20412

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

# การศึกษาอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ในการทำให้แป้งมันเทศบริสุทธิ์

# (Effect of Chemical Solution on Sweet Potato Flour Purification)

T097036

จัดทำโดย

นางสาวปวีณา จิตรชัยวรพันธ์

นางสาวสุชาดา มณีรัตน์

นางสาวอรอุมา มธุรสพรวัฒนา

ปพ.
ป496ก
2547
เลขหมู่.......................................
เลขทะเบียน...97036...
วัน,เดือน,ปี...[illegible]...

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## เรื่อง

## การศึกษาอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ในการทำให้แป้งมันเทศบริสุทธิ์

## (Effect of Chemical Solution on Sweet Potato Flour Purification)

### จัดทำโดย


นางสาวปวีณา จิตรชัยวรพันธ์ รหัสนักศึกษา 44040138

นางสาวสุชาดา มณีรัตน์ รหัสนักศึกษา 44040162

นางสาวอรอุมา มธุรสพรวัฒนา รหัสนักศึกษา 44040170


### ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.............................. 11/มิ.ย./48 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา )


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**น.ส.ปวีณา จิตรชัยวรพันธ์ , น.ส. สุชาดา มณีรัตน์ และ น.ส. อรอุมา มธุรสพรวัฒนา.2547: ชื่อเรื่อง การศึกษาอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ในการทำให้แป้งมันเทศบริสุทธิ์(Effect of Chemical Solution on Sweet Potato Flour Purification).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
**อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา**

## บทคัดย่อ

มันเทศ เป็นพืชหัวที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง มีสารอาหารเกือบทุกชนิด และยังจัดเป็นพืชทางเศรษฐกิจที่นำรายได้ให้กับประเทศไทย โดยทั่วไปมีการนำมันเทศมาใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรหลายด้าน จึงมีการนำมาทำเป็นแป้งมันเทศ และทำให้แป้งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยการนำมันเทศ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์สีม่วง พันธุ์สีส้ม และพันธุ์สีเหลือง มาผลิตเป็นแป้งมันเทศด้วยวิธีการโม่แห้ง จากนั้นนำมาทำให้แป้งมันเทศมีความบริสุทธิ์ขึ้นด้วยสารเคมี โดยศึกษาถึงอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ เพื่อลดปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในวัตถุดิบ 2 ชนิด คือ 0.1N โซเดียมคาร์บอเนต และ 0.003N โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยเปรียบเทียบกับน้ำ จากการทดลองพบว่า สตาร์ชมันเทศมีปริมาณโปรตีนลดลงเมื่อเทียบกับแป้งมันเทศ โดยแป้งมันเทศสีม่วง ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ4.00 ลดลงเหลืออยู่ในช่วง ร้อยละ0.99-1.05 , แป้งมันเทศสีส้ม ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ3.23 ลดลงเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.62-0.80 และแป้งมันเทศสีเหลือง ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ5.39 ลดลงเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.72-0.83 เมื่อหาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน พบว่า เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 73.75-85.34 , โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 74.00-86.64 และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ75.25-84.60 เมื่อคำนวณร้อยละของผลผลิตในการผลิต พบว่า เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 20.48-23.60 เมื่อใช้โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 20.36-21.74 และเมื่อใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นตัวสกัด ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 20.20-21.12 จากการศึกษาด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่า เม็ดแป้งที่ใช้ 0.1 N โซเดียมคาร์บอเนต บริเวณผิวหน้าจะถูกทำลาย ในขณะที่ใช้ 0.003Nโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และน้ำ ผิวหน้ายังคงสภาพเหมือนเม็ดแป้งในธรรมชาติ

| | | |
|---|---|---|
| ปวีณา จิตรชัยวรพันธ์<br>สุชาดา มณีรัตน์<br>อรอุมา มธุรสพรวัฒนา | | |
| ลายมือชื่อนักศึกษา | ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา | วัน/เดือน/ปี |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวเรื่อง การศึกษาอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ในการทำให้แป้งมันเทศบริสุทธิ์สำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของข้าพเจ้า ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาค่อยแนะนำให้คำปรึกษาและชี้แนวทางในการทำปัญหาพิเศษรวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์และสำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ที่ให้กำลังใจและค่อยช่วยเหลือด้านกำลังทรัพย์ จนสามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณพี่ดารินทร์ที่ให้คำปรึกษามาโดยตลอด ขอขอบพระคุณพี่นักวิทยาศาสตร์ที่ค่อยให้คำปรึกษาชี้แนะช่วยเหลือ และขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้ความร่วมมือ และความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

15 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช
บทที่
1. บทนำ.....1
2. วารสารปริทัศน์.....2
2.1 ทฤษฎี.....2
2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....11
2.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน.....13
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....16
3.1 วัตถุดิบ.....16
3.2 อุปกรณ์ในการผลิต.....16
3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์.....16
3.4 สารเคมีที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์.....17
3.5 วิธีการทดลอง.....18
4. ผลการทดลองและวิจารณ์.....22
4.1 ผลจากกระบวนการผลิตแป้งมันเทศ.....22
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ.....22
4.3 กระบวนการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ.....23
4.4 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญจากสตาร์ชของแป้งมันเทศ.....24
4.5 ผลจากการศึกษาลักษณะเม็ดสตาร์ช.....26
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....32
5.1 สรุปผลการทดลอง.....32
5.2 ข้อเสนอแนะ.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญ(ต่อ)**

**หน้า**

**เอกสารอ้างอิง**....................................................................................34
**ภาคผนวก**.............................................................................................37
**ภาคผนวก ก**..........................................................................................38
**ภาคผนวก ข**..........................................................................................42
**ประวัติผู้เขียน**........................................................................................44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตาราง** **หน้า**

**ตารางที่ 1 : คุณภาพทางเคมีของแป้งมันเทศ.........................................................................6**

**ตารางที่ 2** : แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ 3 สี.............................................................23

**ตารางที่ 3** : แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญจาก**สตาร์ช**ของแป้งมันเทศ.......................................................25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูป หน้า

รูปที่1 : กระบวนการผลิตแป้งมันเทศ....................................................................................19

รูปที่ 2 : กระบวนการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ.......................................................................20

รูปที่ 3 : แป้งมันเทศ ................................................................................................................22

รูปที่ 4 : สตาร์ชจากแป้งมันเทศ ................................................................................................24

รูปที่ 5 : ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีม่วงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน...............27

รูปที่ 6 : ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีส้มด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน.............29

รูปที่ 7 : ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีเหลืองด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน...........31

รูปที่ 8 : เครื่องเคลือบทอง.........................................................................................................42

รูปที่ 9 : กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน.............................................................................43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 บทนำ

มันเทศจัดเป็นพืชหัวที่เกิดจากราก ปลูกง่าย ขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด สามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย และปลูกได้เกือบทุกฤดูกาล ตลอดจนทนต่อสภาพอากาศค่อนข้างแห้งแล้งได้ ทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี ราคามันเทศจึงค่อนข้างถูก มันเทศยังเป็นแหล่งให้พลังงานที่มีคุณค่าทางด้านอาหารสูงชนิดหนึ่ง จึงนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารของมนุษย์ และอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่จะใช้มันเทศประกอบอาหารในรูปของหัวมันเทศสด ใช้ในการประกอบอาหารได้หลายชนิดทั้งคาวและหวาน ในด้านอุตสาหกรรมมีการสกัดแป้งมันเทศเป็นส่วนผสมของอาหารเด็ก อาหารว่างชนิดต่างๆ ในการนำไปทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งการแปรรูปเป็นการช่วยเพิ่มชนิดของอาหารและผลิตภัณฑ์จากอาหารให้เพิ่มมากขึ้น เป็นการรองรับผลผลิตในรูปหัวมันสด ช่วยเกษตรกรเมื่อราคาตกต่ำ การแปรรูปทำให้สามารถเก็บได้นานขึ้น ขจัดปัญหาในเรื่องการเก็บรักษาในรูปของหัวมันสด ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร ส่งผลให้มันเทศมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น สำหรับประเทศไทย การนำมันเทศมาผลิตเป็นอาหารประเภทต่างๆยังไม่กว้างขวางนัก จึงน่าจะมีการศึกษาต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารเคมีที่ใช้ในการทำให้แป้งมันเทศบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่2
# วารสารปริทัศน์

## 2.1 ทฤษฎี

2.1.1 มันเทศ (sweet potato)

มันเทศมีชื่อภาษาจีนว่า " ฮวงกั้ว " ชาวยุโรปเรียก " potato " เนื่องจากมันมี 2 ชนิด คือ ชนิดหวาน และชนิดไม่หวาน ชนิดหวานภาษาอังกฤษเรียกว่า " sweet potato " หรือมันเทศ ส่วนชนิดที่ไม่หวานภาษาอังกฤษเรียกว่า " irish potato " หรือมันฝรั่ง

มันเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* และอยู่ในตระกูล Convolovulaceae หรือ Morning Glory family มันเทศเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา แต่ในปัจจุบันได้มีการเพาะปลูกแพร่หลายในเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบแปซิฟิกคาริเบียน และเอเชียตะวันตก สำหรับในประเทศไทยสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาค และปลูกได้ตลอดปี จังหวัดที่มีการปลูกมันเทศเป็นการค้า ได้แก่ เชียงใหม่ พิจิตร อยุธยา สุพรรณบุรี ราชบุรี นครปฐม บุรีรัมย์ ปราจีนบุรี และนครศรีธรรมราช มันเทศมีลำต้นและเถาเลื้อยไปตามผิวดิน เป็นพืชล้มลุก สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุ 90-150 วันหลังปลูก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม มันเทศมีระบบรากแบบรากฝอยเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกหรือเกิดจากลำต้นที่ทอดไปตามดิน รากเป็นที่สะสมอาหารและสามารถใช้รับประทานได้ หัวมันเทศเกิดจากการขยายตัวของรากซึ่งเนื้อเยื่อภายในรากที่เรียกว่า parenchyma เป็นส่วนที่สะสมแป้ง ลักษณะหัวส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอกด้านหัวท้ายเรียวตรงกลางป่องออก สีผิวของหัวและสีของเนื้ออาจเป็นสีแดง เหลือง ขาว หรือ สีนวลแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ มันเทศเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ที่มีปริมาณการปลูกเป็นอันดับ 7 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าวบาร์เลย์ และมันสำปะหลัง ( Read , 1997 ) มันเทศจัดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ให้พลังงานสูง จากการรวบรวมและศึกษาพันธุ์มันเทศทั่วทุกภาคของประเทศไทยและจากต่างประเทศ เช่น ประเทศไต้หวัน สหรัฐอเมริกา ไนจีเรีย ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ มันเทศที่ให้ผลผลิตสูงมีคุณภาพดีจากแหล่งต่างๆดังกล่าว แต่ละพันธุ์มีความเหมาะสมในแต่ละท้องถิ่นแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน พันธุ์ที่นิยมปลูกในต่างประเทศ เช่น Centennial ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Jasper , Jewel และ Travis เป็นต้น (มาโนช , 2531) สำหรับในประเทศไทยจำแนกพันธุ์ได้ตามอายุการเก็บเกี่ยว คือ พันธุ์เบา พันธุ์กลาง และพันธุ์หนัก ตามลักษณะสีของเนื้อมันเทศ คือ เนื้อสีขาว เนื้อสีส้ม และเนื้อสีม่วง และตามลักษณะของเนื้อ คือ เนื้อละเอียด เนื้อนุ่มและเนื้อหยาบ**

จากการรวบรวมและศึกษาพันธุ์มันเทศทั่วทุกภาคของประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 พันธุ์ตามลักษณะสีของเนื้อมันเทศดังนี้

1. พันธุ์เนื้อสีขาว ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้04, ร้อยเอ็ด-7, ซีไอ 438-3 เป็นต้น
2. พันธุ์เนื้อสีเหลือง ได้แก่ พันธุ์โนริน 03 ไข่ หรือ เกษตร ทีไอเอส 8250 เป็นต้น
3. พันธุ์เนื้อสีส้ม ได้แก่ พันธุ์ห้วยสีทน โอกุด ซีไอ 590-33, เอไอเอส 057-4 เป็นต้น
4. พันธุ์เนื้อสีม่วง ได้แก่ พันธุ์นิโกร จารัก วีเอสพี-5 และพันธุ์มันต่อเผือก เป็นต้น

ในปี 2530 กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้รายงานผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารต่อ 100 กรัม ของมันเทศพันธุ์สีขาวและสีเหลือง เมื่อเทียบกับคุณค่าทางอาหารกับมันฝรั่ง เผือกและข้าวเจ้าแล้ว คุณค่าทางอาหารของมันเทศไม่ได้ด้อยไปกว่าพืชทั้ง 3 ชนิด

ดังนั้นมันเทศจึงนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย เช่น มันเทศต้ม มันเทศทอด มันเทศกระป๋อง มันเทศทอดแช่แข็ง และแป้งมันเทศทั้งในรูป starch และ flour (Tian , 1991) ซึ่งแป้งมันเทศที่ได้สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย

2.1.3 สมบัติของมันเทศที่เหมาะในการทำอุตสาหกรรมแป้ง

2.1.3.1 มีปริมาณแป้งสูง
2.1.3.2 มีความต้านทานโรคและไม่งอก
2.1.3.3 มีปริมาณกาก โปรตีน ไขมัน และเส้นใยต่ำ
2.1.3.4 มีขนาดเม็ดแป้งใหญ่

2.1.4 แป้งมันเทศ

แป้ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.4.1 แป้งฟลาวร์ ( flour) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดต่างๆ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง มันฝรั่ง และมันเทศ เป็นต้น โดยนำเอาวัตถุดิบมาโม่ บด หรือ ตีจนละเอียดมาก ดังนั้น ส่วนประกอบของแป้งฟลาวร์ จึงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบดั้งเดิมทั้งหมดคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4.2 แป้งสตาร์ช ( starch ) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แป้งที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแป้งฟลาวร์ แต่มีกรรมวิธีการผลิตที่แยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหาร คาร์โบไฮเดรต โดยมีสารอื่นปะปนมาน้อยที่สุด ดังนั้นแป้งสตาร์ชจึงประกอบด้วยสารอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามคนไทยนิยม เรียกแป้งฟลาวร์ และแป้งสตาร์ชรวมกันว่า "แป้ง" หรือผลิตภัณฑ์แป้ง (อัจฉรา , 2543)**

### 2.1.5 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศแตกต่างกันออกไป เนื่องจากความแตกต่างทางสายพันธุ์ , แหล่งที่ปลูก และฤดูกาลที่ปลูก แป้งเกิดจากการรวมตัวเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส และองค์ประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต โดยแป้งมีสูตรทางเคมี $(C_6H_{10}O_5)_n$ องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในแป้งมันเทศคือ สตาร์ช และองค์ประกอบแต่ละชนิดภายในเม็ดแป้งจะมีปริมาณและบทบาทหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป ทำให้แป้งแสดงคุณสมบัติที่หลากหลาย ซึ่งคุณสมบัติของสตาร์ชมีผลกระทบต่อคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น ปริมาณสตาร์ชมีความสัมพันธ์กับลักษณะความเป็นแป้ง ( mealiness) ขนาดเม็ดแป้งจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัส ทำให้เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน โดยองค์ประกอบภายในเม็ดแป้ง สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดหลักๆ (สวนิต , 2545) ดังนี้

2.1.5.1 อะมิโลส ( Amylose )

อะมิโลสจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ของกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\alpha$ -1,4 - glucosidic linkage และอาจมีส่วนของพอลิเมอร์เชิงกิ่ง ของกลูโคสรวมอยู่ด้วยเล็กน้อยโดยสายอะมิโลส จะมีการบิดตัวเป็นเกลียว และสามาระทำปฏิกิริยากับสายละลายไอโอดีนได้เป็นสีน้ำเงิน เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายอะมิโลสแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นแผ่นแข็งได้ดี ปริมาณอะมิโลสมีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสและลักษณะการเป็นแป้ง (เวชยันต์ , 2532) ปริมาณอะมิโลสที่มีอยู่ในเม็ดสตาร์ชของแป้ง มีความสำคัญต่อคุณภาพของแป้ง เมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในด้านการให้ความหนืด ที่เกิดขึ้นแก่น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อน แป้งที่มี อะมิโลสต่างกันจะให้เจลที่มีลักษณะต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่างกัน

2.1.5.2 อะมิโลเพกติน ( Amylopectin )

อะมิโลเพกติน เป็นองค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ซึ่งจัดว่าเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับอะมิโลส แต่จัดเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสที่มีขนาดใหญ่กว่าอะมิโลสมาก โดยสายอะมิโลเพกติน เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลของกลูโคสเป็นเส้นยาวด้วยพันธะ $\alpha$ -1,4 - glucosidic linkage และแตกกิ่งสาขาของกลูโคสออกไปประมาณร้อยละ 4-6 ของพันธะทั้งหมดภายในโมเลกุลด้วยการเชื่อมต่อด้วยพันธะ $\alpha$ -1,6- glucosidic linkage ทำให้อะมิโลเพกตินมีกิ่งสาขามากกว่า 20,000 กิ่งใน1โมเลกุล โดยอะมิโลเพกตินแต่ละโมเลกุลจะเชื่อมต่อกันและบิดตัวเป็นเกลี่ยวคู่ ( double helix ) ด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงวันเดอร์วาล แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงตัวซ้อนกันเป็นชั้นภายในเม็ดแป้งเมื่ออะมิโลเพกตินทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนจะเกิดสีแดงม่วง และไม่เกิดเป็นแผ่นแข็งเมื่อให้ความร้อน (กล้ารณรงค์ , 2542) ปริมาณอะมิโลเพกตินจะสัมพันธ์กับการดูดน้ำ การพองตัว และการเกิดเจล (เวชขันต์ , 2532)

2.1.5.3 สารตัวกลาง

สารตัวกลางเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีเพียงเล็กน้อยในเม็ดแป้ง โดยส่วนใหญ่จะเป็นอะมิโลเพกตินที่เจริญไม่เต็มที่ โดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 500,000 - 10,000,000 ซึ่งน้อยกว่าน้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลเพกติน แต่มากกว่าน้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลส (กล้าณรงค์ , 2542)

2.1.5.4 องค์ประกอบอื่นๆ

องค์ประกอบในส่วนนี้ไม่ได้เป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและมีเพียงเล็กน้อยในเม็ดแป้งซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.5.4.1 ส่วนที่แยกได้จากแป้ง (Particular Material) ได้แก่ โปรตีนที่สามารถละลายได้ในน้ำเกลือ และส่วนของผนังเม็ดแป้ง

2.1.5.1.2 ส่วนที่ติดกับผิวเม็ดแป้ง (Surface Material) ซึ่งสามารถสกัดออกจากเม็ดแป้งได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะมิโลพลาสต์

2.1.5.1.3 ส่วนประกอบภายในเม็ดแป้ง (Internal Components) ได้แก่ ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง ซึ่งสามารถแยกออกจากเม็ดแป้งได้ด้วยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมัน หมู่ฟอสเฟต และสารประกอบไนโตรเจน ( กล้าณรงค์ , 2542 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1 : คุณภาพทางเคมีของแป้งมันเทศ**

| คุณภาพ (เทียบจากน้ำหนักแห้ง) | แป้งมันเทศ | | |
|---|---|---|---|
| | สีเหลือง | สีส้ม | สีม่วง |
| ความชื้น(ร้อยละ) | 6.97 | 7.77 | 5.16 |
| โปรตีน(ร้อยละ) | 4.40 | 1.89 | 4.05 |
| ไขมัน(ร้อยละ) | 1.02 | 1.10 | 0.78 |
| เส้นใยหยาบ(ร้อยละ) | 3.45 | 4.76 | 3.54 |
| คาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ) | 81.93 | 89.52 | 85.19 |
| เถ้า(ร้อยละ) | 2.23 | 2.73 | 1.28 |
| อะมิโลส(ร้อยละ) | 21.65 | 20.46 | 22.26 |

ที่มา : ดัดแปลงจาก ธีรวัฒน์ , 2545.

2.1.6 คุณสมบัติทั่วไปของแป้งมันเทศ

องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของแป้ง คือ องค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณมากที่สุดในแป้ง คือ สตาร์ช ซึ่งประกอบด้วย อะมิโลส และอะมิโลเพกติน คุณสมบัติของสตาร์ช จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

2.1.6.1 สี โดยทั่วไปในการผลิตจะนำมันเทศสดที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนมาบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 - 80 เมช ทำให้สีของฟลาวร์จากมันเทศขึ้นอยู่กับสีของมันเทศที่ใช้ในการผลิตซึ่งจากการศึกษาค่าสีของฟลาวร์มันเทศ 44 สายพันธุ์ของ Collado และคณะ (1997) จะมีช่วงของค่าสีที่วัดในระบบ L* , a* และ b* คือ 86.6 ถึง 99.2 , -0.58 ถึง 2.62 และ -0.88 ถึง 13.9 ตามลำดับ (ยุทธนา , 2545)

2.1.6.2 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง เม็ดแป้งจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันตามชนิดของพืช เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดแป้งจะมีตั้งแต่ 2 - 150 ไมครอน เม็ดแป้งมันเทศมีลักษณะเป็นรูปไข่ , วงกลม และรูปหลายเหลี่ยม (Madamba *et al.*,1976) จากการศึกษาของเวชยันต์ (2532) พบว่าแป้งมันเทศพื้นเมืองที่ปลูกในประเทศไทยมีรูปร่างของเม็ดแป้งมีทั้งเป็นรูปไข่ , วงกลม และรูปหลายเหลี่ยม แต่ส่วนใหญ่จะเป็นรูปหลายเหลี่ยม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 - 25 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสายสุนีย์ (2542) ที่ทำการศึกษาขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรูปร่างของเม็ดแป้งพันธุ์ไข่ และพันธุ์เกษตร พบว่ามีขนาดเม็ดแป้ง 5 - 30 ไมครอน ขนาดเฉลี่ย 15 ไมครอน มีลักษณะเม็ดแป้งเป็นรูปหลายเหลี่ยมและวงกลมอยู่ร่วมกัน

2.1.6.3 การพองตัวและการเกิดเจล โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) เป็นจำนวนมากและยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่ออยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย เมื่อนำไปทำแห้งจะมีลักษณะเหมือนเดิม (จำเริญ , 2537) การพองตัวที่มีขีดจำกัด เนื่องจาก น้ำเย็นไม่สามารถทำให้โมเลกุลแยกตัวออกจากกันได้ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น แรงที่เกาะกันระหว่างโมเลกุลของแป้งจะอ่อนลง แป้งดูดน้ำได้มากขึ้น และที่อุณหภูมิหนึ่ง การดูดน้ำจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว พร้อมกับเม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้น อุณหภูมินี้เรียกว่า gelatinization temperature (ณรงค์ และ อัญชนีย์ , 2528) และเมื่อพองตัวจนเสียลักษณะเรียกว่า birefringence (ลักษณะของเม็ดแป้งจะเป็นรูปกากบาทเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์) เม็ดแป้งจะละลายน้ำได้มากขึ้นและความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมันเทศอยู่ในช่วง 68 - 81 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิการเกิดเจลจะขึ้นกับขนาดของเม็ดแป้งถ้าขนาดเม็ดแป้งเล็ก แนวโน้มที่อุณหภูมิในการเกิดเจลจะสูงขึ้น เนื่องจากการที่เม็ดแป้งมีขนาดเล็กจะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวของผนังเม็ดแป้งแข็งแรงกว่าขนาดใหญ่ทำให้การเกิดเจลเป็นไปได้ยาก การพองตัวของเม็ดแป้งมันเทศส่วนมากจะมี 2 ช่วงคือ การพองตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 70 - 80 องศาเซลเซียส การพองตัวจะมีอัตราการเพิ่มลดลงในช่วง 80 - 90 องศาเซลเซียส และจะกลับเพิ่มขึ้นจนถึง 95 องศาเซลเซียส

2.1.6.4 ความหนืด (Viscosity) เป็นคุณสมบัติที่เกิดต่อเนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลายของแป้ง เนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งเกิดการดูดซับน้ำและพองตัว น้ำบริเวณรอบๆเม็ดแป้ง จะเหลือน้อยลงประกอบกับมีอะมิโลสละลายออกมาในน้ำทำให้สารละลายน้ำแป้งเข้มข้นขึ้น เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากจึงเกิดความหนืดขึ้น (กล้าณรงค์ , 2542) จากการศึกษาความหนืดของแป้งมันเทศโดยใช้ Barbender viscoamylograph พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิในการเกิดเจล ความหนืดจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุด โดยค่าสูงสุดประมาณ 500 - 600 B.U. หลังจากนั้นความหนืดจะลดลงในช่วงให้ความร้อน (heating cycle) จนถึง 95 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ความหนืดมีแนวโน้มลดลงอีก และเมื่อลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียสในช่วงทำเย็น (cooling cycle) ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจาก viscoamylograph ของแป้งมันเทศ พบว่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นในช่วงให้ความร้อนจนถึงจุดสูงสุดของความหนืดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแรงยึดเหนี่ยวภายในแป้งมันเทศมีความสม่ำเสมอ ส่วนความหนืดของน้ำแป้งในช่วงหลังจากรักษาอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาทีมีค่าลดลงดังกล่าวได้ว่า เม็ดแป้งมันเทศไม่มีความคงตัวต่อการกวนคือมีความเสถียรภาพต่อการกวนต่ำนั่นคือมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดลดลงในช่วงให้ความร้อนขณะกวนมาก (กุลยา , 2535)

2.1.6.5 การคืนตัว (Retrogradation) คือ การที่แป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลและให้ความร้อนต่อไปทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีการพองตัวเต็มที่และแตกออกในที่สุดความหนืดจะลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างแหสามมิติขึ้น โดยโมเลกุลของอะมิโลสจะจับกันเอง หรือจับกับอะมิโลเพกตินบางส่วน การจับตัวกันของโมเลกุลทั้งสองทำให้ได้ลักษณะโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำได้ ทำให้กลับมีความข้นหนืดที่คงตัวมากขึ้นเป็นลักษณะเจล แต่ถ้าเป็นส่วนผสมแป้งที่มีความเข้มข้นต่ำมากจะไม่เกิดเจล แต่จะรวมตัวกันตกตะกอนการเกิดเจลของแป้งเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงอีกและตั้งทิ้งไว้ให้นานขึ้นลักษณะการเรียงตัวกันเป็นโครงสร้างดังกล่าวจะยิ่งแน่นมากขึ้นทำให้โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมานอกเจล เจลจะมีลักษณะสีขาวขุ่นแป้งสุก ไม่สามารถรักษาความหนืดไว้ได้ในสภาวะดังกล่าวซึ่งปรากฏการณ์นี้คือ การเกิดรีโทรกราเดชัน หรือ การคืนตัว (จำเริญ ,2537) แป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการคืนตัวแตกต่างกัน สำหรับแป้งมันเทศจะมีการคืนตัวในอัตราปานกลางและมีรูปแบบการคืนตัวคล้ายกับแป้งจากธัญพืชแต่ใช้เวลาในการคืนตัวนานกว่าเนื่องจากแป้งมีน้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสที่สูง ทำให้มีสายโมเลกุลที่ยาว การจับตัวกันของโมเลกุลจึงต้องใช้เวลานานจึงจะจับหมดทั้งโมเลกุลดังนั้นการคืนตัวจึงเกิดได้ช้ากว่าแป้งจากธัญพืช (Collins และ Abdul Aziz ,1982)

2.1.6.6 การเกิด Syneresis เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บแป้งเปียกหรือเจลแป้งไว้ที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้แป้งเปียกหรือเจลแป้งมีลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างหนาแน่นมากขึ้นเป็นผลให้โมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมานอกโครงสร้าง ทำให้แป้งเปียกหรือเจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดมากขึ้น (กล้าณรงค์ , 2542)

2.1.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของแป้ง

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของแป้งมีหลายประการเช่น องค์ประกอบทางเคมี ขนาดอนุภาค ความเสียหายของแป้ง ตลอดจนสภาวะในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะควบคุมปัจจัยทั้งหมดเพื่อให้แป้งแสดงคุณสมบัติตามที่ต้องการได้โดยเฉพาะในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลักจากแป้ง เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นขนมจีน ขนมปัง เป็นต้น

2.1.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น อะมิโลส อะมิโลเพกติน โปรตีน ไขมัน เถ้า เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณขององค์ประกอบนั้นๆที่มีในแป้งและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.7.1.1 อะมิโลส เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของแป้งอย่างมาก โดยปริมาณอะมิโลสในเม็ดแป้งจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณการละลายน้ำของอะมิโลสออกจากเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน และเมื่อปล่อยสารละลายน้ำแป้งให้เย็นอะมิโลสจะจับตัวกันเป็นโครงสร้างสามมิติที่แข็งแรงล้อมรอบเม็ดแป้งที่พองตัวไว้ ดังนั้นถ้าอะมิโลสที่ละลายออกมามีปริมาณสูงเพียงพอ ความแข็งแรงของโครงสร้างของแป้งเปียกหรือเจลที่ผลิตได้ย่อมมีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.1.2 อะมิโลเพกติน มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของแป้งเช่นเดียวกับอะมิโลสเนื่องจากอะมิโลเพกติน เป็นโครงสร้างหลักภายในเม็ดแป้ง มีความสามารถในการจับตัวกับน้ำทำให้ปริมาณและโครงสร้างของอะมิโลเพกตินมีความสัมพันธ์กับอัตราการดูดซับน้ำ การพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืด และลักษณะของผลิตภัณฑ์ (สวนิต ,2545)

2.1.7.1.3 โปรตีน มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในเม็ดแป้ง แต่มีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของแป้งโดยเฉพาะโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเกาะติดอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้ง

2.1.7.1.4 ไขมัน มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในเม็ดแป้ง เช่นเดียวกับโปรตีน โดยไขมันจะแทรกอยู่ระหว่างแกนกลางที่บิดเป็นเกลียวของอะมิโลส ทำให้ขัดขวางการละลายน้ำของอะมิโลสและการดูดซับน้ำเข้าสู่เม็ดแป้ง ทั้งนี้เนื่องจากไขมันไม่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำส่งผลให้การพองตัวของเม็ดแป้งลดลง

2.1.7.1.5 เถ้า เป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุในเม็ดแป้งโดยแร่ธาตุที่มีบทบาทต่อคุณสมบัติของแป้งคือ ฟอสฟอรัส ซึ่งพบมากในแป้งมันสำปะหลัง ฟอสฟอรัสจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของอะมิโลเพกตินส่งผลให้เกิดประจุ polyelectrolyte และทำให้เกิดแรงผลักในโมเลกุลแป้ง แป้งจึงมีการพองตัวมากขึ้น

2.1.7.2 ขนาดอนุภาค เป็นผลมาจากความแข็งของวัตถุดิบและวิธีการโม่ การโม่วัตถุดิบที่มีความแข็งแรงมากโดยใช้แรงน้อยและระยะเวลาในการโม่สั้น จะทำให้แป้งที่ผลิตได้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นโดยแป้งที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จะมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับแป้งที่มีขนาดอนุภาคเล็ก คุณสมบัติที่แตกต่างกันของแป้งที่มีขนาดต่างกัน เช่น คุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (water absorption) จึงไม่มีผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยแป้งที่มีขนาดอนุภาคเล็กหรือมีความละเอียดสูงจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำที่อุณหภูมิห้องสูงกว่าแป้งที่มีขนาดอนุภาคใหญ่และแป้งที่มีขนาดอนุภาคเล็ก อาจทำให้อุณหภูมิในการเกิดการเจลาติไนเซชันของแป้งบางชนิดลดลงด้วย

2.1.7.3 ความเสียหายของแป้ง (Damaged Starch)

ในอดีต แป้งที่ได้จากการโม่บางส่วนจะกลายเป็นเศษ ซึ่งเกิดจากส่วนของเม็ดแป้ง ที่ได้รับความ เสียหายจากแรงทางกล โดยแรงดัน หรือแรงเฉือนระหว่างการโม่ ซึ่งส่วนของเม็ดแป้งเหล่านี้เรียกว่า แป้งที่ได้รับความเสียหาย (Damaged Starch) ในปัจจุบันการวิจัยพบว่า ส่วนที่เกิดความเสียหายมักจะเป็นส่วนของอะมิโลเพกติน ที่เป็นโครงสร้างหลักภายในเม็ดแป้งซึ่งอาจเกิดการฉีกขาด หรือหลุดออกจากเม็ดแป้งมีพื้นที่ผิวมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) และมีอัตราการย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์มีมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ความเสียหายของแป้งมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากรายงานของ Oh และคณะ (1985) โดที่ผลิตจากแป้งที่มีความเสียหายของแป้งมากจะมีปริมาตรน้อยกว่าโดที่ผลิตจากแป้งที่มีความเสียหายของแป้งน้อยกว่าอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะวิเคราะห์ปริมาณความเสียหายของแป้งเพื่อหลีกเลี่ยงการนำแป้ง ที่มีความเสียหายมากมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.4 อุณหภูมิของสารละลายน้ำแป้ง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อโครงสร้างของเม็ดแป้งและคุณสมบัติที่สารละลายน้ำแป้งแสดงออกมา โดยเฉพาะอุณหภูมิในการเกิด เจลาติไนเซชัน จากรายงานการวิจัยของ Hsu และคณะ (2000) พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำแป้งจะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆต่อโครงสร้างเม็ดแป้งและคุณสมบัติของแป้งจนกว่าอุณหภูมิของสารละลายน้ำแป้งจะสูงถึงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน

2.1.7.5 อัตราการให้ความร้อนและการลดอุณหภูมิ

อัตราการให้ความร้อนมีผลต่อการละลายของอะมิโลส และการพองตัวของเม็ดแป้ง ในขณะที่อัตราการลดอุณหภูมิมีผลต่อการจัดตัวเป็นโครงสร้างสามมิติ ของอะมิโลส และเม็ดแป้งที่พองตัว โดยจากการวิจัยของ Lii และคณะ (1995) พบว่า ถ้าเพิ่มอัตราการให้ความร้อนและการลดอุณหภูมิของสารละลายน้ำแป้งจาก 1 องศาเซลเซียส ต่อนาที เป็น 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จะทำให้ความยืดหยุ่น และความหนืดของเจลแป้งที่ผลิตได้ลดลง แม้จะให้ความร้อนและลดอุณหภูมิถึงที่อุณหภูมิเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีระยะเวลาไม่เพียงพอ ต่อการเพิ่มการละลายของอะมิโลส การพองตัวของเม็ดแป้งรวมทั้งการเพิ่ม การเชื่อมต่อกันระหว่างอะมิโลสล้อมรอบเม็ดแป้งที่พองตัว จึงทำให้เจลที่ได้มีความยืดหยุ่นและความหนืดลดลง

2.1.7.6 ความเข้มข้นของสารละลายน้ำแป้ง

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำแป้ง มีผลต่อคุณสมบัติการเกิดการเจลาติไนเซชัน ซึ่งจะส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตได้อย่างมาก เพราะความเข้มข้นของสารละลายนำแป้งจะเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณแป้งที่มีในน้ำ ซึ่งหมายถึงปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเกิดเจลาติไนเซชันของสารละลายด้วย จากรายงานการวิจัยTsai และคณะ(1997) พบว่า ถ้าให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ร้อยละ 35 จนผ่านอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันและทำให้เย็นแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นแป้งเปียก ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายน้ำแป้งสูงกว่าร้อยละ 35 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจล โดยความข้นหนืดของแป้งเปียกและความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายน้ำแป้ง

2.1.7.7 แรงเฉือน

แรงเฉือนเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการกวนหรือคน สารละลายน้ำแป้งขณะให้ความร้อนหรือทำให้เย็นซึ่งจะรบกวนต่อคุณสมบัติของแป้ง โดยจากรายงานการวิจัยของ Svegmark และ Hermansson (1990) ซึ่งทำการศึกษาผลของแรงเฉือน ที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งพบว่า ถ้าให้แรงเฉือนหรือทำการคน สารละลายน้ำแป้งแรงเกินไป จะทำให้เม็ดแป้งแตก ส่งผลให้ความสามารถในการพองตัว และการกักเก็บน้ำลดลง จึงทำให้แป้งเปียกหรือเจลแป้งที่ได้มีความยืดหยุ่น และความหนืดน้อยกว่าแป้งเปียกหรือเจลที่ไม่ผ่านการคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.8 อื่นๆ

**ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ คุณสมบัติของแป้งมีอีกหลายประการ เช่น พันธุ์พืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว สถานที่เพาะปลูก เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถควบคุมได้ ทำให้ไม่มีผลมากนักต่อคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตได้**

2.1.8 กระบวนการโม่แห้ง

กระบวนการโม่แห้งนี้มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากและไม่ต้องใช้น้ำในกระบวนการผลิตเหมือนวิธีการโม่เปียก การผลิตแป้งมันเทศ โดยกระบวนการโม่แห้งเริ่มจากนำมันเทศสดมาล้างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ปอกเปลือก หั่นเป็นเส้น นำไปตากแดด แล้วทำการโม่ โดยเครื่องโม่ที่นิยมใช้คือเครื่องโม่แบบค้อน (hammer mill) คุณลักษณะที่แตกต่างกันของแป้งที่โม่เปียกและโม่แห้งมีหลายประการ เช่น องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง ขนาดอนุภาคแป้ง และความเสียหายของแป้ง เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการโม่แห้ง โดยมักมีความเข้าใจว่าแป้งที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกจะมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีลดน้อยลงกว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ในขณะที่แป้งที่ผลิตโดยกระบวนการโม่แห้งจะมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เนื่องจากกระบวนการโม่เปียกต้องใช้น้ำในกระบวนการโม่จึงอาจมีองค์ประกอบทางเคมีบางอย่างละลายไปกับน้ำ ขนาดอนุภาคและความเสียหายของแป้งซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติของแป้งที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งมีความแตกต่างกัน สาเหตุที่ทำให้แป้งที่ผลิตมีขนาดอนุภาคและความเสียหายของแป้งต่างกันอาจเกิดจากเครื่องมือและวิธีการโม่โดยกระบวนการโม่เปียกมักใช้เครื่องโม่หิน ทำให้ไม่สามารถโม่ด้วยความเร็วรอบสูงได้เนื่องจากจะทำให้หินที่ใช้โม่แตกและปะปนไปกับแป้งที่ผลิตได้ นอกจากนี้ขบวนการโม่เปียกยังต้องปรับวัตถุดิบให้มีความชื้นสูงโดยการแช่และโม่รวมกับน้ำ ในขณะที่กระบวนการโม่แห้งใช้เครื่องโม่แบบค้อน ทำให้ปรับความเร็วรอบสูงขึ้นได้และไม่ต้องปรับความชื้นของวัตถุดิบ แรงที่วัตถุดิบได้รับจึงมากกว่าส่งผลให้ขนาดอนุภาคของแป้งที่ผลิตได้เล็กลง

## 2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( Sodiumetabisulfide ; $Na_2S_2O_5$) เป็นเกลือของสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ190.1 มีจุดหลอมเหลวมากกว่า 320 องศาฟาเรนไฮด์ มีชื่อทางการค้าว่า Disodium pyrosulfite, Sodium metabisulphite, Sodium pyrosulfite

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ กำมะถัน จัดอยู่ในสารกลุ่มซัลไฟต์ ซึ่งอยู่ในรูปก๊าซ $SO_2$ และสารซัลไฟต์หรือเกลือซัลไฟต์ เกลือซัลไฟต์ที่ใช้ในอาหาร ได้แก่ โซเดียมไบซัลไฟต์ , โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ , โซเดียมซัลไฟต์ ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

**โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ , โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ , โพแทสเซียมซัลไฟต์**

ปัจจุบันมีการใช้สารกลุ่มนี้ อย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากเป็นสารถนอมอาหารที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ง่ายต่อการใช้งาน ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ ยีสต์ รา และแบคทีเรีย ใช้ใน การฟอกสี และยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารที่เนื่องจากเอ็นไซม์ และที่ไม่ใช่เอ็นไซม์เกลือต่างๆ นี้มีประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมอาหาร ทั้งป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของอาหาร เป็นสารฟอกสีอาหารจำพวกแป้ง เป็นสารช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืน ใช้ฆ่าจุลินทรีย์ ป้องกันหรือลดการเน่าเสียอันเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นสารกันบูดในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มกันอย่างแพร่หลาย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหาร ที่นิยมนำมาใช้ทั้งยืดอายุ การเก็บรักษา และใช้ฟอกสีของอาหาร แต่ทั้งนี้ได้มีการ กำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ และปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ เพื่อไม่ให้เกิดโทษกับผู้บริโภค เพราะหากร่างกายได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะมีผลไปลดประสิทธิภาพของการใช้ไขมันและโปรตีนในร่างกายและทำลายวิตามินบี1 ในอาหาร และหากสะสมในร่างกายมากๆ อาจทำให้หายใจติดขัด ปวดท้อง ท้องร่วง เวียนศีรษะ อาเจียน หมดสติได้

2.2.2 โซเดียมคาร์บอเนต ( Sodium carbonate ; $Na_2CO_3$) เป็นผงหรือก้อนของแข็งสีเทาขาว เมื่อสัมผัสกับอากาศจะค่อยๆ ดูดซับน้ำ (ประมาณ 15 %) ไม่มีกลิ่น เป็นสารไม่ติดไฟหรือไม่ช่วยให้ไฟติด มีความเสถียร ต้องหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักโมเลกุล 105.99 (เมื่อไม่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ) และ 124.01 (เมื่อมีน้ำ) จะสลายตัวแต่ไม่ทำให้เกิดไอระเหย มีจุดหลอมเหลว 851 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ (เมื่อเทียบกับน้ำ ; น้ำเท่ากับ 1) เท่ากับ 2.53 มีค่าความเป็นกรดด่าง ประมาณ 11.5 มีความสามารถในการละลายน้ำ 22 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส และละลายได้ในกลีเซอรอล (Glyserol) แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ อะซีโตน และอีเธอร์ (Monohydrate) กัดกร่อนอลูมิเนียม ตะกั่ว และเหล็ก มีชื่อทางการค้าว่า Bisodium carbonate Calcined soda; Carbonate de sodium; Carbonic acid; Disodium carbonate; Disodium salt; Soda ใช้เป็นสารลดความกระด้างของน้ำ ผงซักฟอก และเป็นสารปรุงแต่งอาหาร ผลจากการสัมผัสสารนี้ซ้ำๆ เป็นเวลานาน มีอันตรายเรื้อรังคือผลต่อผิวหนัง ทำให้เกิดผิวหนังอักเสบ และ/หรือ มีแผลอักเสบที่ผิวหนัง , ผลทางการหายใจทำให้เยื่อบุโพรงจมูกถูกกัดกร่อนจนทะลุและทำให้เกิดแผลที่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้น และผลเรื้อรังอื่นๆ เช่น ผลในการก่อมะเร็ง ผลต่อการกลายพันธุ์ ผลต่อระบบสืบพันธุ์ และการเติบโตของทารกในครรภ์ ยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นกล้องที่ใช้ส่องดูวัตถุขนาดเล็กมากๆให้เห็นใหญ่ขึ้นได้กว่าเดิมถึง 2 แสนเท่า กล้องชนิดนี้ใช้อิเล็กตรอนแทนแสงโดยใช้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าบังคับกระแสอิเล็กตรอนให้พุ่งไปรวมกันที่จุดใดจุดหนึ่งบนตัวอย่าง ในทำนองเดียวกับการใช้เลนส์รวมแสงไปที่จุดโฟกัสในกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ซึ่งจะได้ภาพเกิดขึ้นบนจอมอนิเตอร์โดยสามารถที่จะเลือกบริเวณที่จะดูได้อย่างสะดวกโดยระบบของเครื่องจะอยู่ในระบบสุญญากาศ

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษาค้นคว้าทางการแพทย์ โลหะวิทยา และวิทยาศาสตร์อีกหลายสาขา เพราะใช้ส่องให้มองเห็นรูปร่าง ลักษณะของแบคทีเรีย ไวรัส และผลึกที่ประกอบขึ้นเป็นโลหะ ซึ่งไม่อาจมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาได้

### 2.3.1 หลักการของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

ด้านบนจะมีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน (eletron gun) ซึ่งทำหน้าที่ปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา (Primary electron)โดยเราจะควบคุมจำนวนอิเล็กตรอนนั้นด้วยศักย์ไฟฟ้าสูงๆ(high voltage) และใช้เลนส์แม่เหล็กไฟฟ้า(electromagnetic lens)โฟกัสให้อิเล็กตรอนนั้นตกกระทบชิ้นงาน และเมื่ออิเล็กตรอนตกกระทบชิ้นงานจะเกิดอันตรกริยา (introaction) ได้สัญญาณแบบต่างๆ เช่นสัญญาณจากอิเล็กในชิ้นงานที่หลุดออกมา (secondary electron) อิเล็กตรอนที่กระดอนกลับ (bachattered electron) หรือ x-ray สัญญาณแต่ละชนิดจะถูกจับโดยdetector แต่ละชนิดและแปลผลเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และแปลเป็นภาพ และกราฟในที่สุด

### 2.3.2 ลักษณะของสัญญาณชนิดต่างๆ

2.3.2.1 Secondary electrons ให้ข้อมูลลักษณะเป็นภาพพื้นผิวจริงของวัตถุมีลักษณะสูงต่ำ และร่องรอยที่เกิดขึ้นจริงบนวัตถุ

2.3.2.2 Back chattered electrons ให้ข้อมูลในลักษณะเป็นภาพพื้นผิวของวัตถุ แต่ให้ความแตกต่างบนพื้นผิวของวัตถุในลักษณะแบ่งเป็นเฟสสว่างและเฟสมืดขึ้นอยู่กลับเลขอะตอมของธาตุ(2)ที่ผสมอยู่ในวัตถุนั้นธาตุที่มีเลขอะตอมสูงกว่าจะมีเฟสที่สว่างกว่าธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำกว่า

2.3.2.3 X-ray ให้ข้อมูลลักษณะบอกเป็นธาตุที่ประกอบอยู่ในวัตถุนั้นโดยแสดงออกมาเป็นกราฟหรือพื้นที่ภาพที่แทนด้วยสีเพื่อบอกตำแหน่งที่อยู่ของธาตุนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) แบ่งระบบการทำงานได้เป็น 2 ประเภทคือ**

**2.3.3.1 High vacuum mode (ระบบสุญญากาศสูง) ระบบภายในcolumn, specimen chamber จะมีความเป็นสุญญากาศสูง**

**2.3.3.1.1 ลักษณะตัวอย่างที่สามารถดูในโหมด High vacuum mode**

**1. ต้องมีคุณสมบัตินำไฟฟ้า ถ้าตัวอย่างไม่นำไฟฟ้าต้องทำการเตรียมตัวอย่างให้นำไฟฟ้าเสียก่อน**

**2. ต้องมีลักษณะแห้งไม่มีการระเหยของสารใดๆ**

**3. ต้องมีขนาดเล็กพอที่จะวางบนที่ติดตัวอย่างได้โดยปกติอยู่ที่กว้าง ยาว สูงไม่เกินประมาณ 1 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นผง**

2.3.3.1.2 ประโยชน์ของ High vacuum mode

เป็นโหมดที่ใช้ความสามารถของเครื่อง SEM ได้เต็มที่ที่สุดในการดูพื้นผิวของตัวอย่างซึ่งจะให้ภาพที่คมชัด และใช้กำลังขยายที่สูงกว่า Variable Pressure mode ซึ่งความคมชัดขึ้นกับความนำไฟฟ้าของตัวอย่างด้วย

2.3.3.2 Variable Pressure mode (ระบบปรับแรงดันสุญญากาศ) ระบบภายในcolumnจะมีความเป็นสุญญากาศสูง แต่ภายใน specimen chamber จะสมารถปรับแรงดันสุญญากาศได้ตั้งแต่ 1-400 Pa

2.3.3.2.1 จุดประสงค์และประโยชน์ของระบบ Variable Pressure mode (VP SEM)

1. สามารถดูตัวอย่างได้โดยตรง โดยลดขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง และไม่ต้องเคลือบผิวด้วยวัตถุนำไฟฟ้าทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้โดยไม่ทำลายพื้นผิว

2. สามารถดูตัวอย่างได้ทุกชนิดที่มีความชื้น เช่นวัสดุศาสตร์ และชีววิทยา

3. ลดการ charge up ที่เกิดขึ้นซึ่งทำให้พื้นผิวตัวอย่างถูกทำลาย

4. ทำให้วิเคราะห์ตัวอย่างได้รวดเร็วขึ้น โดยลดแรงดันสุญญากาศลง

2.3.3.2.2 การทำงานของ Variable Pressure SEM

1. ในส่วนของ column ที่เป็น High Vaccum จะทำงานภายใต้สุญญากาศตั้งแต่ 8.50e - 006 mBar จนถึง 1.65e - 006 mBar

2. ในห้องใส่ตัวอย่าง(Specimen Chamber)สามารถปรับแรงดันสุญญากาศได้ระหว่าง 1-400 Pa โดยมี Chamber Isolation Valveปิดกั้นระหว่าง Pumping System กับ Specimen Chamber และด้านบนจะมี Differential Pumping Aperture ซึ่งเป็นแผ่นโลหะกลมเจาะรูเล็ก ตรงกลางปิดกั้นแรงดันสุญญากาศระหว่าง Specimen Chamber กับ electron column

3. Leak Valve จะทำหน้าที่ปล่อยให้อากาศภายนอกเข้าไปภายในห้องใส่ตัวอย่งตามจำนวนที่กำหนดเพื่อให้มี Gas Molecules เป็นตัวกลางลดประจุอิเล็กตรอนที่สะสมอยู่บนพื้นผิวตัวอย่างเพื่อป้องกันไม่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการ charge up ในกรณีที่ตัวอย่างไม่นำกระแสไฟฟ้า และ3 way Valve จะเปิดอากาศออกจากภายในห้องใส่ตัวอย่างเพื่อให้ได้สุญญากาศตามที่ต้องการ

4. เมื่อ Incident Electron Beam กระทบกับพื้นผิวตัวอย่าง ทำให้เกิดพลังงานสัญญาณต่างๆ เช่น Secondary electron, Back scatted electron และ x-ray etc.

5. โดยทั่วไปกล้องจุลทรรศน์สแกนที่ปรับแรงดันสุญญากาศได้จะรับเพียงสัญญาณของ Back scatted electron ซึ่งมีความเข้มของพลังงานที่สามารถผ่านโมเลกุลแก๊สไปได้ ดังนั้นในระบบ VP mode ทั่วไปจึงต้องใช้ Back Scatted electron Detector (BSD) ไปดักจับสัญญาณ ทำให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดแสดงส่วนประกอบโครงสร้างของตัวอย่าง(Compositional Image)เท่านั้น

6. LEO ได้ผลิต Detector ที่สามารถดักจับสัญญาณจากพื้นผิวของตัวอย่างภายใต้ระบบ VP mode ซึ่งเรียก detector นี้ว่า VPSE detector เนื่องจาก Secondary electron ส่งออกมากระทบเข้าโมเลกุลของแก๊สที่อยู่ภายในห้องใส่ตัวอย่างทำให้เกิดสัญญาณของ Photons Emission ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีรายละเอียดพื้นผิวของตัวอย่างเหมือนดูจาก Secondary electron โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบ

มันเทศ 3 พันธุ์ ได้แก่

| | | |
|---|---|---|
| 3.1.1 พันธุ์สีม่วง | ใช้พันธุ์มันต่อเผือก | ซื้อจาก ตลาดไท รังสิต |
| 3.1.2 พันธุ์สีเหลือง | ใช้พันธุ์ไข่ | ซื้อจาก ตลาดสำโรง |
| 3.1.3 พันธุ์สีส้ม | ใช้พันธุ์โอกุด | ซื้อจาก ตลาดดินแดง |

## 3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

### 3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตแป้งมันเทศ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.2.1.1 เครื่องปั่น (Blender) | | Philips | |
| 3.2.1.2 เครื่อง Pin Mill | ZM 1000 | Retsch | Germany |
| 3.2.1.3 ตะแกรงร่อน 100 mesh | ASTME II | Laboratory Test Sieve | England |

### 3.2.2 อุปกรณ์ในการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.2.2.1 เครื่อง Homoginize | | MSE | England |
| 3.2.2.2 เครื่องcentrifuge | T 42 K | Kontron | Germany |
| 3.2.2.3 Tray dry | BWS-3 | หจก.บี.ดับบลิวเอส.เทรดดิ้ง | Japan |

## 3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

### 3.3.1 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.1.1 Hot air oven | UM 400 | Memmert | Germany |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 Aluminium Can

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.1.3 เครื่องชั่งชนิดละเอียด | HR-200 | A&D Company,Limited | Japan |

3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.2.1 เครื่องสกัดโปรตีน | KB 8 S | Gerhardt | Germany |

3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.3.1 เครื่องสกัดไขมัน | S 306 AK | Gerhardt | Germany |

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.4.1 Muffle furnace | CWF 11/13 | Carbolite | England |
| 3.3.4.2 Hot plate | Cimarec 2 | Thermolune | USA |
| 3.3.4.3 Crusible | | | |

3.3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยหยาบ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.5.1 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย | EV 16 | Gerhardt | Germany |

3.3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลส

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.3.6.1 Water Bath | WB29 | Memmert | Germany |
| 3.3.6.2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง | Spectro22 | LaboMed,Inc | USA |

3.3.7 การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสตาร์ชด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (Scanning Electron Microscopy , SEM)

## 3.4 สารเคมีที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์

| | | |
|---|---|---|
| 3.4.1 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ | Carlo Erba reagenti | 481287 |
| 3.4.2 โซเดียมคาร์บอเนต | Merck | |
| 3.4.3 อีเทอร์ | Lab-scan | A 3541 U |
| 3.4.4 กรดบอริค | BDH Laboratory Supplies | 1005845 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

97036

| | | |
|---|---|---|
| **3.4.5 กรดซัลฟูริค** | Lab-scan | A 8301 |
| **3.4.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์** | Merck | KGaA |
| **3.4.7 โพแทสเซียมซัลเฟต** | Ajax Finechem | AF 307004 |
| **3.4.8 กรดไฮโดรคลอริค** | BDH Laboratory Supplies | 1005845 |

**3.5 วิธีการทดลอง** การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

3.5.1 การเตรียมแป้งจากหัวมันเทศด้วยวิธีการโม่แห้ง

การสกัดแป้งมันเทศใช้ขบวนการผลิตแบบโม่แห้ง ซึ่งมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยาก และไม่ต้องใช้น้ำในกระบวนการผลิตเหมือนวิธีการโม่เปียก สำหรับกรรมวิธีการผลิตแป้งมันเทศสามารถสรุปขั้นตอนในการผลิตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันเทศ

↓

ล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดเศษดินและสิ่งสกปรก

↓

ปอกเปลือกในน้ำ
(เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของหัวมันเทศ)

↓

หั่นเป็นเส้น

↓

ตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

↓

นำมาบดหยาบด้วยเครื่องปั่น

↓

บดละเอียดด้วยเครื่อง Pin mill โดยใช้ sieve 0.12 ไมโครเมตร

↓

ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh)

↓

แป้งมันเทศ
(sweet potato flour)

รูปที่1 : กระบวนการผลิตแป้งมันเทศ
ที่มา : ดัดแปลงจาก รังสินี , 2538.

3.5.1.1 วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ

3.5.1.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.5.1.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลส ตามวิธีการของ Juliano (1971)

3.5.2 การเตรียมสตาร์ชจากแป้งมันเทศที่ได้โดยการใช้สารเคมีในการแยกโปรตีนออกเพื่อทำให้แป้งมันเทศมีความบริสุทธิ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โดยการใช้สารเคมี 2 ชนิดเปรียบเทียบกับน้ำคือ 0.003 N โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ $Na_2S_2O_5$)(Sajeev,2003) , 0.1 N โซเดียมคาร์บอเนต($Na_2CO_3$) (ธัญญาภรณ์ , 2540) มีขั้นตอนในการสกัดสตาร์ชดังนี้**

แป้งมันเทศ (sweet potato flour)

↓ (← เติมตัวทำละลายในอัตราส่วน แป้ง : ตัวทำละลาย เท่ากับ 1: 5 (w/v))

นำไปผสมด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลานาน 2 นาที

↓

หมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที
ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

↓ (→ เทตัวทำละลายออก)

ตักชั้นตะกอนที่อยู่ด้านบนออก

↓

ล้างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนแป้ง:ตัวทำละลายเท่ากับ 1: 5 (w/v)

↓

หมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน30 นาที

↓

ล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งตามวิธีการข้างต้น

↓

อบที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง

↓

บดละเอียดด้วยเครื่อง Pin mill โดยใช้ sieve ขนาด 0.12 ไมโครเมตร

↓

ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh)

↓

สตาร์ชมันเทศ (Sweet potato starch)

รูปที่ 2 : กระบวนการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ

ที่มา : ดัดแปลงจาก วุฒิชัย , 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.5.2.1 วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชจากแป้งมันเทศที่สำคัญ**

3.5.2.1.1 **วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน** และปริมาณความชื้น **ตามวิธีการของ** AOAC (2000)

3.5.2.1.2 **วิเคราะห์หาร้อยละของผลผลิตในการผลิต (% yield ในการผลิต)**

3.5.2.1.3 วิเคราะห์**หาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน** (% protein extraction efficiency) เพื่อเปรียบเทียบการใช้สารเคมี 0.003 N $Na_2S_2O_5$ และ 0.1 N $Na_2CO_3$ กับน้ำ

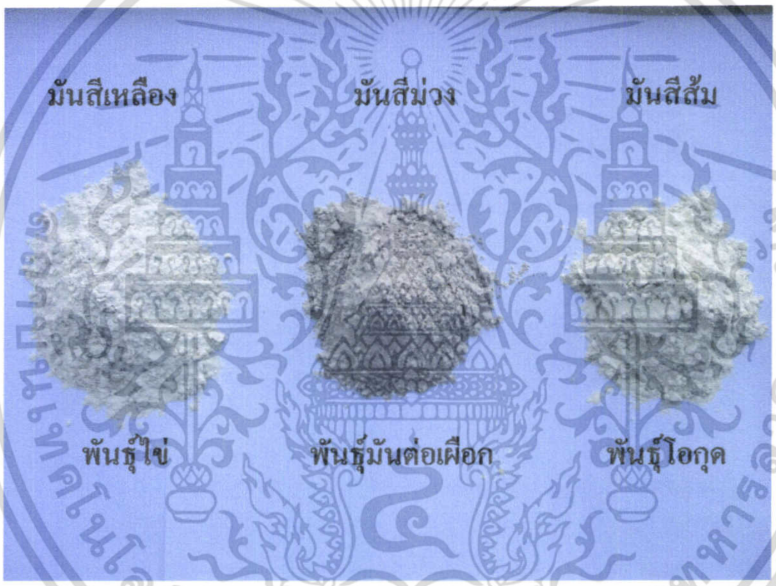
3.5.2.2 ดูเม็ดสตาร์ช ( starch granule) ที่ได้จากกระบวนการผลิตเปรียบเทียบกับเม็ดสตาร์ชที่มีอยู่ในฟลาวร์ โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ผลจากกระบวนการผลิตแป้งมันเทศ

จากกระบวนการผลิตแป้งมันเทศ (ตามรูปที่ 1) ด้วยการหั่นเป็นเส้นแล้วนำมาตากแดดเพื่อลดความชื้น และนำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) โดยได้แป้งมันเทศ ดังแสดงในรูปที่ 3




รูปที่ 3 : แป้งมันเทศ ( Sweet Potato Flour )

## 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ อะมิโลส พบว่า แป้งมันเทศมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์โบไฮเดรต โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) ของแป้งมันเทศสีม่วง สีส้ม และสีเหลืองเท่ากับร้อยละ 83.66 , 80.95 และ 79.98 ตามลำดับ และมีส่วนของอะมิโลส (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) เท่ากับร้อยละ 23.51 , 23.93 และ 22.07 ตามลำดับ แป้งมันเทศสีม่วง สีส้มและสีเหลืองที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**มีปริมาณความชื้นร้อยละ** 5.93 , 6.50 และ 7.05 ตามลำดับ สำหรับปริมาณโปรตีน **ไขมัน เส้นใยหยาบ** และเถ้าจะ**มีอยู่ในปริมาณน้อย(คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) คือแป้งมันเทศสีม่วง สีส้มและสีเหลือง มีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ** 4.00 , 3.23 และ 5.39 ตามลำดับ มีปริมาณไขมันอยู่ร้อยละ 0.95 , 0.75 และ 0.98 ตามลำดับ **มีปริมาณเส้นใยหยาบอยู่**ร้อยละ 3.44 , 5.02 และ 2.46 ตามลำดับ และมีปริมาณเถ้าอยู่ร้อยละ 2.08 , 3.34 และ 4.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 : แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ 3 สี

| ปริมาณ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง | แป้งมันเทศ (ร้อยละ) | | |
|---|---|---|---|
| | สีม่วง | สีส้ม | สีเหลือง |
| ความชื้น | 5.93 ± 0.36 | 6.50 ± 0.57 | 7.05 ± 0.46 |
| โปรตีน | 4.00 ± 0.19 | 3.23 ± 0.14 | 5.39 ± 0.24 |
| ไขมัน | 0.95 ± 0.07 | 0.75 ± 0.18 | 0.98 ± 0.09 |
| เส้นใยหยาบ | 3.44 ± 0.61 | 5.02 ± 0.48 | 2.46 ± 0.14 |
| เถ้า | 2.08 ± 0.03 | 3.34 ± 0.03 | 4.21 ± 0.04 |
| คาร์โบไฮเดรต | 83.66 ± 0.06 | 80.95 ± 0.18 | 79.98 ± 0.01 |
| อะมิโลส | 23.51 ± 0.02 | 23.93 ± 0.20 | 22.37 ± 0.32 |

**4.3 กระบวนการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ**

จากกระบวนการผลิตสตาร์ชจากแป้งมันเทศ โดยมีการแยกโปรตีนออกด้วยการใช้สารเคมี 0.003 นอร์มอล โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.003 N $Na_2S_2O_5$) , 0.1 นอร์มอล โซเดียมคาร์บอเนต (0.1 N $Na_2CO_3$) เปรียบเทียบกับน้ำ โดยการนำแป้งมันเทศมาเติมตัวทำละลายในอัตราส่วนแป้งต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นซ้ำอีก 2 ครั้ง อบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) ได้สตาร์ชจากแป้งมันเทศดังแสดงในรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 : สตาร์ชจากแป้งมันเทศ(Sweet Potato Starch)

**4.4 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญจากสตาร์ชของแป้งมันเทศ**

4.4.1 จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น พบว่าความชื้นของสตาร์ชมันเทศทั้ง 3 สีมีปริมาณสูงกว่าแป้งมันเทศทั้ง 3 สีทั้งในกรณีที่ใช้สารเคมีและน้ำ โดยมีปริมาณความชื้นของแป้งมันเทศสีม่วงอยู่ในช่วงร้อยละ 11.44 - 13.79 แป้งมันเทศสีส้มมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.52 - 11.33 และแป้งมันเทศสีเหลืองมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.36 - 12.24

4.4.2 จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน พบว่า

4.4.2.1 สตาร์ชของแป้งมันเทศสีม่วงในกรณีที่ใช้สารเคมีคือ 0.003 N $Na_2S_2O_5$ , 0.1 N $Na_2CO_3$ และน้ำพบว่ามีปริมาณโปรตีนลดลงจากร้อยละ 4.00 ของแป้งมันเทศ (โดยน้ำหนักแห้ง) เหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.99 – 1.05 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน (% Protein extraction efficiency) พบว่าเมื่อใช้สารเคมีในการสกัดค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 74.00 – 75.25 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจะพบว่าค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าเล็กน้อยคือเท่ากับร้อยละ 73.75 (โดยน้ำหนักแห้ง) และเมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของผลผลิตในการผลิต (% yieldในการผลิต) พบว่าเมื่อใช้สารเคมีเป็นตัวสกัดค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำคือ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.24 – 21.34 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัดจะมีค่าร้อยละ 23.60 (โดยน้ำหนักแห้ง) เนื่องจากว่าน้ำมีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนออกได้น้อยกว่าการใช้สารเคมีเล็กน้อย

4.4.2.2 สตาร์ชของแป้งมันเทศสีส้มในกรณีที่ใช้สารเคมีคือ 0.003 N $Na_2S_2O_5$ , 0.1 N $Na_2CO_3$ และน้ำพบว่ามีปริมาณโปรตีนลดลงจากร้อยละ 3.23 ของแป้งมันเทศ (โดยน้ำหนักแห้ง) เหลืออยู่ในช่วงร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.62 – 0.80 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน(% Protein extraction efficiency) พบว่าเมื่อใช้สารเคมีในการสกัดค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 79.88 – 80.88 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจะพบว่าค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าเล็กน้อยคือเท่ากับร้อยละ 75.23 (โดยน้ำหนักแห้ง) และเมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของผลผลิตในการผลิต (% yieldในการผลิต) พบว่าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 20.59 - 21.74 (โดยน้ำหนักแห้ง)

4.4.2.3 สตาร์ชของแป้งมันเทศสีเหลืองในกรณีที่ใช้สารเคมีคือ 0.003 N $Na_2S_2O_5$ , 0.1 N $Na_2CO_3$ และน้ำพบว่ามีปริมาณโปรตีนลดลงจากร้อยละ 5.39 ของแป้งมันเทศ(โดยน้ำหนักแห้ง) เหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.72 – 0.83 (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน (% Protein extraction efficiency) พบว่าเมื่อใช้สารเคมีและน้ำในการสกัดค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 84.60 – 86.64 (โดยน้ำหนักแห้ง) และเมื่อนำมาคำนวณหาร้อยละของผลผลิตในการผลิต (% yieldในการผลิต) พบว่าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 20.20 – 20.48 (โดยน้ำหนักแห้ง)

จาก % Protein extraction efficiency พบว่าแป้งมันเทศสีม่วง สีส้ม และสีเหลือง มีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ทำการทดลอง

ตารางที่ 3 : แสดงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญจากสตาร์ชของแป้งมันเทศ

| ปริมาณร้อยละ | สีม่วง | | | สีส้ม | | | สีเหลือง | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | น้ำ | 0.1 N $Na_2CO_3$ | 0.003 N $Na_2S_2O_5$ | น้ำ | 0.1 N $Na_2CO_3$ | 0.003 N $Na_2S_2O_5$ | น้ำ | 0.1 N $Na_2CO_3$ | 0.003 N $Na_2S_2O_5$ |
| ความชื้น | 13.79 ±0.13 | 13.51 ±0.13 | 11.44 ±0.02 | 11.33 ±0.18 | 10.90 ±0.11 | 10.52 ±0.13 | 12.24 ±0.07 | 11.59 ±0.1 | 10.36 ±0.19 |
| โปรตีน | 1.05 ±0.00 | 1.04 ± 0.02 | 0.99 ± 0.02 | 0.80 ±0.03 | 0.65 ± 0.02 | 0.62 ± 0.01 | 0.79 ±0.00 | 0.72 ± 0.01 | 0.83 ± 0.02 |
| % Protein extraction efficiency | 73.75 | 74.00 | 75.25 | 75.23 | 79.88 | 80.88 | 85.34 | 86.64 | 84.60 |
| % yield ในการผลิต | 23.60 | 21.34 | 20.24 | 20.59 | 21.74 | 21.12 | 20.48 | 20.36 | 20.20 |

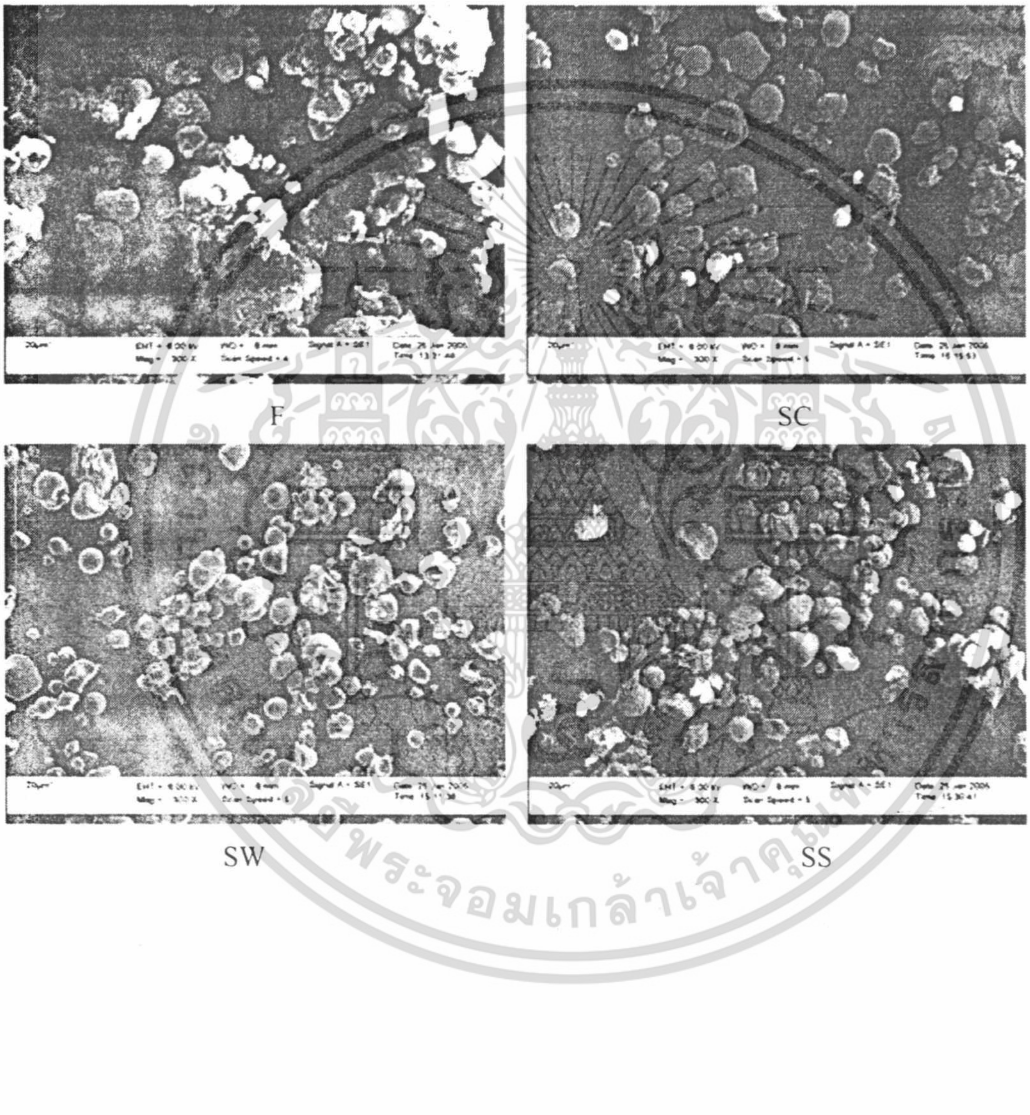
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.5 ผลจากการศึกษาลักษณะเม็ดสตาร์ช (starch granule)**

จากการศึกษาลักษณะเม็ดสตาร์ชที่ได้จากกระบวนการผลิต เปรียบเทียบกับเม็ดสตาร์ชที่มีอยู่ในฟลาวร์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy -SEM) เพื่อสังเกตดูรูปร่าง ขนาด ผิวหน้า และความบริสุทธิ์ของเม็ดแป้ง

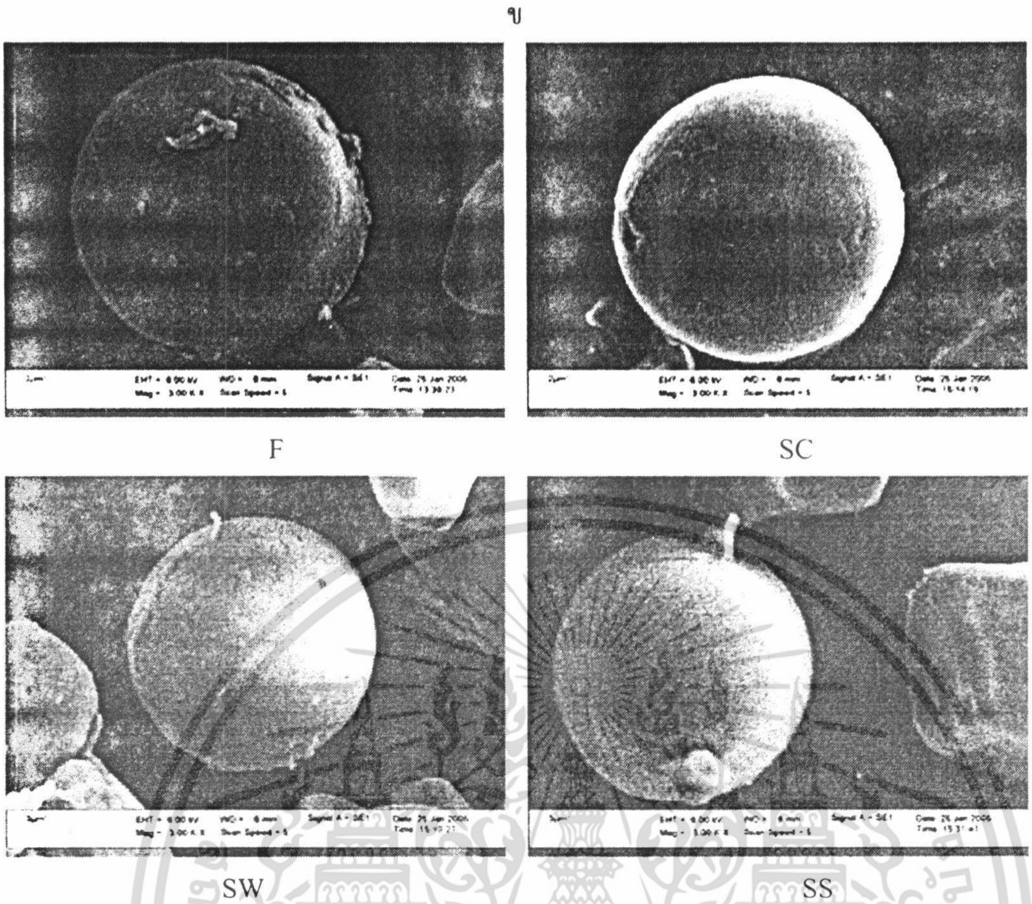
4.5.1 แป้งมันเทศสีม่วง

ก




SW SS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



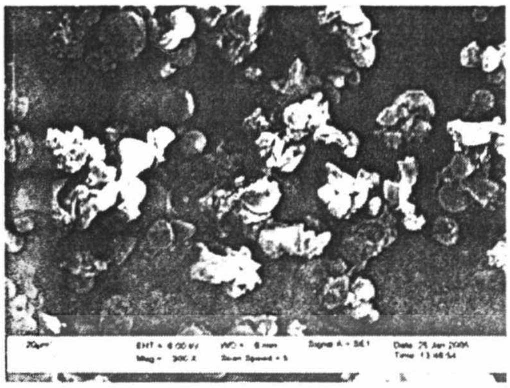

รูปที่ 5 : ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีม่วงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM)
ก คือ ที่กำลังขยาย 300 เท่า , ข คือ ที่กำลังขยาย 3000 เท่า , แป้งมันเทศ(F) , สตาร์ชที่สกัดด้วยน้ำ (SH) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.1 N $Na_2CO_3$ (SC) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.003 N $Na_2S_2O_5$ (SS)

จากภาพพบว่าเม็ดแป้งมีหลายรูปทรงมีทั้งที่เป็นรูปวงกลม วงรี และหลายเหลี่ยม เมื่อดูลักษณะเปรียบเทียบระหว่าง ฟลาวร์ กับ สตาร์ช พบว่า ฟลาวร์มีส่วนของเส้นใยและโปรตีนเกาะเกี่ยวอยู่กับเม็ดแป้ง เมื่อพิจารณาเม็ดแป้งของสตาร์ชพบว่าเม็ดแป้งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น มีสิ่งเจือปนน้อยลง และแยกเป็นเม็ดเดี่ยวๆมากขึ้น และผลจากการใช้สารเคมีและน้ำพบว่าเม็ดแป้งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น

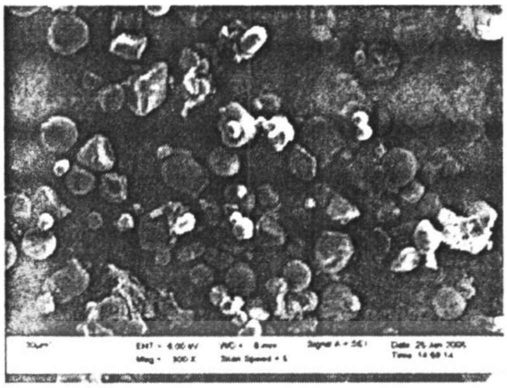
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.5.2 แป้งมันเทศสีส้ม**

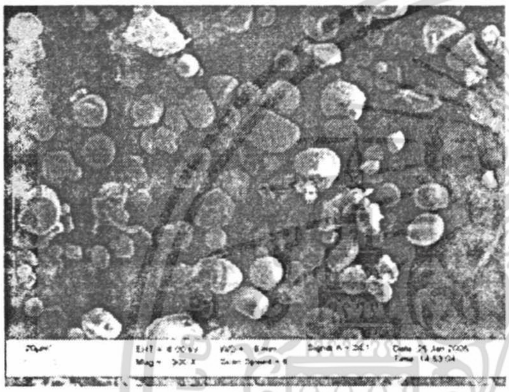
ก



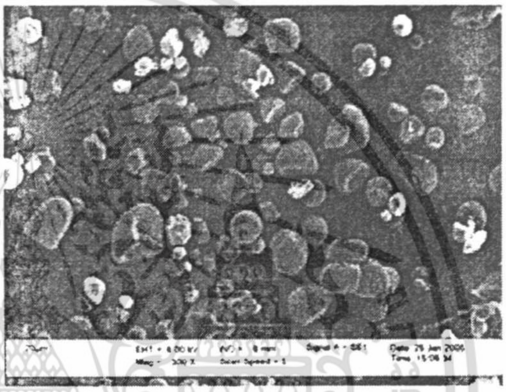
F



SC

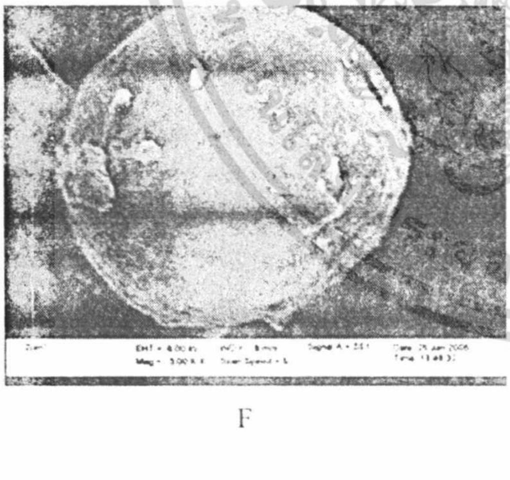


SW

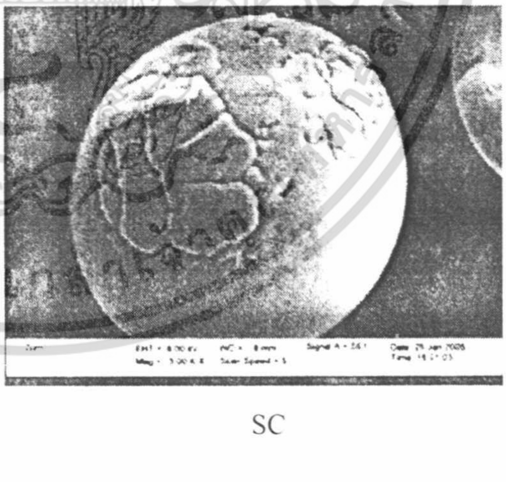


SS

ข

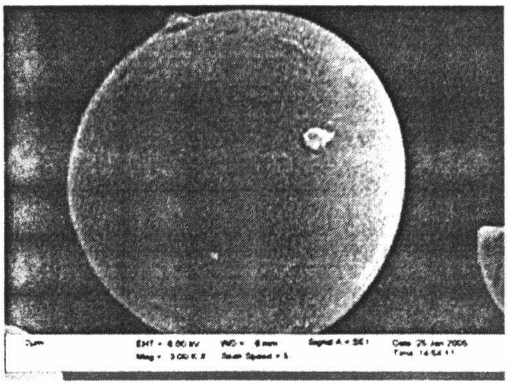


F

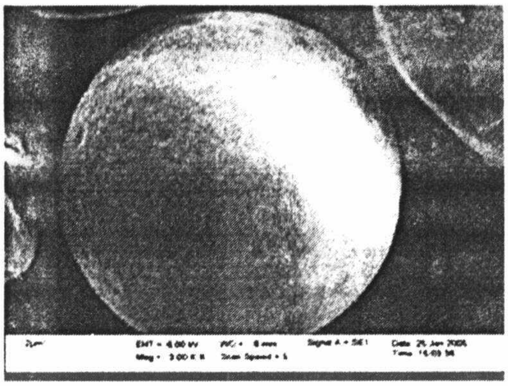


SC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SW



SS

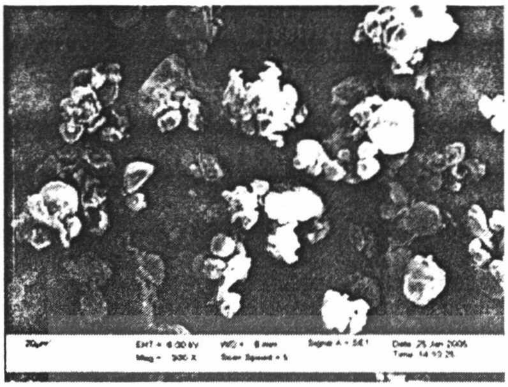
**รูปที่ 6 :** ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีส้มด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM)
ก คือ ที่กำลังขยาย 300 เท่า , ข คือ ที่กำลังขยาย 3000 เท่า , แป้งมันเทศ(F) , สตาร์ชที่สกัดด้วยน้ำ (SH) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.1 N $Na_2CO_3$ (SC) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.003 N $Na_2S_2O_5$ (SS)

ผลจากการใช้สารเคมีและน้ำพบว่าเม็ดแป้งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น แต่เมื่อใช้ 0.1 N $Na_2CO_3$ พบว่าผิวหน้าของเม็ดแป้งจะถูกทำลายด้วยสารเคมี ดังรูปที่ 6 ข สำหรับเม็ดแป้งที่ใช้ $Na_2S_2O_5$ ที่ความเข้มข้น 0.003 N จะไม่มีผลต่อรูปร่างและผิวหน้าของเม็ดแป้ง

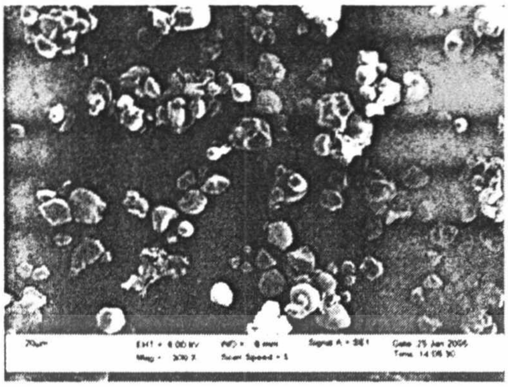
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.5.3 แป้งมันเทศสีเหลือง

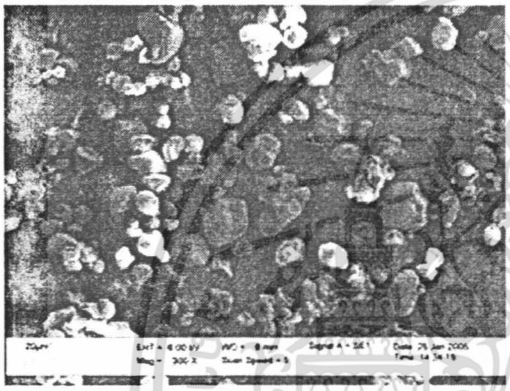
ก



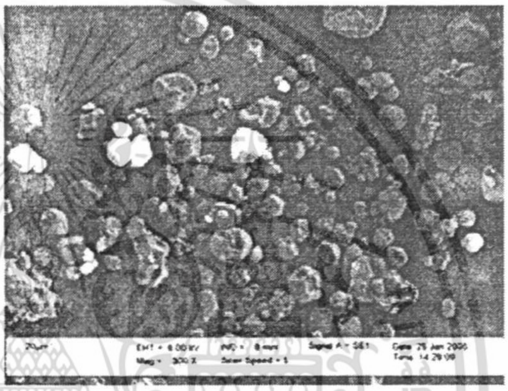
F



SC

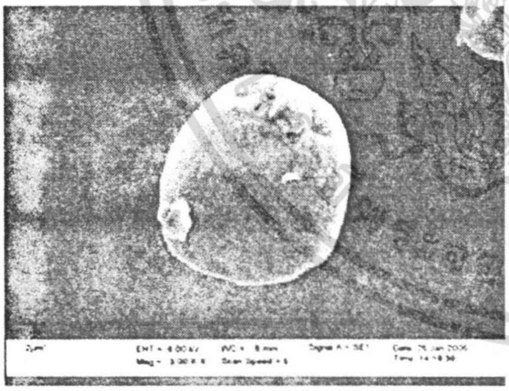


SW

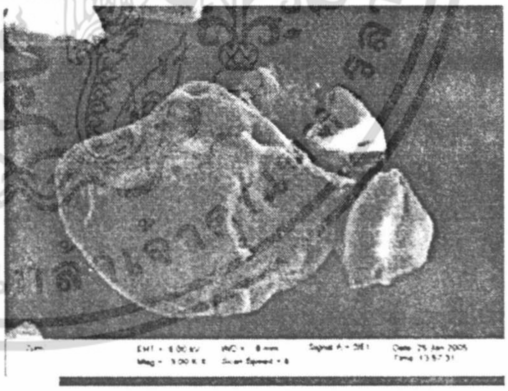


SS

ข

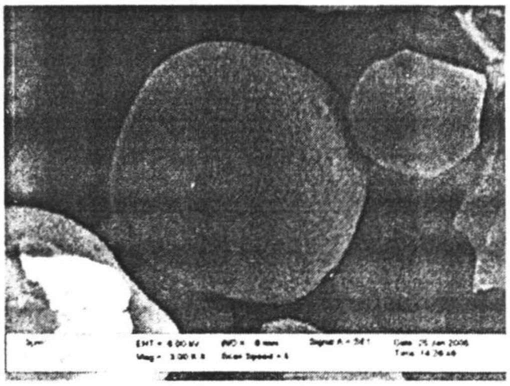


F

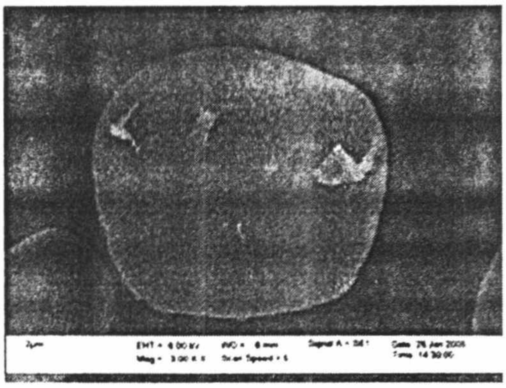


SC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SW



SS

รูปที่ 7 : ภาพถ่ายเม็ดแป้งของแป้งและสตาร์ชจากมันเทศสีเหลืองด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM)
ก คือ ที่กำลังขยาย 300 เท่า , ข คือ ที่กำลังขยาย 3000 เท่า , แป้งมันเทศ(F) , สตาร์ชที่สกัดด้วยน้ำ (SH) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.1 N $Na_2CO_3$ (SC) , สตาร์ชที่สกัดด้วย 0.003 N $Na_2S_2O_5$ (SS)

ผลจากการใช้สารเคมีและน้ำพบว่าเม็ดแป้งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น แต่จากรูปที่ 7 ข พบว่าจะเห็นเม็ดแป้งเป็นรูปหลายเหลี่ยม เนื่องมาจากในกระบวนการผลิตต้องผ่านการบดซึ่งมีผลต่อเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งที่เกาะอยู่รวมกันหลุดออกจากกัน โดยจะส่งผลต่อคุณภาพของเม็ดแป้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการศึกษาปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ของสตาร์ชจากแป้งมันเทศ ที่สกัดด้วยสารเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ พบว่า

5.1.1.1 แป้งมันเทศสีม่วงที่ใช้สารเคมีคือ 0.1 N $Na_2CO_3$ , 0.003 N $Na_2S_2O_5$ และน้ำ ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.99 – 1.05 (โดยน้ำหนักแห้ง) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการในการสกัดสตาร์ช

5.1.1.2 แป้งมันเทศสีส้มที่ใช้สารเคมีคือ 0.1 N $Na_2CO_3$ , 0.003 N $Na_2S_2O_5$ และน้ำ ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.65 – 0.80 (โดยน้ำหนักแห้ง)

5.1.1.3 แป้งมันเทศสีเหลืองที่ใช้สารเคมีคือ 0.1 N $Na_2CO_3$ , 0.003 N $Na_2S_2O_5$ และน้ำ ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.72 – 0.83 (โดยน้ำหนักแห้ง)

5.1.2 ในการสกัดโปรตีนจะให้ค่าร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนของแป้งมันเทศทั้ง 3 สี มีค่าประมาณร้อยละ 70 – 80 (โดยน้ำหนักแห้ง) แต่เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัดจะมีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนออกจากแป้งได้น้อยกว่าสารเคมีเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการสกัดและความชำนาญของผู้ทำการศึกษา

5.1.3 ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) ในการผลิต ของแป้งมันเทศทั้ง 3 สี มีค่าประมาณร้อยละ 20 – 23 (โดยน้ำหนักแห้ง)

5.1.4 จากการศึกษาความบริสุทธิ์ และลักษณะของเม็ดแป้งในสตาร์ชที่สกัดได้เปรียบเทียบกับแป้งมันเทศทั้ง 3 สี โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน พบว่าหลังจากที่สกัดด้วยสารเคมีและน้ำเม็ดแป้งจะมีความบริสุทธิ์มากขึ้นไม่มีสิ่งเจือปนเกาะอยู่ และเม็ดแป้งมีลักษณะแยกเป็นเม็ดเดี่ยวๆมากขึ้น และสังเกตเห็นว่าเม็ดแป้งมีการแตกเนื่องจากขั้นตอนการโม่แป้งมันเทศในกระบวนการผลิต โดยจะส่งผลต่อคุณภาพของแป้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.1.5 ในการศึกษาความบริสุทธิ์ และลักษณะของเม็ดแป้งในสตาร์ชที่สกัดได้ของแป้งมันเทศทั้ง 3 สี โดยใช้สารเคมีเปรียบเทียบกับน้ำพบว่าสารเคมีที่ใช้ได้ดี คือ 0.003 N $Na_2S_2O_5$ เนื่องจากแป้งที่ได้จะมีความขาวมากกว่าและไม่ทำลายผิวหน้าของเม็ดแป้งเหมือนกับการใช้ 0.1 N $Na_2CO_3$ หรืออาจใช้น้ำเพียงอย่างเดียวก็สามารถใช้ได้ดีเนื่องจากไม่มีผลต่อผิวหน้าและรูปร่างของเม็ดแป้ง แต่น้ำมีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนได้น้อยกว่าสารเคมีเล็กน้อย**

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจทำการเปลี่ยนปัจจัยอื่นๆเช่น เปลี่ยนสารเคมี , ความเข้มข้นที่ใช้ และกรรมวิธีในการผลิต เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและเคมีของแป้งที่ได้

5.2.2 หากมีการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมควรคำนึงถึงสารเคมีที่ใช้ในการสกัดว่ามีผลต่อคุณสมบัติของแป้งรวมทั้งการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง


กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542. เอกสารคำสอน : เทคโนโลยีของแป้ง ( 051424). ภาควิชา เทคโนโลยี ชีวภาพ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.220น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 น.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. 2535. การใช้แป้งพันธุ์พื้นเมืองในผลิตภัณฑ์คุ้กกี้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544. การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วยSPSS for Windows, พิมพ์ครั้งที่1. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 281น.

คมคาย ศรีสถาพร. 2536. "การผลิตมันเทศทอดกรอบที่ได้คุณภาพ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ

จำเริญ อัจฉราภิรักษ์. 2537. "การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการแปรสภาพทางกายภาพและทางเคมีแบบเชื่อมข้ามร่วมกับวิธีอะซิทิวเลชันและพรีเจลลาติในเซชั่น."วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นรินทร์ พูลเพิ่ม และชำนาญ ทองกลัด. 2532. มันเทศ . น9-21.ในกรมวิชาการเกษตรศูนย์มันฝรั่งระหว่างประเทศ (ผู้รวบรวม).การสัมนาเชิงปฏิบัติการการผลิตและการตลาดมันเทศของประเทศไทย 1-4 สิงหาคม 2532 ณ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช , กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ.2528. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครุงเทพฯ.441น.

ณรงค์ นิยมวิทย์ 2528. "ธัญชาติและพืชหัว." คณะเกษตร,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 235น.

ธีรวัฒน์ เทพใจกาศ. 2545. " การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากแป้งมันเทศและเนื้อปลาป่น." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2545. " การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. "ฟิล์มและสารเคลือบพิล์มที่รับประทานได้." วารสารอาหาร. 22 (1). (2535) : 1-7

มาโนช ทองเจียม.2531. เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ. น.1-6 ในเอกสารประกอบการฝึกอบรม ,สถาบันวิจัยพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร.วันที่14 กรกฎาคม 2531 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร,พิจิตร

รังสินี โสธรวิทย์. 2538 . " การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งมันเทศโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เวชยันต์ ธนบดิภัทร. 2532 . "ผลของตัวแปรในการผลิตและสมบัติทางกายภาพเคมีของแป้งจากมันเทศที่ปลูกในประเทศไทย." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วุฒิชัย นาครักษา. 2526. "การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกซ์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์."วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.144 น.

วุฒิชัย นาครักษา. 2529. "การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากเผือกเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม." วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 4 ( 1) : 16-33.

ยุทธนา พิมลศิริผล. 2545 . "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

ศิริพร โอวาทพารพร.2532. "การผลิตอาหารว่างจากแป้งมันเทศโดยกระบวนการเอ็กซทรูชัน." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ.2540."การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแป้งบุก.วารสารอาหาร." 27 : 36-43

อัจฉรา ดลวิทยาคุณ. 2544. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

"ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยสด." 2545. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http:// www.nfi.or.th/publication/ thairath /thairath_current 107.html

"สารกันบูดในลูกเกด." 2548. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www. thairath.co.th /thairath1 / 2547/column/food/ jan/ 23_1_47. php

"ซัลเฟอร์ไดออกไซด์." 2548. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www. Dmsc.moph.go.th/ webroot/ food/files/aboutfood3.htm

AOAC. 2000. Official Methods of the Analysis. 17th ed., The Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, Virginia.

Blenford , D.E. 1982 . What is a snack? Food Flavourings Ingredients, Processing and Packagings 4 (11) : 30-37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Collins, J.L. and N.A. Abdul Aziz. 1982 Sweet patato as an ingredient of yeast raised doughnuts. J.Food Sci. 47 : 1133

FAO. 1981. FAO Production Yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome , Italy. 92 p.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for mill-rice amylose. Cereal Sci. Today. 16(10) : 334-340,360.

Lii, C.-Y. and S.M. Chang. 1981. Characterization of red bean ( Phaseolus radiatus var. aurea) starch and its noodle q uality. J. Food Sci. 46 : 78-81

Lilia , S.C., B.M. Linda and H.Corke. 1997 . Genetic variation in color of sweet potato flour related to its use in wheat – based composition flour products. Cereal Chem. 75(5) : 681-686

Madamba, L.S.P. and E.L.S. Pedro. 1976. Chemical composition of sweet potato flour. Philippine Agriculturist 59 : 350-355

Martin , F. 2000. " Sweet Potato." Root and Turber Crops Available : http:// www.xc.org/ echo/ azillus/ azch3roo. htm , January 19,2000.

Molla , M.R.I. 1973 . Sweet Potato Chip a Possible Product for Urban Consumers in Bangladesh. อ้างใน คมคาย ศรีสถาพร. การผลิตมันเทศทอดกรอบที่ได้คุณภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

Oh, N.H., P.A. Seib, C.W. Deyoe and A.B. Ward. 1983 Noodles I. Measuring the textural characteristics of cooked noodles. Cereal Chem. 60 : 433-438

Read, R.S.D. 1997. Industrialisation and urbanization, pp. 25-29 . *In* M"L" Wahlqvist (ed.). Food and Nutrition: Australia, Asia and the Pacific. Dah Hua Printing Press Co. Ltd., Hong Kong.

Sajeev et al. 2003. "Gelatinization Characteristics of Cassava Starch Settled in the Presence of Different Chemicals" Starch 55 (2003) : 213-221.

Scott, G.J. 1991. "Transforming Traditional Food Crops : Product Development for Roots and Tubers". pp. 3-20. *In* Scott, G.J., S. Wiesema and P.I. , Furgson (eds.). Product Development for Root and Tuber Crops Vol. I. Asia . International Potato Center (CIP) , Lima , Peru.

Sonci, S.W., W. Fachmann and H. Kraut. 1994. Food Composition and Nutrition tables. Medpharm GmbH Scientific Punlishers, Stuttgart. 1091 p.

Wang , S.W. 1997 Starches and starch derivatives in expanded snack. Cereal Food World 42 (9) : 743-745

" Sodium carbonate." 2005. [online]. Avaliable : http:// www.anamai.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### ภาคผนวก ก1 : การหาปริมาณความชื้น

ชั่งน้ำหนักแป้งมันเทศที่ได้จากกระบวนการผลิตประมาณ 3 กรัม (น้ำหนักโดยละเอียด) ลงใน Aluminium can ที่ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง แล้วเก็บในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นนำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปคือความชื้น คำนวณเป็นร้อยละและคิดเทียบจากน้ำหนักตัวอย่างแป้งมันเทศ ดังสูตรข้างล่างนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

### ภาคผนวก ก2 : การหาปริมาณโปรตีน (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

ชั่งน้ำหนักแป้งมันเทศประมาณ 3 กรัม (น้ำหนักโดยละเอียด) ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน เติม catalyst 10 กรัม จากนั้นเติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และ boiling chip จากนั้นนำหลอดย่อยโปรตีนตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนใช้เวลาประมาณ 45 นาที – 1 ชั่วโมง หรือจนได้สารละลายสีฟ้าใส ยกชุดย่อยโปรตีนขึ้นจากเตารอจนกว่าหมดควันของไอกรด แล้วนำหลอดโปรตีนไปทำการ กลั่นในชุดกลั่นโปรตีน จากนั้นนำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาตรที่ใช้ คำนวณเป็นร้อยละ ได้ดังสูตรข้างล่างนี้

$$\text{คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times C \times D \times 100}{E \times 1000}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน(ร้อยละ)} = (\text{\% ไนโตรเจน}) \times 6.25$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย A = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไทเทรตกับแป้ง

B = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไทเทรตกับ blank

C = ความเข้มข้น (N) ของกรดไฮโดรคลอริค

D = 14

E = น้ำหนักของตัวอย่าง

ภาคผนวก ก3 : การหาปริมาณไขมัน (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ไขมันพร้อม boiling chip ที่ผ่านการอบแล้ว จากนั้นชั่งน้ำหนักแป้งมันเทศที่ไล่ความชื้นแล้วประมาณ 3 กรัม (น้ำหนักโดยละเอียด) บรรจุลงใน Thimble ที่อยู่ในบีกเกอร์ไขมัน จากนั้นเติม Petroleum ether 140 มิลลิลิตร แล้วนำไปประกอบในชุดสกัดไขมัน Soxhlet เป็นเวลาชั่วโมงครึ่ง หลังจากนั้นนำส่วนของบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นร้อยละ ได้ดังสูตรข้างล่างนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

ภาคผนวก ก4 : การหาปริมาณเส้นใยหยาบ (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

ชั่งแป้งมันเทศที่สกัดไขมันออกแล้วประมาณ 2 กรัม ใส่ใน digestion flask ขนาก 600 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริคที่ต้มเดือด 200 มิลลิลิตร แล้วใส่ boiling chip จากนั้นนำไปต้มบนเตาชุดย่อย Crude fiber โดยให้เดือดนาน 30 นาที นำไปกรอง แล้วล้างด้วยน้ำเดือดจนหมดกรด เทกากกลับไปใน digestion flask เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้มเดือด 200 มิลลิลิตร ต้มอีก30 นาที กรองและล้างด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่างจากนั้นล้างกากด้วยโพแทสเซียมซัลเฟตร้อน เทกลับใน flask และล้างตะกอนด้วยน้ำเดือดหลายๆครั้ง จากนั้นล้างกากด้วยแอลกอฮอล์ 30 มิลลิลิตร อบ crusibleพร้อมกากที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของ crude fiber จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละได้ดังสูตรข้างล่างนี้

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนัก crude fiber} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก5 : การหาปริมาณเถ้า (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)**

**เผา crusible ใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก ชั่งตัวอย่างแป้งมันเทศ 3 กรัมลงใน crusible แล้วเผาใน hot plate จนได้เถ้าสีขาวหรือเปาจนหมดควัน จากนั้นนำไปเผาในที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว หรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักเถ้าโดยละเอียด นำมาคำนวณเป็นร้อยละได้ดังสูตรข้างล่างนี้**

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ก6 : การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 - (ปริมาณความชื้น + ปริมาณโปรตีน + ปริมาณไขมัน + ปริมาณเส้นใยหยาบ + ปริมาณเถ้า)

ภาคผนวก ก7 : การหาปริมาณอะมิโลส (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

ในการทำ Standard curve ทำได้โดย ชั่งน้ำหนัก pure potato amylose 0.04 กรัม เติม 95 % ethanol และ 1 N NaOH นำไปต้มใน water bath 10 นาทีและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลาย standard amylose ปริมาตร 1,2 ,3, 4 และ 5 มิลลิลิตร เติม 1 N acetic acid ปริมาตร 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร นำไปวัดค่า optical density (OD) ที่ 620 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่างค่า OD ที่อ่านได้กับปริมาณอะมิโลส จากนั้นชั่งตัวอย่างแป้ง 0.1 กรัมแล้วทำวิธีการเดียวกับการทำStandard curve นำค่า OD ที่วัดได้ไปเทียบหาปริมาณอะมิโลส กับ standard curve

ภาคผนวก ก8 : การหาร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน (% Protein extraction efficiency) (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) คำนวณได้จากสูตรข้างล่างนี้

$$\text{\% Protein extraction efficiency} = \frac{(\text{ปริมาณโปรตีนของแป้ง - ปริมาณโปรตีนของสตาร์ช}) \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนของแป้ง}}$$

เช่น % Protein extraction efficiency ของสตาร์ชมันเทศสีม่วงที่ใช้น้ำเป็นตัวสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{(4 - 1.05) \times 100}{4}$$

$$= 63.75$$

ภาคผนวก ก9 : การหาร้อยละของผลผลิตในการผลิต (% yieldในการผลิต) (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง)

% yieldในการผลิต = น้ำหนักสตาร์ช x น้ำหนักมันเทศหลังตากแดด / น้ำหนักแป้ง

= A

% yieldในการผลิต = A x 100 / น้ำหนักมันเทศสด

เช่น สตาร์ชของแป้งมันเทศสีม่วงโดยใช้ 0.1 N $Na_2CO_3$ เป็นตัวสกัด

$$A = \frac{55.35 \times 960.40}{72.40}$$

$$= 734.23$$

% yieldในการผลิต $= \frac{734.23 \times 100}{3000}$

$$= 24.47$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

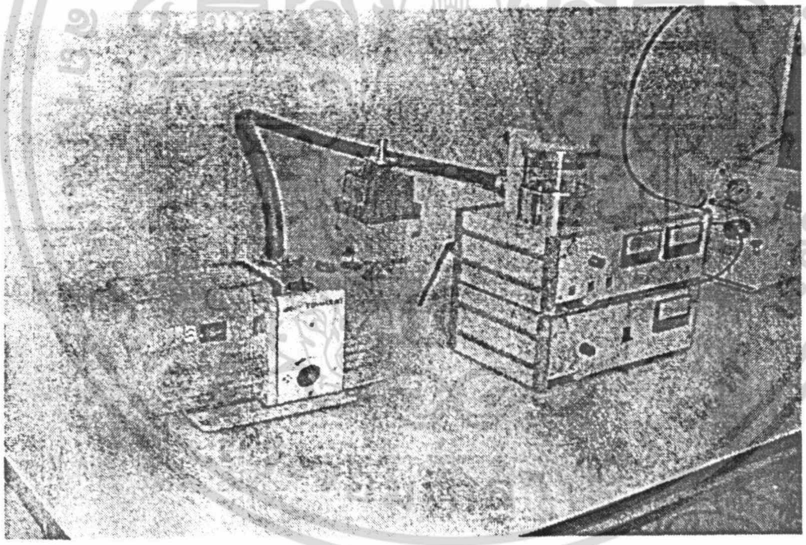
## ภาคผนวก ข

### กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy -SEM)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการดูลักษณะพื้นผิวของวัตถุในระดับ 10 - 100000 เท่า โดยการยิงอิเล็กตรอนไปบนวัตถุทำให้เกิดสัญญาณและพลังงานต่างๆออกมาแล้ว ใช้ดีเทคเตอร์ในการแปลงสัญญาณให้เป็นภาพอีกที

High Vacuum Mode เป็นโหมดที่ให้ภาพและรายละเอียดชัดเจนที่สุด และใช้กำลังขยายได้สูงที่สุดซึ่งระบบมีความเป็นสุญญากาศสูง

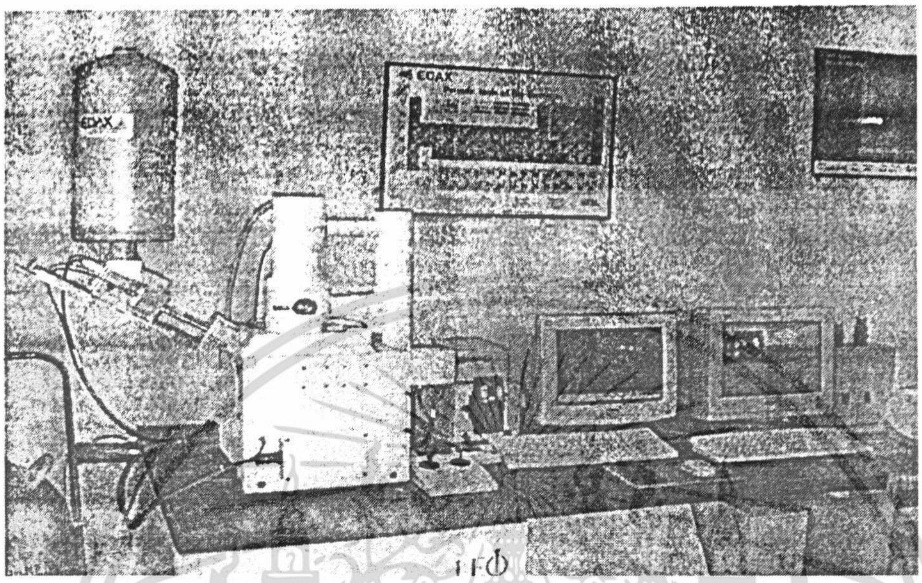
ลักษณะตัวอย่าง เป็นของแข็งหรือเป็นผงที่ไม่มีความชื้นหรือการระเหยของสารอยู่ ควรเป็นตัวอย่างที่นำไฟฟ้าได้ถ้าไม่นำไฟฟ้าควรนำไปเคลือบด้วยทองหรือคาร์บอนเสียก่อน ภายใต้สุญญากาศสูงๆแล้วนำเข้ากล้องจุลทรรศน์จะเห็นภาพของเม็ดแป้งในจอภาพ



รูปที่ 8 : เครื่องเคลือบทอง

ที่มา : ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 9 : กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy)

ที่มา : ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวปวีณา จิตรชัยวรพันธ์ เกิดวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548

นางสาวสุชาดา มณีรัตน์ เกิดวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548

นางสาวอรอุมา มธุรสพรวัฒนา เกิดวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2543 และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้