



การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นผัดหน้าที่ไม่มีส่วนผสมจากทัลคัม  
DEVELOPMENT OF TALC-FREE FACIAL LOOSE POWDER

ธัญธร สุภาพไพบุลย์กุล

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นผัดหน้าที่ไม่มีส่วนผสมจากทัลคัม  
DEVELOPMENT OF TALC-FREE FACIAL LOOSE POWDER

ฉัตร สุภาพไพบุลย์กุล

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง  
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นผัดหน้าที่ไม่มีส่วนผสมจากทัลคัม

Development of Talc-Free Facial Loose Powder

ผู้ประพันธ์ ธีญธร สุภาพไพบุลย์กุล

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินตาทอง

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมไธสง

กรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฐปนีย์ สารครศรี

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

*Ampa Jimtaisong*

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมไธสง)

คณบดี

*วันดี รังสีวิจิตรประภา*

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีวิจิตรประภา)

## กิตติกรรมประกาศ

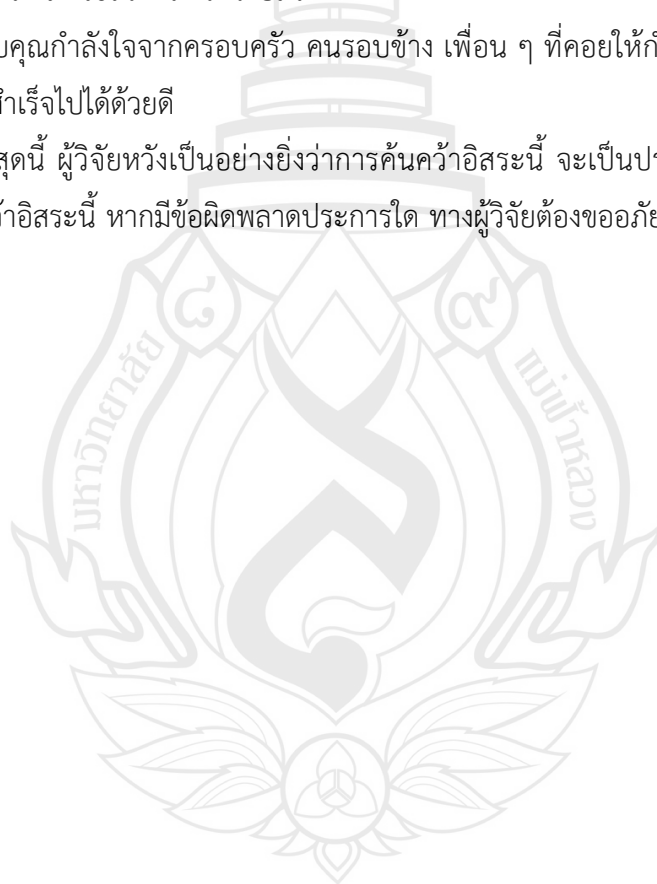
การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ความร่วมมือ และการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมีไธสง อาจารย์ที่ปรึกษาในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการค้นคว้าอิสระนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำ การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ โดยเฉพาะคุณธนัชชา ประเสริฐ ที่คอยอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

ขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัว คนรอบข้าง เพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ทำให้การ ค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระนี้ จะเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้ที่สนใจใน หัวข้อการค้นคว้าอิสระนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

ธัญธร สุภาพไพบุลย์กุล



ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นผัดหน้าที่ไม่มีส่วนผสมจากทัลคัม
ผู้ประพันธ์	ธัญธร สุภาพไพบุลย์กุล
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมไธสง

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดัดแปรแป้งกล้วย (Banana starch) ด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (Octenyl succinic anhydride, OSA) โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยที่ถูกดัดแปรด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA – banana starch) เพื่อนำไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นและเปรียบเทียบคุณสมบัติกับแป้งที่เตรียมจาก Talc โดยนำแป้งกล้วยดัดแปรด้วย OSA ความเข้มข้น 3%, 5% และ 7% และหาค่าการแทนที่ของ OSA พบว่าที่ 3% OSA ให้ค่าการแทนที่มากที่สุดอยู่ที่ 0.030 จากนั้นศึกษารูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่า OSA – banana starch มีพื้นผิวขรุขระเล็กน้อย รูปร่างยาว รี และนำไปวัด ATR – FTIR พบว่าเกิดสเปกตรัมที่ 1566 และ 1738 บอกลึกมีกลุ่มคาร์บอนิลเกิดขึ้นจากออกเทนิลซัคซินิกที่เป็นเอสเทอร์ เมื่อทดสอบการดูดซับน้ำ พบว่า banana starch มีการดูดซับน้ำสูงที่สุด และ talc มีการดูดซับน้ำต่ำที่สุด เมื่อนำ OSA – banana starch และ talc ไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นโดยพัฒนาทั้งหมด 6 สูตร พบว่า ตำรับ 66% ให้ผลดีที่สุดในการเกลี่ย, ความละเอียด และความลื่น จากนั้นนำทั้ง 6 สูตรทดสอบสมบัติการไหล พบว่าตำรับ 66% มีผลที่ดีกว่าตำรับ 62% และ 70% จึงเลือกตำรับ 66% ทดสอบความคงตัวของสีซึ่งดูค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) ภายใต้ 4 สภาวะ ได้แก่ สภาวะไม่สัมผัสแสงแดด และสภาวะที่สัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง, ที่ 45°C และที่ 4°C เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า สภาวะที่มีค่า  $\Delta E^*$  มากที่สุดหลังผ่านไป 4 สัปดาห์ คือ สภาวะที่สัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง โดยค่า  $\Delta E^*$  ของตำรับ talc คือ  $0.29 \pm 0.03$  และค่า  $\Delta E^*$  ของตำรับ OSA – banana starch  $2.33 \pm 0.03$  ในขณะที่สภาวะที่มีค่า  $\Delta E^*$  น้อยที่สุดหลังผ่านไป 4 สัปดาห์ คือ สภาวะในตู้เย็น 4°C ค่า  $\Delta E^*$  ของตำรับ Talc คือ  $0.36 \pm 0.25$  และค่า  $\Delta E^*$  ของตำรับ OSA – banana starch คือ  $0.70 \pm 0.17$  จากผลการวิจัยสามารถนำ OSA–banana starch แทน talc ในผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่นได้

**คำสำคัญ:** แป้งกล้วย, ทัลคัม, ออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์, แป้งดัดแปร

**Independent Study Title** Development of Talc-Free Facial Loose Powder  
**Author** Thanyathorn Suwapappaiboonkul  
**Degree** Master of Science (Cosmetic Science)  
**Advisor** Associate Professor Ampa Jimtaisong, Ph. D.

## ABSTRACT

This research aimed to study the modification of banana starch with octenyl succinic anhydride (Octenyl succinic anhydride, OSA). The physical properties of OSA-modified banana starch were studied for the purpose of developing loose powder formulation and comparing its properties with those of talc. Banana starch modified with OSA at concentrations of 3%, 5%, and 7% was used to determine the OSA substitution. It was found that 3% of OSA had the highest substitution at 0.030. The morphology was then studied by scanning electron microscopy. The OSA-banana starch had a slightly rough surface and was long and oval. The ATR-FTIR spectrum was obtained at 1566 and 1738, indicating the presence of carbonyl groups from octenyl succinyl esters. When tested for water absorption, it was found that banana starch had the highest water absorption and talc had the lowest water absorption. When OSA – banana starch and talc were used to develop 6 loose powder formulas, it was found that the 66% of OSA-banana starch or talc formula gave the best results in spreading, fineness and smoothness. The 66% of OSA-banana starch or talc had better flow properties than those 62% and 70% of OSA-banana starch or talc. Therefore, the 66% of OSA-banana starch or talc was tested for color stability under 4 conditions: no sunlight exposure and fluorescence exposure at room temperature, 45°C and 4°C for 4 weeks. It was found that the condition with the highest total color difference ( $\Delta E^*$ ) value was the fluorescence exposure at room temperature. The  $\Delta E^*$  values of the talc formula after 4 weeks were  $0.29 \pm 0.03$  and  $2.33 \pm 0.03$  for OSA-banana starch and talc formula, respectively. The condition with the least  $\Delta E^*$  value was under 4°C, which were  $0.36 \pm 0.25$  and  $0.70 \pm 0.17$  for OSA-banana starch and talc formula, respectively.

From the results, OSA–banana starch can be used as a replacement for talc in loose powder products.

**Keywords:** Banana Starch, Talcum, Octenyl Succinic Snhydride, Modified Starch



## สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>2 ทบทวนวรรณกรรม</b>	<b>3</b>
2.1 กล้วย	3
2.2 การดัดแปรแป้งด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์ (OSA-modified Starch)	4
2.3 แป้งฝุ่นผัดหน้า	7
2.4 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งฝุ่น	8
<b>3 ระเบียบวิธีวิจัย</b>	<b>11</b>
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	11
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	12
3.3 วิธีการดำเนินวิจัย	13
<b>4 ผลการทดลองและอภิปรายผล</b>	<b>16</b>
4.1 การดัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์ (OSA-banana Starch)	16
4.2 ลักษณะของ OSA-banana Starch	16
4.3 Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)	17
4.4 ความสามารถในการดูดซับน้ำ	19
4.5 การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น	20
4.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับแป้งฝุ่น	21
4.7 การทดสอบความคงตัวทางกายภาพของตำรับ OSA-modified Banana Starch เทียบกับตำรับ Talcum	22

## สารบัญ

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	26
5.1 สรุปผลการวิจัย	26
5.2 ข้อเสนอแนะ	27
รายการอ้างอิง	28



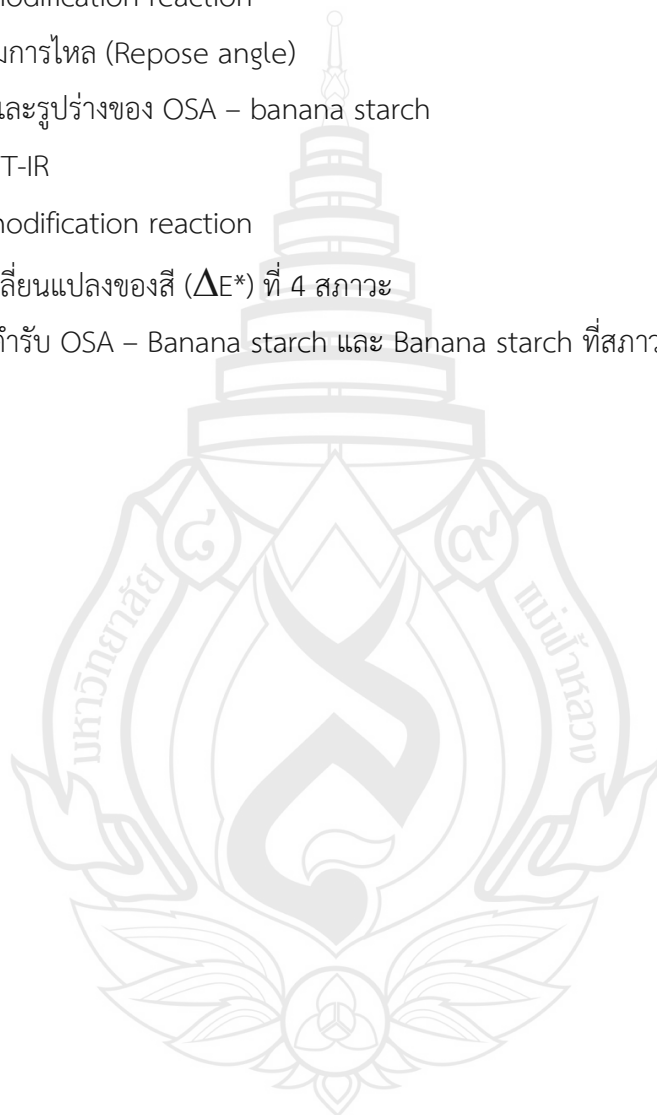
## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สมบัติการไหล (Flow Property) ของผงแป้ง กับค่า Repose angle	9
2.2 สมบัติการไหลของผงแป้งกับค่า Carr's index และ Hausner ratio	10
3.1 ตำรับแป้งฝุ่น	14
4.1 ค่าการแทนที่ (DS) ของ OSA – banana starch	16
4.2 แถบสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของ OSA – banana starch	18
4.3 รายละเอียดตำรับแป้งฝุ่น	20
4.4 เนื้อสัมผัสของตำรับแป้งจากดีที่สุดไปแย่ที่สุด	21
4.5 ค่ามุมการไหล (Repose angle) และ Flow Property	21
4.6 ค่า Carr's index, Hausner ratio และ Flow Property	22



## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ภาพถ่าย SEM ของแป้งกล้วย	3
2.2 OSA - modification reaction	5
2.3 การวัดมุมการไหล (Repose angle)	8
4.1 ลักษณะและรูปร่างของ OSA – banana starch	17
4.2 ผลของ FT-IR	18
4.3 OSA - modification reaction	19
4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) ที่ 4 สภาวะ	23
4.5 ลักษณะตำรับ OSA – Banana starch และ Banana starch ที่สภาวะต่าง ๆ	25



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญที่เกี่ยวข้อง

แป้งฝุ่นผัดหน้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมสำหรับการตกแต่งใบหน้า เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อน จึงต้องใช้แป้งฝุ่นในขั้นตอนการแต่งหน้าเพื่อให้ผิวหน้าไม่มันเยิ้ม โดยผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่นในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของทัลก์ (Talc) เป็นองค์ประกอบหลักในสูตรตำรับแป้ง ซึ่งทัลก์เป็นแร่ธรรมชาติที่เป็นสารอนินทรีย์ ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติและอาจมีสารปนเปื้อนของแร่ใยหิน (Asbestos) ซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดและโรคมะเร็งทางเดินหายใจได้เมื่อสูดดมเข้าไปเป็นระยะเวลาเวลานาน ในปี 1976 Cosmetic, Toiletry, and Fragrances Association (CTFA) ได้ออกข้อกำหนดที่ระบุว่า ทัลก์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในสหรัฐอเมริกา จะต้องตรวจไม่พบปริมาณของแร่ใยหินที่เกินมาตรฐานกำหนด (Wyant, 2020) ความอันตรายของแร่ใยหินที่อาจปนเปื้อนอยู่ในทัลค์ ทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่น Talc – Free และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เนื่องจากมีความปลอดภัย ก่อให้เกิดอาการแพ้ได้น้อย สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ มีคุณสมบัติให้ความนุ่มลื่น ดูดซับความมัน และดูดซับความชื้น จากการศึกษาของ Mishra (2006) ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า แป้งข้าวโพดมีขนาดระหว่าง 3.6 – 14.3 ไมครอน แป้งมันฝรั่งมีขนาดระหว่าง 14.3 – 53.6 ไมครอน และแป้งมันสำปะหลังมีขนาดประมาณ 7.1 – 25.0 ไมครอน จากการศึกษาของ กล้าณรงค์ ศรีรอด (2550) ได้ทำการศึกษาลักษณะวิทยาของแป้งข้าวเหนียวพบว่า แป้งข้าวเหนียวมีขนาดระหว่าง 3 – 8 ไมครอน จากการศึกษาของ กมลรัตน์ ทิพยมาศโกมล (2563) ที่ได้ทำการศึกษการพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ ซึ่งจากการศึกษาคุนสมบัติทางกายภาพของแป้งธรรมชาติ ได้แก่ แป้งสาคุ แป้งถั่วเขียว แป้งเท้ายายม่อม แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า พบว่า แป้งเท้ายายม่อมและแป้งข้าวโพดมีคุณสมบัติที่ดีที่จะนำไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น และจากการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครระหว่างสูตรแป้งฝุ่นธรรมชาติที่มีส่วนผสมของแป้งเท้ายายม่อมและแป้งข้าวโพดเทียบกับสูตรแป้งฝุ่นที่มีส่วนผสมของแป้งทัลก์พบว่าความพึงพอใจของอาสาสมัครไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 ตำรับ แต่เนื่องจากแป้งธรรมชาติมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้เยอะทำให้เกิดการเกาะกันเป็นก้อน จากการศึกษาของ Thanyapanich et al. (2021) ได้ศึกษาการสกัดแป้งจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีขนาดระหว่าง 10 – 37 ไมครอน แป้ง

กล้วยหอมมีขนาดระหว่าง 10 – 39 ไมครอน รูปร่างแบ่งทั้ง 2 ชนิดของขนาดที่ใหญ่มีรูปร่างยาว เป็นวงรี และพื้นผิวเรียบ และรูปร่างแบ่งทั้ง 2 ชนิดของขนาดที่เล็กมีรูปร่างกลม และพื้นผิวเรียบ เมื่อทดสอบการไหลพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหอมมีคุณสมบัติการไหลที่ต่ำมาก เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหอมมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ทางผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแป้งกล้วยที่จะนำไปถูกตัดแปรด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์ (OSA – banana starch) ซึ่งจะทำให้แป้งดูดความชื้นได้น้อยลง ก็น้ำได้มากขึ้น ป้องกันการเกาะเป็นก้อนของแป้ง และนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แป้ง loose powder ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการตัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์
- 1.2.2 พัฒนาสูตรตำรับแป้งฝุ่นผัดหน้าจาก OSA – banana starch
- 1.2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและประเมินความคงตัวของสูตรตำรับจาก OSA-banana starch โดยเปรียบเทียบกับแป้งที่เตรียมจาก Talcum

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของ OSA–banana starch ได้แก่ ลักษณะ รูปร่าง และค่าการแทนที่ของหมู่ออกเทนิลซัคซิเนต
- 1.3.2 พัฒนารูปร่างตำรับแป้งฝุ่นจาก OSA–banana starch
- 1.3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับแป้งฝุ่น
- 1.3.4 ทดสอบความคงตัวทางกายภาพของตำรับ OSA–banana starch เทียบกับตำรับ Talcum

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์ตำรับแป้งฝุ่นจาก OSA–banana starch สามารถใช้แทน Talcum ที่มีคุณลักษณะทางกายภาพและความคงตัวที่ดี

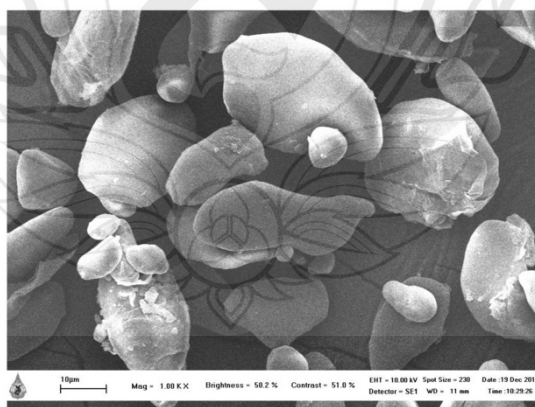
## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### 2.1 กล้วย

กล้วยเป็นพรรณไม้ล้มลุกในสกุล *Musa* มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Musa acuminata* กล้วยเป็นไม้ผลเมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้ ในส่วนประเทศไทยนั้นจะปลูกกล้วย ได้ทั่วประเทศและปลูกได้ทุกฤดู กล้วยสามารถจำแนกได้ตามลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้จีโนม (genome) ของกล้วยเป็นตัวกำหนดในการแยกชนิด คือ กล้วยที่บริบโศกกันในปัจจุบันนี้มีเพียง 2 ชนิด คือ กล้วยป่า และกล้วยตานี กล้วยที่กำเนิดจากกล้วยป่าจะมีจีโนมเป็น AA กล้วยที่กำเนิดจากกล้วยตานีจะมีจีโนมเป็น BB ส่วนกล้วยที่เกิดจากลูกผสมของกล้วยทั้ง 2 ชนิดก็จะมีจีโนมที่แตกต่างกันไป กล้วยสายพันธุ์ต่าง ๆ เช่น กล้วยหอม กล้วยน้ำว่า กล้วยไข่ เป็นต้น

วิธีการทำแป้งกล้วยจะนำเนื้อกล้วยที่ยังไม่สุกมาตัดให้เป็นชิ้นลูกเต๋าเล็ก ๆ จากนั้นนำไปปั่นในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ นำไปกรองด้วยผ้าขาวบางและแร่งขนาด 200 mesh เพื่อแยกเอากากออก หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนแป้งลงมา นำไปอบให้แห้ง และบดด้วยโกร่ง เพื่อให้แป้งมีความละเอียดขึ้น แป้งกล้วยมีขนาดระหว่าง 10 – 39 ไมครอน มีรูปร่างยาว เป็นวงรี และพื้นผิวเรียบ (รูปที่ 2.1) มีปริมาณอะไมโลส 24.99% – 26.23%



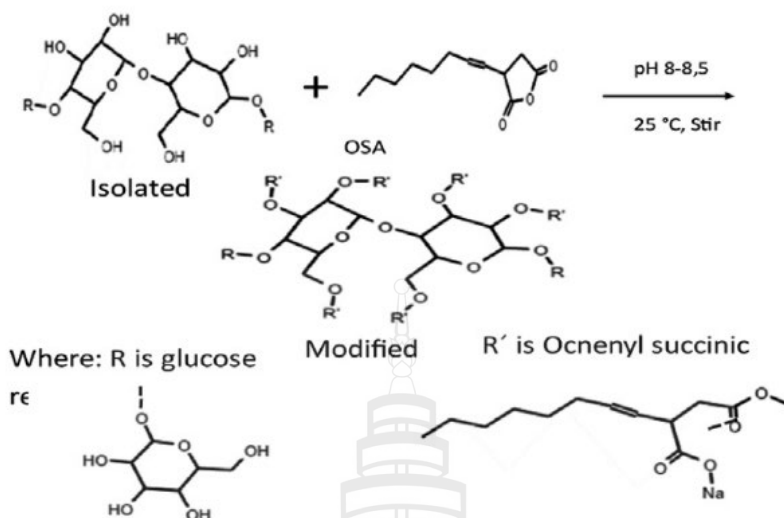
ที่มา Thanyapanich et al. (2021)

ภาพที่ 2.1 ภาพถ่าย SEM ของแป้งกล้วย

Thanyapanich et al. (2021) ได้ศึกษาการสกัดแป้งจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้ามีขนาดระหว่าง 10 – 37 ไมครอน แป้งกล้วยหอมมีขนาดระหว่าง 10 – 39 ไมครอน รูปร่างแป้งทั้ง 2 ชนิดของขนาดที่ใหญ่มีรูปร่างยาว เป็นวงรี และพื้นผิวเรียบ และรูปร่างแป้งทั้ง 2 ชนิดของขนาดที่เล็กมีรูปร่างกลม และพื้นผิวเรียบ เมื่อทดสอบการไหลพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหอมมีคุณสมบัติการไหลที่ต่ำมาก เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหอมมีความสามารถในการดูดซับน้ำ และมี moisture content อยู่ที่  $13.40 \pm 0.40\%$  และ  $13.10 \pm 0.10\%$  ตามลำดับ และผู้วิจัยได้ศึกษาการทำสูตรตำรับแป้งท้าวและแป้งอัดแข็ง เตรียมแป้งท้าวและแป้งฝุ่นที่มี Hom Khieo (HK) หรือ Namwa (NW) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของแป้งในช่วง 5 ถึง 15% ให้สัมผัสที่เนียนนุ่มคล้ายกับสูตรพื้นฐาน ในขณะที่มากกว่า 15% จะมีสัมผัสที่เนียนนุ่มน้อยกว่า เมื่อเติมแป้ง Hom Khieo (HK) หรือ Namwa (NW) ลงในสูตรจะให้ความเนียนและสามารถใช้แทนแป้งฝุ่นได้ นอกจากนี้คุณสมบัติการไหลของแป้งท้าวที่มี 15% Hom Khieo (HK) และ Namwa (NW) มีความคล้ายคลึงกับสูตรพื้นฐาน จากผลลัพธ์เหล่านี้ แป้ง Hom Khieo (HK) และ Namwa (NW) มีศักยภาพที่จะใช้แทนทัลคัมในการเตรียมแป้งเบสได้

## 2.2 การดัดแปรแป้งด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA-modified Starch)

Octenyl succinic anhydride (OSA) เป็นสารเคมีที่นิยมสำหรับใช้ในการดัดแปรแป้งในอุตสาหกรรมอาหาร โดยการดัดแปรแป้งด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA-modified starch) จะถูกดัดแปรด้วยวิธีเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยสารละลาย Octenyl succinic anhydride ภายใต้สภาวะความเป็นด่าง (ภาพที่ 2.2) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความไม่ชอบน้ำให้กับแป้งที่ถูกดัดแปร โดย Octenyl succinate จะไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2, 3 และ 6 ทำให้แป้งมีคุณสมบัติที่กันน้ำมากขึ้น ซึ่งแป้งที่ถูกดัดแปรด้วย Octenyl succinic anhydride เป็นที่นิยมมากในอาหาร เครื่องสำอาง และระบบการนำส่งยา



ที่มา Quintero-Castaño et al. (2020)

ภาพที่ 2.2 OSA - modification reaction

Mishra (2006) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และ คุณสมบัติทางกายภาพเคมีของแป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และ แป้งมันสำปะหลัง จากการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าแป้งข้าวโพดมีรูปร่างหลายเหลี่ยม (polyhedral) มีขนาดระหว่าง 3.6 – 14.3 ไมครอน แป้งมันฝรั่งมีรูปร่างรีและแบน มีขนาดระหว่าง 14.4 – 53.6 ไมครอน และ แป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างคล้ายแป้งข้าวโพดแต่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย ซึ่งมีขนาดระหว่าง 7.1 – 25.0 ไมครอน ผลจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมี (ปริมาณสตาร์ช ปริมาณอะไมโลส ปริมาณไขมัน และความสามารถในการกักเก็บน้ำ) พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณสตาร์ชสูงกว่าแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณสตาร์ชไม่แตกต่างกัน ปริมาณอะไมโลสพบว่าแป้งข้าวโพดมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือแป้งมันฝรั่ง และน้อยที่สุดคือแป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ แป้งข้าวโพดมีปริมาณไขมันสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง โดยความสามารถในการกักเก็บน้ำของแป้งมันฝรั่งสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดเล็กน้อย

จุฑารัตน์ ธีระทานันท์ (2562) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งธรรมชาติ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งถั่วเขียว เพื่อคัดเลือกแป้งที่เหมาะสมนำไปพัฒนาตำรับแป้งอัดแข็ง และนำตำรับแป้งอัดแข็งจากแป้งธรรมชาติที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพ ประเมินทางประสาทสัมผัส และประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัคร กับแป้งอัดแข็งจากทัลค์ พบว่าแป้งธรรมชาติที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาตำรับแป้งอัดแข็ง คือ แป้งถั่วเขียว เนื่องจากมีการไหล การอัดตัวได้ และการประเมินทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อนำสูตรตำรับแป้งอัดแข็งจากแป้งถั่วเขียวทดสอบการไหล Drop test การเกาะติดพัพ การเกาะติดผิว พบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่การอัดตัวได้

ของแป้งลดลง และการประเมินทางประสาทสัมผัสของแป้งอัดแข็งจากแป้งถั่วเขียว พบว่าคะแนนแต่ ละด้านอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อทดสอบความคงตัวที่สภาวะต่างๆ พบว่ามีค่าความคงตัวในทุกสภาวะ และไม่มีค่าความแตกต่างของสีที่แยกออกด้วยตาเปล่า การทดสอบความพึงพอใจ พบว่าความพึงพอใจโดยรวมระหว่างแป้งอัดแข็งจากแป้งถั่วเขียวกับแป้งอัดแข็งจากทัลก์ไม่แตกต่างกัน

กมลรัตน์ ทิพยมาศโกมล (2563) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งธรรมชาติ ได้แก่ แป้งสาคุ แป้งถั่วเขียว แป้งท้าวยายม่อม แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า เพื่อคัดเลือกแป้งที่ เหมาะสมนำไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น พบว่าแป้งที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น คือ แป้งท้าวยายม่อมและแป้งข้าวโพด เนื่องจากมีการไหลและการอัดตัวได้อยู่ในเกณฑ์ดี โดยใช้อัตราส่วน แป้งท้าวยายม่อมต่อแป้งข้าวโพด คือ 25:75 โดยน้ำหนัก และใช้ Sericite เป็น diluent โดยใช้ อัตราส่วนแป้งธรรมชาติต่อ Sericite คือ 25:75 เมื่อนำสูตรตำรับแป้งฝุ่นที่ได้ไปทดสอบการเกาะติด แปรง การเกาะติดผิว พบว่าเกาะติดดี เมื่อทดสอบความคงตัวของตำรับที่สภาวะต่างๆ ไม่พบการ เปลี่ยนแปลงของสีที่สังเกตด้วยตาเปล่า แต่เมื่อหาค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E$ ) โดยการวัดค่าสีด้วย เครื่อง colorimeter แบบค่าสี CIE L\*, a\*, b\* พบว่าทุกสภาวะมีค่า  $\Delta E$  น้อยกว่า 1 ยกเว้นสภาวะที่ อยู่ในตู้อบ 45°C ซึ่งได้ค่า  $\Delta E$  ระหว่าง 2 – 3.5 จากการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่ามี จำนวนเท่ากับ 220 CFU/g ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และผลการทดสอบความพึงพอใจระหว่างสูตรแป้งธรรมชาติเทียบกับสูตรแป้งทัลก์ผลการทดสอบไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 ตำรับ

Wang et al. (2022) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของแป้งข้าวเหนียว (Glutinous rice starch; GRS) แป้งข้าวญี่ปุ่น (Japaonica rice starch; JRS) และแป้งข้าวอินเดีย (Indica rice starch; IRS) ที่ดัดแปรแป้งด้วยออกเทนิลซึกซินิกแอนไฮไดรด์ เมื่อหยดน้ำลงบนฟิล์มของ Native starch กับ OSA – modified starch ของแป้งข้าวเหนียว (OSA – GRS) แป้งข้าวญี่ปุ่น (OSA – JRS) และแป้งข้าว อินเดีย (OSA – IRS) พบว่าค่า Contact angle ของ OSA – modified starch มีค่ามากกว่า Native starch โดยค่า Contact angle ของ GRS, JRS และ IRS เท่ากับ 37.24°, 39.38° และ 41.47° ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่า Contact angle ของ OSA – GRS, OSA – JRS และ OSA – IRS ที่ อยู่ที่ 55.57°, 68.47° และ 69.04° ตามลำดับ ซึ่งสามารถบอกได้ว่าแป้งที่ถูกดัดแปรมีความกันน้ำ ได้มากขึ้น

Quintero-Castaño et al. (2020) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทาง กายภาพของแป้งที่สกัดจากกล้วยพันธุ์ Dominico-Harton (DH) และ FHIA 21 ก่อนและหลังการดัดแปรด้วยออกเทนิลซึกซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA) ปริมาณ 3% ผลการทดลองพบว่าแป้ง FHIA 21 ที่ถูก ดัดแปรมีการแทนที่ (Degree of Substitution: DS) สูงสุดที่ 0.020 ขณะที่ DH มีค่า DS เท่ากับ 0.016 โดยแป้งที่ผ่านการดัดแปรยังคงมีลักษณะเม็ดแป้งเดิมแต่ผิวเม็ดแป้งเปลี่ยนไปเป็นขรุขระมาก

ขึ้นตามภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบแถบดูดกลืนที่ตำแหน่ง 1566 และ 1738  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหมู่เอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาตัดแปรด้วย OSA ซึ่งเป็นการยืนยันว่าการตัดแปรแบ่งด้วย OSA สำเร็จ

## 2.3 แบ่งฝุ่นผัดหน้า

แบ่งฝุ่นผัดหน้าจะอยู่ในรูปผงแบ่งไม่มีการอัดแข็ง แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดโปร่งแสง (translucent) เป็นแบ่งฝุ่นที่มีความโปร่งแสง เน้นความเป็นธรรมชาติ ไม่มีการปกปิดใดๆ และอีกชนิด คือแบ่งแบบธรรมชาติ มีความทึบแสงพอสมควร มีการปกปิดขึ้นมาเล็กน้อย โดยปกติแบ่งฝุ่นจะมีการใส่สารยึดเกาะ (Binder) ปริมาณเล็กน้อยเพื่อลดการฟุ้งกระจาย แบ่งฝุ่นผัดหน้านิยมใช้ทาทับริวหน้าหรือลงหลังลงรองพื้นเพื่อให้ใบหน้า ดูเนียน ลดความมัน และทำให้รองพื้นติดทน คุณสมบัติของแบ่งที่ดี ต้องมีความลื่น เรียบเนียน ให้ความปกปิดที่พอประมาณ ติดทนนาน เกาะติดที่ผิวดี ใช้งานง่าย ให้สีที่สม่ำเสมอ ไม่เกิดเส้นสีของเมคส์ ดูดซับความมัน หรือ เหงื่อได้ดี เนื้อแบ่งต้องติดอุปกรณ์ทาแบ่งในปริมาณที่เหมาะสม

พัชรี วงศ์ประทีป (2565) ได้ทำการพัฒนาแบ่งฝุ่นผัดหน้าที่มีสารสกัดเปลือกมังคุด ซึ่งสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ Staphylococcus aureus และ Propionibacterium acnes โดยพัฒนาสูตรแบ่งฝุ่นพื้นฐานที่ให้ความนุ่มลื่น กระจายตัวได้ดี เคลี่ยง่าย ปกคลุมผิวปานกลาง ติดผิวดี และมีการทดสอบค่า Bulk density และ Tapped density โดยผลการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.39 -0.41 และ 0.45 -0.46 ตามลำดับ ซึ่งแบ่งมีความมีความฟู เบา และทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยการวัดค่าความเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E^*$ ) โดยพบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นในการทดสอบเล็กน้อย ในสถานะดูบและสถานะแสงแดด

งามศิลป์ กาบทอง (2558) ได้ทำการพัฒนาสีจากแก้วมังกรแดงร่วมกับแบ่งข้าวเจ้าเพื่อพัฒนาเป็นแบ่งผัดหน้าให้ได้สูตรที่เหมาะสม ผลการศึกษาและพัฒนาสูตรตำรับเครื่องสำอางประเภทแบ่งจากแบ่งข้าวเจ้าผสมแก้วมังกรแดง พบว่าสามารถนำแบ่งข้าวเจ้าผสมแก้วมังกรแดงมาพัฒนาเป็นเครื่องสำอางประเภทแบ่งได้ เมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องสำอางประเภทแบ่งที่ได้มาตรฐาน ผลการทดสอบความสามารถในการไหลของผลิตภัณฑ์ แบ่งข้าวเจ้าย้อมสีสารสกัดเนื้อและเปลือกผลแก้วมังกรแดง ให้ค่ามูมากกว่าทาลค์มและแบ่งข้าวเจ้าเกรดเครื่องสำอาง (CRP-100) ซึ่งผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ สามารถเคลี่ยได้ง่าย มีความลื่นผิว คลอบคลุมผิวได้ดี ปกปิดริ้วรอย ควบคุมความมัน และให้สีบนผิวดี

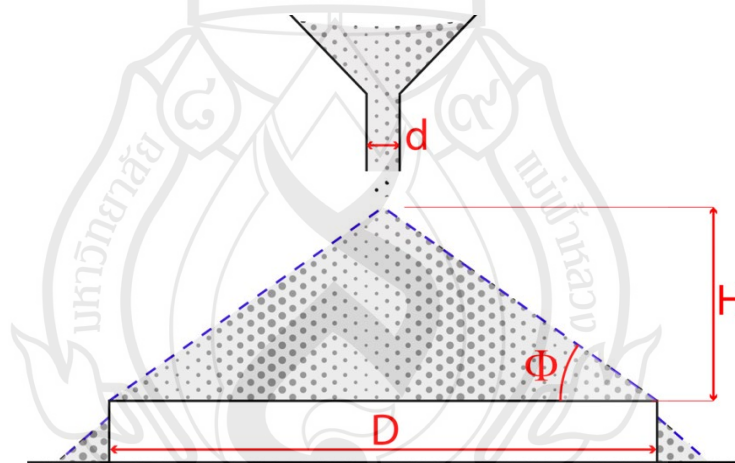
## 2.4 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งฝุ่น

### 2.4.1 การวัดมุมการไหล (Repose Angel)

การวัดมุมการไหล (Repose angle) (ภาพที่ 2.3) ใช้บอกความสามารถในการไหลของเนื้อแป้งเกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานระหว่างอนุภาค โดยใช้กรวยแก้ว จากนั้นกำหนดความสูงของกรวยที่แน่นอน ซึ่งปริมาณผงแป้งที่แน่นอน แล้วเทผงแป้งผ่านกรวย จะทำให้เกิดกองผงแป้งเป็นรูปกรวย (powder cone) วัดความสูงของกรวยผงแป้ง (Height, h) และเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยผงแป้ง (Diameter, d) มาคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\tan \theta = \frac{h}{d/2}$$

นำค่ามุมการไหลที่ได้มาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.3 การวัดมุมการไหล (Repose angle)

ตารางที่ 2.1 สมบัติการไหล (Flow Property) ของผงแป้ง กับค่า Repose angle

Flow Property	Repose angle (Degree)
Excellent	25 – 30
Good	31 – 35
Fair – aid not needed	36 – 40
Passable – May hand up	41 – 45
Poor – must agitate, vibrate	46 – 55
Very poor	56 – 65
Very, very poor	> 66

#### 2.4.2 การวัดความหนาแน่นของแป้งฝุ่น

การวัดความหนาแน่นของแป้งฝุ่น โดยการทดสอบหาค่า Bulk density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงแป้งที่ยังไม่ผ่านการเคาะหรือการทำให้อัดแน่น และ Tapped density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงแป้งที่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่นแล้ว Bulk density และ Tapped density คำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{Bulk density (pb)} = \frac{M}{Vb}$$

$$\text{Tapped density (pt)} = \frac{M}{Vt}$$

เมื่อได้ค่า Bulk density และ Tapped densityให้นำมาคำนวณหาความหนาแน่นในสูตร Carr's index และ Hausner ratio ตามสมการ ดังนี้

$$\text{Carr's index} = \frac{(pt - pb)}{pb} \times 100$$

$$\text{Hausner ratio} = \frac{pt}{pb}$$

นำค่าความหนาแน่นที่ได้มาเปรียบเทียบกับสมบัติการไหล ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติการไหลของผงแป้งกับค่า Carr's index และ Hausner ratio

Carr's index	Flow Property	Hausner ratio
$\leq 10$	Excellent	1.00 – 1.11
11 – 15	Good	1.12 – 1.18
16 – 20	Fair	1.19 – 1.25
21 – 25	Passable	1.26 – 1.34
26 – 31	Poor	1.35 – 1.45
32 – 37	Very poor	1.46 – 1.59
$\geq 38$	Very, very poor	> 1.60



## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 แป้งกล้วย (Banana starch)
- 3.1.2 Talcum (TOSH I KI PIGMENT, Japan)
- 3.1.3 Mica (K.S.PEARL Co., Ltd., Korea)
- 3.1.4 Kaolin (Panreac applichem., USA)
- 3.1.5 Zinc stearate (NOF CORPORATION, Japan)
- 3.1.6 Magnesium carbonate (Arrow fine chemicals, India)
- 3.1.7 Titanium dioxide (TOSHIGI PIGMENT, Japan)
- 3.1.8 Gluconolactone (and) Sodium Benzoate (Lanza Inc., USA)
- 3.1.9 Squalane (Nippon Surfactant Industries Co., Ltd., Japan)
- 3.1.10 น้ำกลั่น
- 3.1.11 Octenyl succinic anhydride (MERCK, Germany)
- 3.1.12 1 M Sodium hydroxide (MERCK, Germany)
- 3.1.13 0.5 M Hydrochloric acid
- 3.1.14 95% Ethanol (Spread Business Co., Ltd., Thailand)
- 3.1.15 2.5 M HCL – Isopropyl alcohol
- 3.1.16 90% Isopropyl alcohol (Thailand)
- 3.1.17 Silver nitrate (Bio-Gate AG, Germany)
- 3.1.18 Phenolphthalein (Labscan, Thailand)

#### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Precisa/XT 220A, Switzerland)
- 3.2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Precisa/XB 2200C, Switzerland)
- 3.2.3 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (QIS/B200)

- 3.2.4 เตาให้ความร้อน (IKA/RH Basic 2, Germany)
- 3.2.5 เครื่องวัดสี (KONICA MINOLTA/CM-700d, Japan)
- 3.2.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (HERMILE/Z206A, Germany)
- 3.2.7 เครื่องปั่นละเอียด (Tefa/DPA130, France)
- 3.2.8 ตู้อบลมร้อน (MMM/Ecocell 222C, Germany)
- 3.2.9 ตู้เย็น (Haier, Thailand)
- 3.2.10 ไมโครปิเปต (GILSON, France)
- 3.2.11 Pipette Tip
- 3.2.12 ชุดกรองสุญญากาศ
- 3.2.13 กระดาษกรอง (Whatman, England)
- 3.2.14 เครื่องแก้วสำหรับการทดลอง (Duran, Germany)
- 3.2.15 โกร่งและลูกโกร่ง
- 3.2.16 กรวยแก้ว
- 3.2.17 ตะแกรงร่อน ขนาด 80 mesh
- 3.2.18 ตะแกรงร่อน ขนาด 100 mesh
- 3.2.19 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด
- 3.2.20 ตู้ดูดควัน (ELEXLAB/FH3)
- 3.2.21 เครื่อง FTIR Spectrometer (Nicolet™ iS50, USA)

### 3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การตัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์ (OSA – banana starch)

นำแป้งกล้วย (Banana starch, *Musa acuminata* ‘Kluai Hom Karen’) ที่สกัดโดย Karnjanasopon et al. (2017) ปริมาณ 35% W/W กระจายลงในน้ำกลั่น และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 35°C โดยมีการกวนตลอด และปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 8.2 – 8.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ให้ค่า pH อยู่ในช่วงดังกล่าวเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นค่อยๆเติมสารละลายออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรต์ (3%, 5% และ 7%) ลงในน้ำแป้งช้า ๆ ปั่นให้ครบ 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาให้ปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ที่ 6.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เพื่อเป็นการสิ้นสุดปฏิกิริยา นำน้ำแป้งไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 x g เป็นเวลา 15 นาที

ล้างน้ำแป้งด้วย 95% เอทานอล 2 ครั้ง และ น้ำกลั่น 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำแป้งไปอบที่ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยดัดแปลงวิธีการจาก Zhao et al. (2020)

### 3.3.2 การหาค่าการแทนที่ของหมู่แทนที่ (Degree Substitution)

ชั่งน้ำหนัก OSA – banana starch 5 กรัม มาทำให้กระจายตัวในสารละลาย HCL – isopropyl alcohol ความเข้มข้น 2.5 mol/L ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยมีการกวนไปด้วยเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม Isopropyl alcohol ความเข้มข้น 90% v/v ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และกวนต่อไปอีก 10 นาที ทำการเอาสารละลายออกด้วยการกรองและล้างด้วย Isopropyl alcohol ความเข้มข้น 90% v/v จนคลอไรด์ไอออนหมด โดยตรวจสอบได้จากสารละลาย AgNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 0.1 mol/L นำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นมาทำให้กระจายตัวในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปต้มจนกระทั่งสารละลายใส และนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 mol/L โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator จนกระทั่งมีสีแดงอ่อนเกิดขึ้นให้หยุด สำหรับการเตรียม control ให้ใช้ Native starch มาทำการไทเทรตแทน แล้วคำนวณค่าระดับการแทนที่ (DS) ดังสมการ (Zhao et al., 2020)

$$DS = \frac{0.162 \times \frac{M \times V}{W}}{1 - [0.210 \times \frac{M \times V}{W}]}$$

M = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (mol/L)

V = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของ OSA – modified starch (กรัมโดยน้ำหนักแป้งแห้ง)

3.3.3 การดูรูปร่างลักษณะของเม็ดแป้งตรวจสอบโดยวิธีกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy)

นำแป้งกล้วย และ OSA – banana starch ปริมาณเล็กน้อยมาโรยบนเทปกาวสองหน้าที่ติดอยู่บนแท่ง aluminium stub นำแท่ง aluminium stub เข้าเครื่องเคลือบทองที่ผิวของแป้งตัวอย่างส่องดูตัวอย่างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JCM-6010 LV, ประเทศญี่ปุ่น) โดยควบคุมสภาวะในการทดลองดังนี้ ค่าอัตราเร่งความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 kV ใช้กำลังขยายที่ 500 เท่า, 2000 เท่า และ 5000 เท่า

### 3.3.4 ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption)

ชั่ง Banana starch, OSA – banana starch และ Talcum 1 กรัม ใส่ลงในน้ำ 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,500 rpm เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนใส (Supernatant) ใส่กระบอกตวง 10 มิลลิลิตร เพื่อวัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ ความต่างของน้ำในตอนแรกกับที่เหลืออยู่

สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับน้ำของ OSA – banana starch ผลลัพธ์แสดงเป็น g/mL ของน้ำหรือน้ำมันที่ดูดซับไว้ (Thanyapanich et al., 2021)

### 3.3.5 Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

นำ OSA – banana starch ไปวัด ATR-FTIR ด้วยเครื่อง FTIR Spectrometer (Nicolet™ iS50, USA) ด้วยความละเอียด 4 cm<sup>-1</sup> ในช่วงความยาวคลื่น 400 – 4000 cm<sup>-1</sup> ที่อุณหภูมิห้อง

### 3.3.6 การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น

เลือกแป้งที่ถูกตัดแปรด้วยออกเทนิลซึกซินิกแอนไฮไดรด์ที่มีค่าการแทนที่ (DS) ที่มากที่สุดนำมาทำตำรับแป้ง ดังตารางที่ 3.1 โดยผสมสารในเฟส A ทั้งหมดด้วยวิธี Geometric dilution ลงในโกร่ง จากนั้นหยด Squalane ซึ่งเป็นเฟส B ลงในเฟส A บดผสมให้เข้ากัน และทำการประเมินตำรับแป้งฝุ่นโดยผู้วิจัยด้วยการนำแป้งฝุ่นแต่ละสูตรเกลี่ยลงบนท้องแขน โดยพิจารณาการเกลี่ย, ความละเอียด, การจับตัว และความลื่นของเนื้อแป้งแต่ละสูตร

**ตารางที่ 3.1** ตำรับแป้งฝุ่น (มีการปรับปริมาณส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสม)

Phase	Ingredients	%W/W	Function
A	Talc หรือ OSA – banana starch	qs to 100	Filler
	Mica	5 – 10	Filler
	Kaolin	5 – 10	Filler
	Zinc Stearate	1 – 5	Adhesion
	Magnesium Carbonate	1 – 5	Absorbent
	Titanium Dioxide	1 – 5	Pigment
	Gluconolactone (and) Sodium Benzoate	0.2 – 1	Preservative
B	Squalane	0.5 – 4	Liquid binder

**ที่มา** ดัดแปลงสูตรจากปฏิบัติการ Formulation of loose facial powder and compact powder, MFU

### 3.3.7 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับแป้งฝุ่น

การทดสอบสมบัติการไหลโดยใช้วิธีวัดมุมการไหล (Repose angle) ทดสอบการไหลโดยชั่งผงแป้ง 10 กรัม เทลงในกรวยแก้วที่มีความสูงห่างจากกระตาดารอง 5 เซนติเมตร และปล่อยผงแป้งลงมาก่อตัวเป็นทรงโคน วัดความสูงของและเส้นผ่านศูนย์กลางของกองผงแป้ง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า Repose angle ดังสมการ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยแปลผลสมบัติการไหลตามตารางที่ 2.1

$$\tan \theta = \frac{h}{d/2}$$

$\theta$  = มุมการไหล (Repose angle)

$h$  = ความสูงของกองแป้ง

$d$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของกองแป้ง

การทดสอบความความหนาแน่น ซึ่งผงแป้ง 10 กรัม เทลงในกระบอกตวง 50 มิลลิลิตร บันทึกปริมาตรที่อ่านค่าได้ นำไปคำนวณหาค่า Bulk density ดังสมการ

$$\text{Bulk density (pb)} = \frac{M}{Vb}$$

$M$  = น้ำหนักแป้ง (กรัม)

$Vb$  = ปริมาตร

นำกระบอกตวงถือให้ห่างจากพื้นโต๊ะที่มีฝารองประมาณ 15 เซนติเมตร และปล่อยกระบอกตวงลงพื้นโต๊ะ ทำซ้ำประมาณ 30 รอบ บันทึกปริมาตรที่อ่านค่าได้ นำไปคำนวณหาค่า Tapped density ดังสมการ

$$\text{Tapped density (pt)} = \frac{M}{Vt}$$

$M$  = น้ำหนักแป้ง (กรัม)

$Vt$  = ปริมาตร

นำค่า Bulk density และ Tapped density ที่ได้ไปคำนวณหาค่า Carr's index และ Hausner ratio ดังสมการ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยแปลผลสมบัติการไหลตามตารางที่ 2.2

$$\text{Carr's index} = \frac{(pt - pb)}{pb} \times 100$$

$$\text{Hausner ratio} = \frac{pt}{pb}$$

3.3.8 การทดสอบความคงตัวทางกายภาพของตำรับ OSA – banana starch เทียบกับตำรับ Talcum

ประเมินความคงตัวในสภาวะต่าง ๆ ได้แก่ สภาวะไม่สัมผัสแสงแดดที่อุณหภูมิห้อง, สภาวะที่สัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง, ที่ต้อบ 45°C และที่ตู้เย็น 4°C ตรวจสอบผลทุก ๆ สัปดาห์เป็นเวลา 1 เดือนด้วยวิธีหาค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E^*$ ) โดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี KONICA MINOLTA/CM-700d แบบค่าสี CIE L\*, a\*, b\* ทั้งก่อนและหลังทำการทดสอบ วัดทั้งหมด 3 ครั้ง

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### 4.1 การดัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA-banana Starch)

ผลการดัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA – banana starch) ด้วย 3%, 5% และ 7% ออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA) ด้วยการค่าการแทนที่ของ OSA (Degree of substitution, DS) พบว่า ค่าการแทนที่ (DS) ของ 3%, 5% และ 7% OSA คือ 0.030, 0.024 และ 0.016 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 แต่จากงานวิจัยของ Zhao et al. (2020) ที่ดัดแปร Pullulan ด้วย OSA พบว่า เมื่อปริมาณ OSA เพิ่มขึ้นค่าการแทนที่ (DS) ก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย จากผลการทดลอง จึงเลือกแป้งกล้วยที่ดัดแปรด้วย 3% OSA ที่มีค่าการแทนที่ (DS) มากที่สุด นำไปพัฒนาสูตรต่อไป ซึ่งผลการดัดแปรแป้งกล้วยด้วย OSA มีค่าสูงกว่างานวิจัยของ Quintero-Castaño et al. (2020) ซึ่งดัดแปรแป้งกล้วย DH และ FHIA 21 ด้วย OSA ที่ปริมาณ 3% ที่ได้ผลค่าการแทนที่ คือ 0.016 และ 0.020 ตามลำดับ

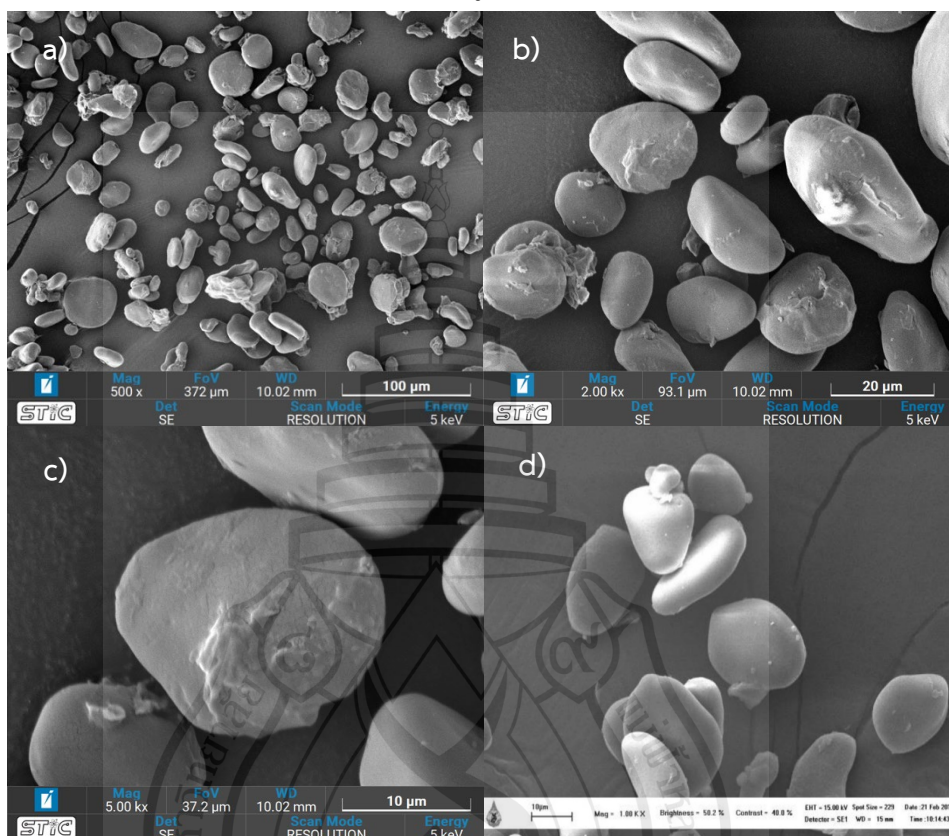
ตารางที่ 4.1 ค่าการแทนที่ (DS) ของ OSA – banana starch

ปริมาณ OSA (%)	DS
3	0.030 ± 0.001
5	0.024 ± 0.001
7	0.016 ± 0.001

#### 4.2 ลักษณะของ OSA–banana Starch

OSA – banana starch เมื่อดูลักษณะและรูปร่างจากกล้อง SEM พบว่า มีพื้นผิวขรุขระเล็กน้อย รูปร่างยาวและรี ดังภาพที่ 4.1 เนื่องจาก OSA มีผลต่อพื้นผิวของ Banana starch ซึ่งจากงานวิจัยของ Quintero-Castaño et al. (2020) ได้ทำการดัดแปรแป้งกล้วย DH และ FHIA 21 ด้วย OSA ซึ่งแป้งกล้วย DH และ FHIA 21 ที่ถูกดัดแปรด้วย OSA มีพื้นผิวขรุขระซึ่งแตกต่างจากแป้งกล้วยที่ไม่ถูกดัดแปรด้วย OSA ที่มีพื้นผิวเรียบ เนื่องจากโมเลกุลที่ชั้น lamella ถูกทำลายระหว่างที่ทำ

ปฏิกิริยา ซึ่งทำให้ OSA – banana starch มีความเป็นผลึกที่สูงกว่า Banana starch (Marta et al., 2022) เมื่อนำแป้ง OSA – banana starch เทียบกับ Banana starch จากงานวิจัยของ Karnjanasopon et al. (2017) ซึ่งมีพื้นผิวเรียบ รูปร่างยาวและรี

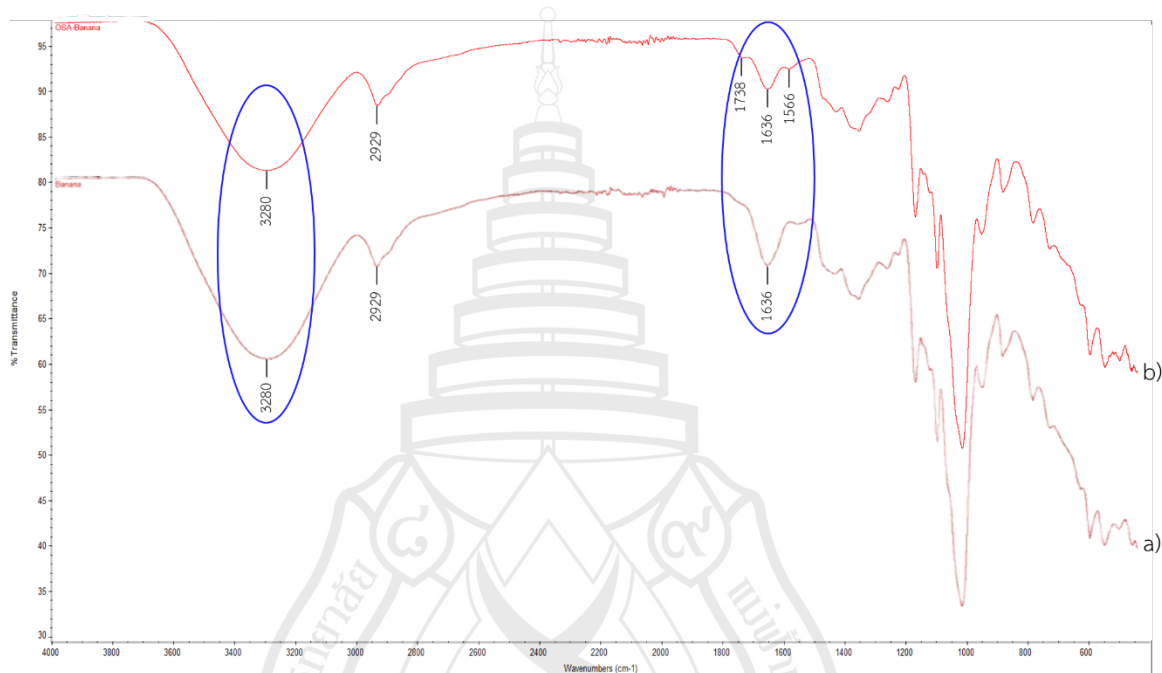


ภาพที่ 4.1 ลักษณะและรูปร่างของ OSA – banana starch จากกล้อง SEM a) กำลังขยาย 500 เท่า b) กำลังขยาย 2000 เท่า c) กำลังขยาย 5000 เท่า d) Banana starch กำลังขยาย 1000 เท่า

### 4.3 Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

ผลของ FT-IR ของ Banana starch และ OSA – banana starch แสดงดังภาพที่ 4.2 โดยแถบสเปกตรัมแสดงอยู่ที่ 3280 (O–H stretching vibration), 2929 (C–H asymmetric stretching) (Chen et al., 2020), 1636 (C–O in-plane bending), 1337 (C–H asymmetric stretching vibration), 1149 (C–O symmetric stretching vibration), 1076 (C–O–H bending vibration), 930 ( $\alpha$ -1,4 Glycosidic bonds skeleton vibration), 859 (Characteristic absorption of D-pyran glycoside bonds), 760 (Stretching vibration of pyranose ring) และ 522 (Low-

frequency ring vibrations) (Quintero-Castaño et al., 2020) รายละเอียดดังตารางที่ 4.2 โดยแถบสเปกตรัมแสดงที่ 1738 (Stretching vibration ester group) และ 1566 (C–O asymmetric stretch vibration) จะพบที่แป้งที่ถูกตัดแปรเท่านั้นซึ่งจากงานวิจัยของ Quintero-Castaño et al. (2020) แสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยที่ถูกตัดแปรด้วย OSA มีแถบสเปกตรัมที่ 1566 และ 1738 เช่นเดียวกัน ซึ่งไม่พบในแป้งกล้วยที่ไม่ถูกตัดแปร



ภาพที่ 4.2 ผลของ FT-IR a) แถบสเปกตรัม FT-IR ของ Banana starch b) แถบสเปกตรัม FT-IR ของ OSA – banana starch

ตารางที่ 4.2 แถบสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของ OSA – banana starch

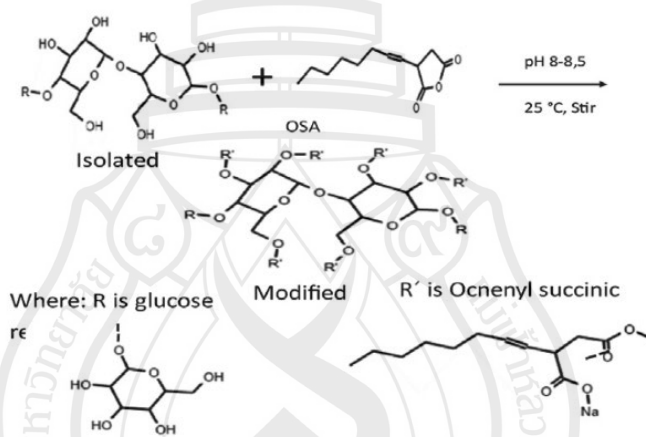
Wavelength (cm <sup>-1</sup> )	Functional group
522	Low-frequency ring vibrations
760	Stretching vibration of pyranose ring
859	Characteristic absorption of D-pyran glycoside bonds
930	$\alpha$ -1,4 Glycosidic bonds skeleton vibration
1076	C–O–H bending vibration
1149	C–O symmetric stretching vibration
1337	C–H asymmetric stretching vibration
1566	C–O asymmetric stretch vibration
1636	C–O in-plane bending

#### ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Wavelength (cm <sup>-1</sup> )	Functional group
1738	Stretching vibration ester group

ที่มา Quintero-Castaño et al. (2020)

โดยหมู่เอสเทอร์ (-COO) ของออกเทนิลซัคซินิกในออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ จะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในโครงสร้างของ Banana starch ทำให้สเปกตรัมที่ 3280 ของ OSA – banana starch มีความเข้มข้นลดลงเมื่อเทียบกับ Banana starch แต่ทำให้ OSA – banana starch เกิดสเปกตรัมที่ 1738 และสเปกตรัมที่ 1566 เนื่องจากออกเทนิลซัคซินิกมีหมู่คาร์บอนิล (-CO) เมื่อเข้าไปแทนที่ในโครงสร้างของ Banana starch ดังภาพที่ 4.3



ที่มา Quintero-Castaño et al. (2020)

ภาพที่ 4.3 OSA - modification reaction

#### 4.4 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

ความสามารถในการดูดซับน้ำของ Banana starch คือ 1.4 g/ml, OSA – banana starch คือ 1.2 g/ml และ Talcum คือ 1.1 g/ml แสดงให้เห็นว่า Banana starch มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงสุด รองลงมาคือ แป้งกล้วยที่ผ่านการดัดแปรด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (OSA – banana starch) และ Talcum มีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่าเมื่อ Banana starch ถูกดัดแปรด้วย OSA ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติที่กั้นน้ำดีขึ้นจึงทำให้การดูดซับน้ำของ OSA – banana starch มีค่าลดลง (Thanyapanich et al., 2021)

#### 4.5 การพัฒนาตำรับแป้งฝุ่น

ทำการพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นโดยพัฒนาจากแป้งฝุ่นที่มีองค์ประกอบหลักคือ Talcum และ OSA – banana starch โดยพัฒนาตำรับทั้งหมด 6 สูตร ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดตำรับแป้งฝุ่น

Phase	ส่วนประกอบ	% w/w					
		สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
A	Talc	62	66	70	-	-	-
	OSA – banana starch	-	-	-	62	66	70
	Mica	10	10	10	10	10	10
	Kaolin	10	10	10	10	10	10
	Magnesium Carbonate	5	5	3	5	5	3
	Zinc Stearate	3	3	3	3	3	3
	Titanium Dioxide	5	5	3	5	5	3
	Gluconolactone (and)	1	1	1	1	1	1
	Sodium Benzoate						
B	Squalane	4	-	-	4	-	-

โดยเนื้อสัมผัสของแต่ละสูตรเป็นดังนี้ สูตรที่ 1 เนื้อแป้งเกลี่ยยาก, ไม่ละเอียดจับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งมีความฝืดในขณะที่เกลี่ยลงบนผิว ต้องใช้เวลาเกลี่ยเพื่อให้แป้งมีความกระจายตัว สูตรที่ 2 เนื้อแป้งเกลี่ยง่าย, เนื้อแป้งมีความละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งลื่นในขณะที่เกลี่ยลงบนผิวว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 เนื้อแป้งเกลี่ยง่ายกว่าสูตรที่ 1 แต่น้อยกว่า สูตรที่ 2, เนื้อแป้งมีความละเอียดเท่ากับสูตรที่ 2 และไม่จับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งลื่นในขณะที่เกลี่ยลงบนผิวว่าแต่น้อยกว่า สูตรที่ 2 จากนั้นนำ OSA – banana starch มาใช้แทนที่ Talcum ในสูตรทั้ง 3 สูตร โดยเนื้อสัมผัสของแต่ละสูตรเป็นดังนี้ สูตรที่ 4 เนื้อแป้งเกลี่ยยาก, เนื้อแป้งไม่ละเอียดจับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งมีความฝืดในขณะที่เกลี่ยลงบนผิว ต้องใช้เวลาเกลี่ยเพื่อให้แป้งมีความกระจายตัว สูตรที่ 5 เนื้อแป้งเกลี่ยง่าย, เนื้อแป้งมีความละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งลื่นในขณะที่เกลี่ยลงบนผิวมากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรที่ 4 และสูตรที่ 6 และสูตรที่ 6 เนื้อแป้งเกลี่ยง่าย, เนื้อแป้งมีความละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งลื่นในขณะที่เกลี่ยลงบนผิวแต่น้อยกว่าสูตรที่ 5 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เนื้อสัมผัสของตำรับแป้งจากดีที่สุดไปแย่ที่สุด

คุณลักษณะ	ตำรับ Talcum	ตำรับ OSA – banana starch
การเกลี่ย	สูตรที่ 2 > 3 > 1	สูตรที่ 5 > 6 > 4
ความละเอียด	สูตรที่ 2 = 3 > 1	สูตรที่ 5 = 6 > 4
การจับตัว	สูตรที่ 1 > 2 > 3	สูตรที่ 4 > 6 > 5
ความลื่น	สูตรที่ 2 > 3 > 1	สูตรที่ 5 > 6 > 4

#### 4.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับแป้งฝุ่น

การทดสอบสมบัติการไหลโดยใช้วิธีวัดมุมการไหล (Repose angle)

ผลการทดสอบสมบัติการไหลโดยใช้วิธีวัดมุมการไหล (Repose angle) ของตำรับ Talcum และ OSA – banana starch ของทั้ง 6 สูตร โดยมุมการไหลของตำรับ Talcum สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 40.60, 35.30 และ 39.73 ตามลำดับ และมุมการไหลของตำรับ OSA – banana starch สูตรที่ 4, 5 และ 6 มีค่า 41.96, 35.37 และ 39.08 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5 โดยสูตรที่ 1 และ 4 ของตำรับ Talcum และ OSA – banana starch มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์ผ่านเกณฑ์ (Passable) รองลงมาคือ สูตรที่ 3 และ 6 ที่มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair) และ สูตรที่ 2 และ 5 มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์ดี (Good) ซึ่งเห็นได้ว่า ปริมาณของ Talcum และ OSA – banana starch มีผลต่อสมบัติการไหลที่ดีขึ้น

ตารางที่ 4.5 ค่ามุมการไหล (Repose angle) และ Flow Property

คุณสมบัติ	ตำรับ Talc			ตำรับ OSA – banana starch		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
Repose angle (Degree)	40.60	35.30	39.73	41.96	35.37	39.08
Flow Property	Passable	Good	Fair	Passable	Good	Fair

การทดสอบความหนาแน่น (Bulk density และ Tapped density)

ผลการทดสอบความหนาแน่น (Bulk density และ Tapped density) ของตำรับ Talcum และ OSA – banana starch ของทั้ง 6 สูตร โดย Bulk density ของตำรับ Talcum สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.38, 0.33 และ 0.33 ตามลำดับ และ Bulk density ของตำรับ OSA – banana starch สูตรที่ 4, 5 และ 6 มีค่า 0.40, 0.45 และ 0.42 ตามลำดับ โดย Tapped density ของตำรับ Talcum

สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.53, 0.48 และ 0.45 ตามลำดับ และ Tapped density ของตำรับ OSA – banana starch สูตรที่ 4, 5 และ 6 มีค่า 0.63, 0.59 และ 0.59 ตามลำดับ นำค่า Bulk density และ Tapped density มาคำนวณหาค่า Carr's index และ Hausner ratio ได้ดังตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่า Carr's index และ Hausner ratio กับ สมบัติการไหล (Flow Property) โดยตำรับ Talcum ทั้ง 3 สูตร มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์แย่มาก (Poor) และตำรับ OSA – banana starch สูตรที่ 4 มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์แย่มาก (Very poor) รองลงมาคือ สูตรที่ 6 ที่มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์ในเกณฑ์แย่มาก (Poor) และ สูตรที่ 5 มีสมบัติการไหลอยู่ในเกณฑ์ผ่านเกณฑ์ (Passable)

ตารางที่ 4.6 ค่า Carr's index, Hausner ratio และ Flow Property

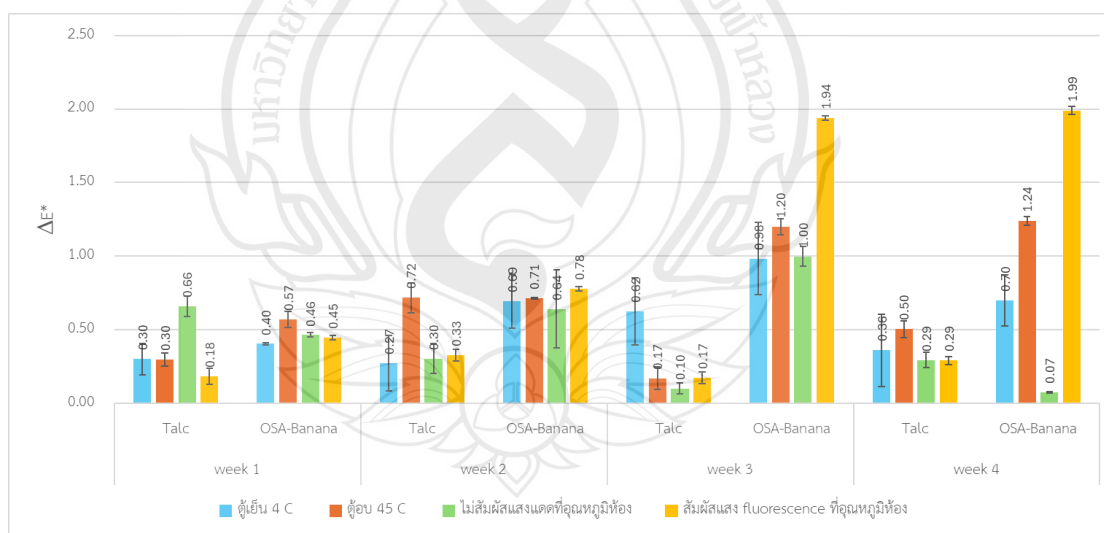
คุณสมบัติ	ตำรับ Talc			ตำรับ OSA – banana starch		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
Carr's index	26.92	30.00	26.67	36.00	22.73	29.17
Hausner ratio	1.37	1.43	1.36	1.56	1.29	1.41
Flow Property	Poor	Poor	Poor	Very poor	Passable	Poor

ผล Flow Property จากตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ทางผู้วิจัยจึงเลือกตำรับแป้งสูตรที่ 2 และ 5 มาทดสอบความคงตัวทางกายภาพต่อไป เนื่องจากมีผล Flow Property ที่ดีกว่าตำรับแป้งสูตรอื่นๆ ซึ่งปริมาณความชื้นและความสามารถในการไหลของแป้งจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการไหลของแป้งลดลง ขนาดอนุภาคของแป้งยังส่งผลต่อความสามารถในการไหลอีกด้วย โดยเม็ดแป้งขนาดเล็กหรือละเอียดจะไหลได้น้อยกว่าขนาดใหญ่ และการที่มีเม็ดแป้งขนาดเล็กในสัดส่วนที่สูงจะทำให้ความสามารถในการไหลลดลง (Craik, 1958; Crouter & Briens, 2014; Juarez-Enriquez et al., 2017; Ortega-Rivas, 2011; Ostrowka-Ligęza & Lenart, 2015; Shenoy et al., 2015).

#### 4.7 การทดสอบความคงตัวทางกายภาพของตำรับ OSA-modified Banana Starch เทียบกับตำรับ Talcum

การทดสอบความคงตัวทางกายภาพโดยวัดจากผลการทดสอบความคงตัวของสีตำรับแป้งสูตรที่ 2 และ 5 ของ Talcum และ OSA – Banana starch โดยวัดจากค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) ด้วยเครื่อง KONICA MINOLTA, CM-700d ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการวัดผลทุก ๆ 1 สัปดาห์ ตำรับ Talcum ที่สภาวะในตู้เย็น 4°C มี

แนวโน้มของ  $\Delta E^*$  ลดลงในแต่ละสัปดาห์ และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 และลดลงอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.30 \pm 0.11$ ,  $0.27 \pm 0.19$ ,  $0.62 \pm 0.23$  และ  $0.36 \pm 0.25$  ที่สภาวะในตู้อบ  $45^\circ\text{C}$  มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ และลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.30 \pm 0.05$ ,  $0.72 \pm 0.10$ ,  $0.17 \pm 0.08$  และ  $0.50 \pm 0.06$  ที่สภาวะไม่สัมผัสแสงแดดที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  ลดลงในแต่ละสัปดาห์ และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.66 \pm 0.07$ ,  $0.30 \pm 0.10$ ,  $0.10 \pm 0.04$  และ  $0.29 \pm 0.05$  ที่สภาวะสัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ และลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.18 \pm 0.06$ ,  $0.33 \pm 0.04$ ,  $0.17 \pm 0.04$  และ  $0.29 \pm 0.03$  สำหรับตำรับ OSA – Banana starch ที่สภาวะในตู้เย็น  $4^\circ\text{C}$  มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.40 \pm 0.01$ ,  $0.69 \pm 0.19$ ,  $0.98 \pm 0.25$  และ  $0.70 \pm 0.17$  สภาวะในตู้อบ  $45^\circ\text{C}$  มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ดังนี้  $0.57 \pm 0.05$ ,  $0.71 \pm 0.01$ ,  $1.20 \pm 0.05$  และ  $1.24 \pm 0.03$  ที่สภาวะไม่สัมผัสแสงแดดที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้  $0.46 \pm 0.02$ ,  $0.64 \pm 0.27$ ,  $1.00 \pm 0.07$  และ  $0.07 \pm 0.01$  ที่สภาวะสัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มของ  $\Delta E^*$  เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ดังนี้  $0.45 \pm 0.02$ ,  $0.78 \pm 0.02$ ,  $1.94 \pm 0.02$  และ  $2.33 \pm 0.03$  ดังภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5

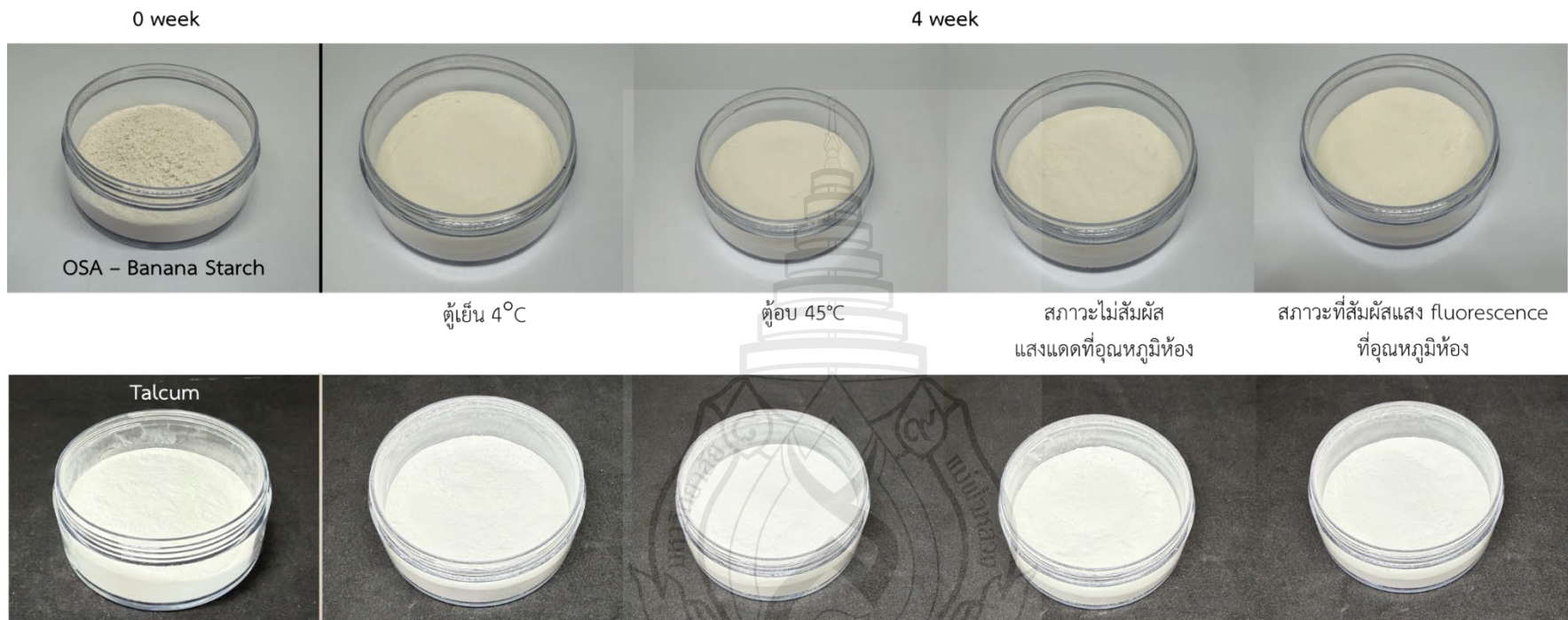


ภาพที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) ที่ 4 สภาวะ

จากผลการทดสอบภายใต้ 4 สภาวะ พบว่าสภาวะที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีตำรับ Talcum และ ตำรับ OSA – Banana starch มากที่สุด คือ สภาวะที่สัมผัสแสง fluorescence ที่อุณหภูมิห้อง และสภาวะที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีตำรับ Talcum และ ตำรับ OSA – Banana

starch น้อยที่สุด คือ สภาวะในตู้เย็น 4°C แต่เนื่องจากค่า  $\Delta E^*$  อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ  $\Delta E^* \leq 2$  เนื่องจาก  $\Delta E^* \leq 1$  เป็นค่าที่ตามนุษย์ไม่สามารถแยกความต่างสีออกได้ และ  $\Delta E^* > 2$  เป็นค่าที่ตามนุษย์สามารถแยกความต่างสีได้ (ViewSonic, 2021) ซึ่งจากค่า  $\Delta E^*$  แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลต่อความคงตัวของสีตำรับที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมากเกินไปจนเสียคุณสมบัติเมื่อนำไปทำตำรับแป้ง





ภาพที่ 4.5 ลักษณะตำรับ OSA - Banana starch และ Talcum ที่สภาวะต่างๆ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการดัดแปรแป้งกล้วยด้วยออกเทนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (Octenyl Succinic Anhydride: OSA) และนำแป้งที่ได้ไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นเพื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ใช้ Talcum ค่าการแทนที่ (Degree of Substitution: DS) ของแป้งกล้วยที่ดัดแปรด้วย OSA ในปริมาณ 3%, 5% และ 7% โดยแป้งที่ใช้ OSA 3% ให้ค่า DS สูงสุดและมากกว่าค่าที่รายงานในงานวิจัยก่อนหน้า จึงเลือกใช้แป้งที่ถูกดัดแปรด้วย OSA 3% นำไปพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นต่อไป

ผลการดูลักษณะทางกายภาพของ OSA – banana starch พบว่าพื้นผิวของแป้งมีลักษณะขรุขระมากขึ้นจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) และผลของ FT-IR แสดงแถบสเปกตรัมในบริเวณ 1566 และ 1738  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดกลุ่มเอสเทอร์จากการดัดแปรด้วย OSA การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งทั้งสามชนิด ได้แก่ Banana starch, OSA-banana starch และ Talcum พบว่าแป้งกล้วยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ OSA-banana starch และ Talcum ตามลำดับ

จากการพัฒนาตำรับแป้งฝุ่นทั้ง 3 สูตร ซึ่งผลจากการทดสอบทางกายภาพประเมินทางกายภาพ เช่น ความลื่น ความละเอียด และการเกลี่ยแป้ง พบว่าสูตรที่ 2 ให้ผลดีที่สุดทั้งในกลุ่มที่ใช้ Talcum และกลุ่มที่ใช้ OSA-banana starch นอกจากนี้ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับ ทั้งจากค่ามุมการไหล (Repose angle), Carr's index และ Hausner ratio แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 2 มีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุดโดยเนื้อแป้งเกลี่ยง่าย, มีความละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน และเนื้อแป้งลื่นในขณะที่เกลี่ยลงบนผิว

จากผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพโดยวัดจากผลการทดสอบความคงตัวของสีตำรับแป้งสูตรที่ 2 และ 5 ทั้งของ Talcum และ OSA – Banana starch ภายใต้อุณหภูมิห้อง, 45°C และที่ตู้เย็น 4°C พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) ของทั้งตำรับที่ใช้ Talcum และตำรับที่ใช้ OSA-banana starch ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ( $E^* \leq 2$ ) โดยเฉพาะตำรับที่เก็บในตู้เย็นมีความคงตัวของสีน้อยที่สุด ในขณะที่แสงฟลูออเรสเซนซ์มีผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด

จากผลการพัฒนาตำรับแป้ง, การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตำรับ และผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพโดยวัดจากผลการทดสอบความคงตัวของสีตำรับ สามารถนำ OSA-banana starch ไปใช้แทน Talcum ในผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่นได้ ซึ่ง OSA-banana starch

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดสอบความปลอดภัยทางผิวหนังเพิ่มเติม เช่น การระคายเคืองผิว (Irritation test), ความเป็นพิษระดับเซลล์ (Cytotoxicity test) และการทดสอบกับอาสาสมัคร (Patch test) เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้จริงในระดับเชิงพาณิชย์



## รายการอ้างอิง

- เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ และกล้าณรงค์ ศรีรอด. (2550). *เทคโนโลยีของแป้ง*. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กมลรัตน์ ทิพย์มาศโกมล. (2563). *การพัฒนาตำรับแป้งผู้ที่มีส่วนผสมของแป้งธรรมชาติ (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- จุฑารัตน์ ธีระทานนท์. (2562). *การพัฒนาตำรับแป้งอัดแข็งจากแป้งธรรมชาติ. (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า. (2565) *มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์*. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2565, จาก <http://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/informationrepack/339-tapioca-and-products?showall=&start=6>
- นภาพร พันธุ์สุข. (2547). *ผลของแป้งข้าวโพดและสตาร์ชดัดแปรต่อคุณลักษณะของโยเกิร์ตนมสด*. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสวี และพิเชษฐ์ กรุดลอยมา. (2562). *แป้งข้าวโพด-ประโยชน์และเป็นอันตรายต่อร่างกาย*. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2565, จาก <https://stale.ru/th/mushrooms/kukuruznyi-krahmal-polza-i-vred-dlya-organizma/>
- อรัญญา มโนสร้อย. (2533). *เครื่องสำอาง เล่มที่ 2 แป้งผัดหน้า เครื่องสำอางสำหรับตา รัสเซีย และลิปสติก*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- AllKaset. (2565). *กล้วย*. <https://www.allkaset.com/plant/กล้วย.Php>
- Karnjanasopon, K., Tipachote, P., & Jimthaisong, A. (2017). Extraction and characterization of banana starch (*Musa acuinata*). *Cosmetic Science Research Bulletin Vol.*, 1-6.
- Madson, M. A., Zhao, J., & Daniel, J. R. (1997). Surface derivatization of corn starch granules. *Cereal Chem*, 75(1), 72-74.
- Phuvarit, P., Srijesdaruk, V., Preechagoon, D., Tattawasart, A., & Peerapattana, J. (2010). Pregelatinized glutinous rice starch as a sustained release agent for tablet preparations. *Carbohydrate Polymers*, 453-459.

- Quintero-Castaño, V. D., Castellanos-Galeano, F. J., Álvarez-Barreto, C. I., Lucas-Aguirre, J. C., Bello-Pérez, L. A., & Rodríguez-García, M. E. (2020). Starch from two unripe plantains and esterified with octenyl succinic anhydride (OSA): Partial characterization. *Food Chemistry*, 315, 126241
- Rai, T., & Mishra, S. (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids*, 557-566.
- Takeda, Y., Maruta, N., & Hizukuri, S. (1989). Molecular structures of rice starch. *Carbohydrate Research*, 189, 227-235.
- Thanyapanich, N., Jimtaisong, A., & Rawdkuen, S. (2021). Functional properties of banana starch (*Musa spp.*) and its utilization in cosmetics. *Molecules*, 26, 3637.
- The United States Pharmacopeial Convention. (2009). *USP 32/NF 27* (Volume 1). United Book Press.
- ViewSonic. (2021). *What is Delta E? And Why Is It Important for Color Accuracy?*. <https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/>
- Wang, W., Liu, C., Zhang, H., Zhu, X., Wang, L., Zhang, N., & Yu, D. (2022). Properties of OSA-modified starch and emulsion prepared with different materials: glutinous rice starch, japonica rice starch, and indica rice starch. *Food Research International*, 161, 11845.
- Wyant, T. (2020). *Talcum Powder and Cancer*. American Cancer Society: [https://www.cancer.org/healthy/cancer-causes/chemicals/talcum-powder-and-cancer.html#written\\_by](https://www.cancer.org/healthy/cancer-causes/chemicals/talcum-powder-and-cancer.html#written_by)
- Zhao, L., Tong, O., Wang, H., Liu, Y., Xu, J., & Rehman, A. (2020). Emulsifying properties and structure characteristics of octenyl succinic anhydride-modified pullulans with different degree of substitution. *Carbohydrate Polymers*, 250, 116844
- Zhao, S., Xiong, S., & Zhang, Z. (2010). Morphology and physicochemical properties of mechanically activated rice starch. *Carbohydrate Polymers*, 79, 341-348.