1973.tb02131.x

Soong, Y., & Barlow, P. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry - FOOD CHEM, 88*, 411-417. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.003

Ye, S., Lu, J., He, S., Chen, L., & Hu, J. (1999). [Studies on tannin and hydrolysate in three species of Chinese Caesalpinia plants]. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 24*(9), 525-527, 573.

กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน สำนักพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร. (2547). พันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการแปรรูป. In.

กุหลาบ หมายสุขกลาง. (2560). มะม่วง.

ชรินทร โมฬี, & ณกัญภัทร จินดา. สารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะเพื่อเป็นสีย้อมในพลาสติกชีวภาพ. 9.

ณพัฐอร บัวฉุน, ณัฐพล สิงสุข, พลวัฒน์ กันอาน, & แก้วประเสริฐ, ส. (2561). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบสมอไทย. 10.

ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์. การสกัดและประเมินคุณลักษณะของเซลลูโลสจากชานอ้อย ผักตบชวา และธูปฤษี.

ปิยดา บุสดี. (2558). การจำแนกพันธุ์และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมะม่วงในประเทศไทยโดยใช้ลำดับดีเอ็นเอ. 173.

ปิยะพงศ์ กิตติสารธรรม. (2554). การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากสำมะงาโดยใช้เครื่อสกัดแบบแพคเบด. 106.

สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์. (2561). ตำราเภสัชเวทเรื่องพฤกษแทนนิน.

สุกัลยา พลเดช. (2556). แป้งและสตาร์ชต่างกันอย่างไร.

อินทิรา ขูดแก้ว, กนกรัตน์ บุญรักษา, & ณัฐชนา เซ่งเซี่ยง. (2561). การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและผลความเป็นพิษต่อพืชของสารสกัดหยาบจากใบไมยราบ (Mimosa pudica L.). วารสารแก่นเกษตร, *46*(1), 129-136.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก-1 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chroma Meter รุ่น CR 300 series, Japan โดยทำการทดลองตามขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสีดังนี้

วิธีวิเคราะห์

1. ก่อนทำการวัดสีทุกครั้ง ต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่อง (Calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนแผ่นสำหรับ Calibrate สีขาวแล้วกดปุ่ม Measure ซึ่งเครื่องจะวัดสีจะบันทึกข้อมูลค่าสีขาวของแผ่นสำหรับ Calibrate
2. นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับวัดค่าสีโดยใส่ให้เต็มภาชนะไม่ให้มีช่องที่แสงผ่านได้ขณะวัดตัวอย่างให้ใช้แผ่นสีดำปิดตัวอย่าง
3. ทำการวัดสีของตัวอย่างด้วยระบบ CIE ซึ่งวัดค่า L* a* และ b* ซึ่งบอกค่าดังนี้

   L* คือ ความสว่าง โดยสีดำมีค่าเท่ากับ 0 และสีขาวมีค่าเท่ากับ 100

   a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว โดยค่าบวกแสดงความเป็นสีแดง และค่าลบแสดงความเป็นสีเขียว

   b* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าบวกแสดงความเป็นสีเหลือง และค่าลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

ก-2 การหาความหนาแน่นรวม (Bulk density)

ชั่งแป้ง 20 g แล้วเทลงในกระบอกตวงขนาด 100 mL โดยเอียงกระบอกตวงประมาณ 45 องศา อ่านปริมาตรแป้งทั้งหมดที่บรรจุในกระบอกตวงและบันทึกผล จากนั้นเคาะแป้งโดยยกกระบอกตวงขึ้นเหนือพื้นราบที่แข็งให้สูงขึ้นประมาณ 1 นิ้ว และปล่อยลง เคาะจนปริมาตรคงที่อ่านค่าปริมาตรแป้งทั้งหมดที่บรรจุในกระบอกตวงหลังเคาะ คำนวนหาค่า Bulk density และ ค่า Tapped density จากสูตรดังนี้

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้ง } (g)}{\text{ปริมาตรแป้งทั้งหมดที่บรรจุในกระบอกตวง } (mL)}$$

$$\text{Tapped density} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้ง } (g)}{\text{ปริมาตรแป้งทั้งหมดที่บรรจุในกระบอกตวงหลังเคาะ } (mL)}$$

ก-3 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ดัดแปลงจากวิธีของ (Shults & Wierbicki, 2006)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 g ใส่ในหลอดทดลองสำหรับนำไปปั่นเหวี่ยงขนาด 250 mL เติมน้ำ 50 mL ผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารละลายไปวางบนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 250 rpm เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายมาให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 6000 rpm ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังการปั่นเหวี่ยงจะเกิดการแยกส่วนของเหลวใสด้านบนกับตะกอนตัวอย่าง ให้รินส่วนของเหลวใสทิ้งไป และเอียงหลอดเพื่อให้เกิดการแยกส่วนชัดเจนขึ้น ใช้หลอดหยดดูดของเหลวออกชั่งน้ำหนักที่เหลือในหลอด

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำ (g water/g sample)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน } (g) - \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}$$

ก-4 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil Binding Capacity) ดัดแปลงจากวิธีของ (Beuchat, 1977)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 g ใส่ในหลอดสำหรับนำไปปั่นเหวี่ยงขนาด 85 mL เติมน้ำมันถั่วเหลือง 10 mL ผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารละลายไปวางบนเครื่องเขย่า ที่ความเร็ว 250 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3000 rpm ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังการปั่นเหวี่ยงจะเกิดการแยกส่วนของเหลวใสด้านบนกับตะกอนตัวอย่าง ให้รินส่วนของเหลวใสทิ้งไป และเอียงหลอดเพื่อให้เกิดการแยกส่วนชัดเจนขึ้น ใช้หลอดหยดดูดของเหลวออก และชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือในหลอด คำนวณหาความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (g oil/g sample)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน } (g) - \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}$$

ก-5 การวิเคราะห์ความสามารถในการพองตัว (Swelling capacity) ดัดแปลงจากวิธีของ (ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์)

โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 g เติมน้ำกลั่น 10 mL เขย่าให้เข้ากันด้วยความเร็ว 180rpm ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4500 rpm เป็นเวลา 20 นาที แยกของเหลวออกและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการพองตัว (g water/g sample)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน } (g) - \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } (g)}$$

ก-6 การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Solubility index) ดัดแปลงจากวิธีของ (ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์)

นำแป้งตัวอย่าง 0.5 g มาเติมน้ำกลั่น 10 mL แล้วให้ความร้อนด้วย Water bath ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 30 นาที คนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4500 rpm เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนใสลงในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่าดัชนีการละลายน้ำ

การคำนวณ

$$\%\text{Solubility} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ละลายน้ำ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100\%$$

ก-7 การวิเคราะห์ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity)

ชั่งแป้งตัวอย่าง 1 g มาเติมน้ำกลั่น 96 g ผสมในบีกเกอร์ คนให้เข้ากันโดยใช้ Shaker 180 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาปั่นรวมกับน้ำมัน 3 g โดยใช้เครื่อง Homogenizer ความเร็ว 12000rpm ปั่นเป็นเวลา 2 นาที แล้วเทใส่กระบอกตวงขนาด 100 mL สังเกตหยดไขมันบนผิวหน้าของสารละลาย และตั้งทิ้งไว้และสังเกตการแยกชั้นของไขมันและแป้ง

ก-8 การวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของแป้ง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (Seibel, 1989)

ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) โดยโปรแกรม TCW 3 สามารถช่วยวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ Pasting temperature, Peak Viscosity, Breakdown, Setback, Trough, Final viscosity ของ Pasting profile ได้โดยอัตโนมัติ

1. การเปิดเครื่อง RVA 4

1.1 เติมน้ำประปาในอ่างพักน้ำ ให้ท่วมปั๊มน้ำ

1.2 เสียบปลั๊กเปิด stabilizer โดยกดปุ่มเปิดค้างไว้นานประมาณ 3 วินาที

1.3 กดปุ่มเปิดเครื่อง RVA 4 ที่อยู่ด้านหลังของเครื่อง

1.4 เปิดคอมพิวเตอร์

1.5 เข้าโปรแกรม Thermo Cline for Windows version 3 (TCW3)

2. การตั้งค่าความหนืดเป็นศูนย์ให้กับเครื่อง RVA 4 เพื่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ ทุกครั้งที่เปิดเครื่อง RVA4 จำเป็นที่จะต้องตั้งค่าความหนืดเมื่อใบพัดกวนอากาศให้เป็นศูนย์

2.1 ใส่ใบพัดกวนเข้ากับแป้นเสียบใบพัดของเครื่อง (ไม่ต้องใส่ถ้วยอลูมิเนียม) โดยหมุนแป้นเสียบจนด้านส่วนเว้าหันออกมา แล้วค่อยเสียบฐานใบพัดกวนเข้ากับแป้นเสียบจนสุด

2.2 ที่ Run menu เลือก Zero หรือคลิกปุ่ม บน Toolbar ของโปรแกรม

2.3 ใส่ความเร็วรอบมอเตอร์ Speed ที่ 160 rpm จากนั้นกดปุ่ม start ใบพัดจะเริ่มหมุน

2.4 เมื่อใบพัดหมุนไปประมาณ 1 นาที ให้กดปุ่ม Zero ค่าความหนืดจะเข้าใกล้ศูนย์

2.5 กดปุ่ม close ใบพัดจะหยุดหมุน และหน้าต่าง Zero จะปิดไป

3. การคำนวณน้ำหนักที่ต้องใช้ในการเตรียมสารแขวนลอย ความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นที่ ทำให้เพสท์ มีความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ของ Pasting profile อยู่ในช่วง 400-4000 cP โดยทั่วไปแล้วน้ำหนักของแป้ง (ความชื้น 14%) ที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำ 25 g จะขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งตามวิธี AACC 76-21 โดยปกติจะใช้แป้ง (14%MC) 4g ต่อน้ำ 25 g

4. การเตรียมตัวอย่าง

4.1 หากตัวอย่างยังไม่เป็นผงละเอียด จะต้องบดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่าน test sieve 50 mesh หากตัวอย่างเป็นแป้งหรือสตาร์ช ไม่จำเป็นต้องบด

4.2 กวนผสมตัวอย่างเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน

4.3 ชั่งน้ำหนักน้ำ 25 g ในถ้วยอลูมิเนียม และชั่งตัวอย่างแป้ง 4 g บนกระดาษชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ได้แป้งที่มีความชื้นเป็น 14%MC

4.4 เก็บน้ำและสตาร์ชที่ชั่งแล้วแยกจากกันจนกว่าจะเริ่มทำการทดสอบ

5. การทดสอบตัวอย่าง

5.1 เทแป้งลงไปในน้ำ ที่อยู่ในถ้วยอลูมิเนียม

5.2 ใส่ใบพัดลงไปในถ้วยอลูมิเนียม แล้วจับใบพัดค่อยๆ ตีหรือกวนแป้งและน้ำให้เป็นสารแขวนเนื้อเดียวกัน

5.3 หมุนแท่นกวนของเครื่อง RVA 4 ให้หันด้านที่เป็นส่วนเว้าออกด้านนอก

5.4 นำถ้วยอลูมิเนียมแป้งตัวอย่างพร้อมใบพัดเข้าเสียบที่แท่นกวนของเครื่อง RVA 4 โดยให้ขอบของฐานใบพัดเสียบเข้าไปตรงลวดหนีบของแท่นกวนจนสุด

5.5 ค่อยๆ กดแท่นกวนลง

5.6 การทดสอบจะเริ่มต้นอัตโนมัติ

6. การนำตัวอย่างออกจากเครื่องหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ

6.1 เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นสมบูรณ์ แท่นกวนจะเด้งขึ้นมาอัตโนมัติ

6.2 หมุนแท่นกวนของเครื่อง RVA 4 ให้หันด้านที่เป็นส่วนเว้าออกด้านนอก

6.3 ใส่ถุงมือ หรือ ผ้า จับที่ถ้วยอลูมิเนียม แล้วใช้นิ้วผลักฐานของใบพัดด้าน ในให้หลุดออกจากลวดหนีบของแท่นกวน

6.4 ล้างทำความสะอาดเครื่อง

ก-9 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสคุกกี้

วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer : Texture Technologies Corp, รุ่น TA-XT2, UK) โดยวางชิ้นคุกกี้เหนือแท่นวัดกะระยะห่างให้หัววัดเคลื่อนลงมาสัมผัสบริเวณกึ่งกลางของคุกกี้ โดยใช้หัววัดชนิด 2mm Cylinder Probe (P/2) และตั้งพารามิเตอร์ดังนี้

Mode	Measure Force in Compression
Option	Return To Start
Pre-Test Speed	1.0 mm/s

Test Speed	0.5 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
Distance	Strain 50%
Trigger Type	Auto – 5 g
Tare Mode	Auto
Data Acquisition rate	400 pps
Accessory	2mm Cylinder Probe (P/2) using 5kg load cell Heavy Duty Platform (HDP/90) with a holed plate

ก-10 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

1. การเตรียมสไลด์

1.1 ตักแป้งในปริมาณเท่าหัวไม้ขีดไฟลงบนแผ่นแก้วสไลด์

1.2 ฝนแป้งบนแผ่นสไลด์เป็นวงกลมด้วย spatula ซึ่งจะทำให้แป้งบางส่วนติดอยู่บนผิวหน้าของสไลด์แก้ว

1.3 กำจัดแป้งที่ไม่ได้ติดบนผิวหน้าสไลด์แก้วออกด้วยการนำสันของสไลด์แก้วมาเคาะกับพื้นโต๊ะ เพื่อพยายามทำให้แป้งไม่ติดเรียงกันเป็นชั้นหนาบนพื้นผิวหน้าของสไลด์แก้ว

1.4 หยดสารละลาย 50% glycerol ลงที่แป้งบนสไลด์แก้ว

1.5 ปิดด้วยแผ่นแก้วปิด โดยเริ่มจากริมด้านหนึ่งของแผ่นแก้วแล้วค่อยๆ วางลง และพยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศใต้แผ่นแก้วปิด

1.6 ซับสารละลาย 50% glycerol เกินออกมาจากขอบแผ่นแก้วปิดด้วยกระดาษทิชชู

1.7 นำสไลด์แป้งที่เตรียมขึ้นไปส่องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยเริ่มจากกำลังขยายต่ำที่สุด แล้วปรับโฟกัสให้ภาพชัด จากนั้นจึงค่อยปรับกำลังขยายให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนมากที่สุดอาจจะต้องมีการปรับ filter รับแสง (phase ต่างๆ) ให้เหมาะสมสำหรับเลนส์แต่ละเลนส์ และอาจจะต้องมีการปรับปริมาณแสงด้วยการหมุนปรับ diaphragm ใต้เลนส์รวมแสง

2. ลักษณะต่างๆ ของแป้งที่ควรสังเกต

เมื่อได้ภาพที่คมชัดแล้วทำการวาดรูปตามลักษณะต่างๆ ที่สังเกตได้ และทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลที่เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บในรูปแบบของไฟล์ดิจิตอล

2.1 รูปแบบการเกาะกลุ่ม: ดูว่าเป็นเม็ดแกรนูลอยู่แยกจากกัน (simple) หรืออยู่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อนที่เป็นระเบียบ (compound)

2.2 ขนาด: เปรียบเทียบขนาดของเม็ดแกรนูลแต่ละชนิดที่กำลังขยายที่เท่ากัน

2.3 รูปร่าง: กลม รี หลายเหลี่ยม เป็นต้ม

2.4 Hilum: ดูว่าตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่ใด (อาจจะต้องใช้แสง polarized ช่วยมองให้ชัดมากขึ้น) เกิดการแตกร้าวหรือไม่ มีความชัดเจนมากแค่ไหน

2.5 Striations หรือ Growth ring: ดูว่ามีหรือไม่ และชัดเจนแค่ไหน

2.6 Maltease cross: เปลี่ยนไปใช้แสง polarized โดยวาง polarizer ชิ้นแรกบน เลนส์รวมแสง และชิ้นที่สองในช่องใส่ polarizer ทำการหมุน polarizer ไปมา จนแสงถูกตัดออกไปมากที่สุด สังเกตได้จากภาพที่มืดดำลงเมื่อมองผ่านเลนส์ จากนั้นทำการเพิ่มปริมาณแสงให้มากขึ้นด้วยการปรับ diaphragm จะทำให้เห็น maltease cross ที่ชัดเจนขึ้น สังเกตดูว่า maltease cross นั้น มีความคมชัดมากแค่ไหน

ก-11 การวัดอัตราการแผ่ขยายของคุกกี้ (Seibel, 1989)

1.เตรียมคุกกี้ที่ได้จากสูตรที่ใช้ในการทดลอง แล้วทิ้งคุกกี้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

2.วัดความกว้างของคุกกี้โดยวางเรียงต่อกัน 6 ชิ้น

3.วัดความกว้างจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ทั้ง 6 ชิ้น แล้วหมุนคุกกี้ทำมุม 90 องศา โดยหมุนทั้ง 6 ชิ้น จากนั้นทำการวัดซ้ำ โดยการหมุนและวัดซ้ำแล้วบันทึกข้อมูลทั้ง 3 ครั้ง

4.วัดความสูงของคุกกี้โดยการวางเรียงคุกกี้ซ้อนกันสูง 6 ชิ้น แล้วสลับตำแหน่งคุกกี้ทั้ง 6 ชิ้น จากนั้นวัดซ้ำ 3 ครั้ง

5.คำนวณอัตราการแผ่ขยายจากสูตร อัตราการแผ่ขยาย (Spread ratio) = $\frac{\text{ความกว้าง } (cm)}{\text{ความสูง } (cm)}$

ภาคผนวก ข

รายละเอียดรูปภาพผลการทดลองเพิ่มเติม

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ ข.1 แสดงสีของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 0 (ก), 25 (ข), 50 (ค) ,75 (ง) และ 90 (จ) ตามลำดับ และผ่านการทำแห้งแบบอบลมร้อน

(ฉ) (ช) (ญ) (ฎ) (ด)

ภาพที่ ข.2 แสดงสีของแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 0 (ฉ), 25 (ช), 50 (ญ) ,75 (ฎ) และ 90 (ด) ตามลำดับ และผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

(a) (b)

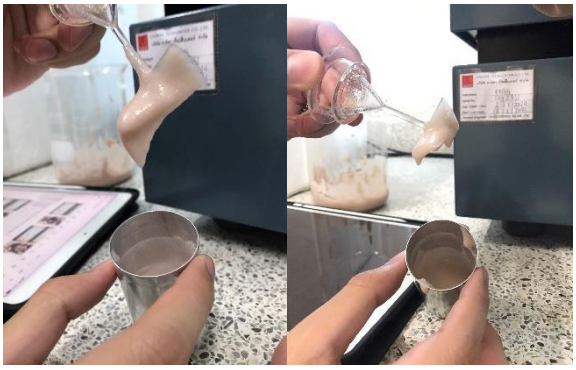
ภาพที่ ข.3 แสดงลักษณะ pasting หลังการเกิด gelatinization ด้วยการวิเคราะห์ RVA ของแป้งสาลีอเนกประสงค์ (a) และแป้งเนื้อในเมล็ดมะม่วง (b)

(c) (d) (e)

(f) (g)

ภาพที่ ข.4 แสดงลักษณะ pasting หลังการเกิด gelatinization ด้วยการวิเคราะห์ RVA ของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 0 (c), 25 (d), 50 (e), 75 (f) และ 90 (g) ตามลำดับ และผ่านการทำแห้งแบบอบลมร้อน

(h) (i) (j)



(k) (l)

ภาพที่ ข.5 แสดงลักษณะ pasting หลังการเกิด gelatinization ด้วยการวิเคราะห์ RVA ของแป้งจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการสกัดเอทานอลความเข้มข้นต่างๆร้อยละ 0 (h), 25 (i), 50 (j), 75 (k) และ 90 (l) ตามลำดับ และผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวพิมพ์ณดา อังกูรดิษฐพงศ์
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	086-363-4958
Email	babe.pnd@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวปูริดา โชติโก
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	081-920-8411
Email	purida.ctk@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายกิตติเทพ รักสวัสดิ์
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	098-825-4737
Email	op.kittithep@outlook.co.th