

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัตถุดิบ

ส้มโอ (Pummelos) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Citrus Grandis* (L.), Osbeck ส้มโอที่ใช้ในการวิจัย มี 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวใหญ่ (แหล่งเพาะปลูก จ. สมุทรสงคราม) พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ทองดี (แหล่งเพาะปลูกที่นครชัยศรี จ. นครปฐม)

เซลลูโลสทางการค้า (Carboxy methyl cellulose: CMC) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท World Agro tech. Co.,Ltd.

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตโยอาหารผง

1. เครื่องบด
2. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer, Heto model LyoPro 3000, Denmark)
3. ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer, Memmert รุ่น 400, Germany)
4. อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert, Germany)
5. ตะแกรงร่อนอย่างละเอียด (Sieve) ขนาด 100 เมช

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. เครื่องวัดค่าสี Handy Colorimeter (Minolta Camera Co., Osaka, Japan)
2. วิธีการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอผง
 - เครื่องมือจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope PE-SEM Mode: HITACHI-S4700
 - Stub
 - กาวสองหน้าคาร์บอน
 - ผงทอง

เครื่องมือและอุปกรณ์การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound)
 - เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, Model UV-1601 Shimadzu, Japan)
 - เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)

- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

2. คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH)

- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, Model UV-1601 Shimadzu, Japan)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

3. สารลิโมนิน (Limonin)

- เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนลิกวิดโครมาโตกราฟี (High performance liquid chromatography, HPLC) (Perkin Elmer, series 200)
- เครื่องเขย่า (Vortex, Scientific Industries: G-560E, U.S.A)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)
- กระดาษกรองไนลอนขนาด 0.22 μm (Nylon filter)
- หลอดทดลองขนาด 16x150 nm (Test tube)
- ขวดสีชาขนาด 2 ml (LC vial)
- Syringe ขนาด 10 ml
-

4. สารนารินจิน (Naringin)

- เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนลิกวิดโครมาโตกราฟี (High performance liquid chromatography, HPLC) (Perkin Elmer, series 200)
- เครื่องเขย่า (Vortex, Scientific Industries: G-560E, U.S.A)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa

- 240-A- Switzerland)
- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand,
- Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)
- กระดาษกรองไนลอนขนาด 0.22 μm (Nylon filter)
- หลอดทดลองขนาด 16x150 mm (Test tube)
- ขวดสีชาขนาด 2 ml (LC vial)
- Syringe ขนาด 10 ml

5. ปริมาณความชื้น (Moisture)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- ถ้วยอลูมิเนียมมีฝาปิด (Moisture can)
- โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้นอยู่ภายใน
- ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)

6. ปริมาณโปรตีน (Protein)

- เครื่องกลั่นโปรตีน (Distillator, Buchi 435, Switzerland)
- เครื่องย่อยโปรตีน (Digester and Scrubber, Buchi 323, Switzerland)
- หลอดเคสตาห์ล (Digestion tube)
- ตู้ดูดควัน (Hood)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- ปีกเกอร์ (Beaker)
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร (Erlenmeyer flask)
- ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
- บิวเรตต์ (Burette)
- ปิเปต (Pipette)

7. ปริมาณไขมัน (Fat)

- ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Soxtec 2050 Auto Extraction Unit/Sweden)
- หลอดบรรจุตัวอย่าง (Thimble) พร้อมที่จับ (Thimble holder)
- ทิมเบอร์กระดาษ (Cellulose thimble)

- ถ้วยสกัด (Extraction cup) พร้อมที่จับ (Extraction holder)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert: UM100-UM800, Germany)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)

8. ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber)

- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (Fiber technology) ยี่ห้อ 1020 Kjeltac/Foss/Sweden
- ถ้วยกระเบื้องเคลือบสำหรับกรอง (Crucible)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)
- เตาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace, Furna 6010 Thermolyne/USA)
- เตาเผาไฟฟ้า (Electricburner, D-73760)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)
- เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)

9. เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Insoluble and soluble dietary fiber)

- Frit crucible porosity No. 2
- เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์ (Electronic analytical balance)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter, OAKTON, Japan)
- โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้นอยู่ภายใน
- เตาเผาไฟฟ้า (Gallenkamp, England)
- ตู้อบลมร้อนไฟฟ้า (Hot air oven, Memmert: UM100-UM800, Germany)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert, Germany)
- ชุดกรอง suction flask
- เทอร์โมมิเตอร์
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
- กรวยแยก - อลูมิเนียมฟอยด์

10. ปริมาณเถ้า (Ash)

- เตาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace, Furna 6010 Thermolyne/USA)
- ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A Switzerland)

- โถดูดความชื้น (Desiccator)

11. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

- เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (Digital pH meter, CG 842 Schott, Germany)

12. ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (Water activity, a_w)

- เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w Sprint Novasina TH-500, Switzerland)
- ถังพลาสติกใส่ตัวอย่างเพื่อหาค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w box)

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

1. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity , WHC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

2. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity , OHC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

3. ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ (Water retention capacity, WRC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)
- ตู้อบลมร้อนไฟฟ้า (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)

4. ค่าความสามารถในการพองตัว (Swelling capacity (SWC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร (Cylinder)

5. ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk density)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa

240-A- Switzerland)

- กระบอกตวงขนาด 25 มิลลิลิตร (Cylinder)
- แผ่นรองกระแทก (Soft pad)

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์จุลินทรีย์

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- เครื่องตีปั่นตัวอย่าง (Stomacher)
- ตู้อบเชื้ออุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส
- เครื่องนับจำนวนจุลินทรีย์ (colony counter)
- หม้อนึ่ง (Autoclave) (HA-300MN, Japan)
- Petri disc (Pyrex, United States)
- ปีเปต ปริมาตร 1 และ 10 มิลลิลิตร (HGB, Germany)
- หลอดทดลอง
- กระบอกตวง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ถ้วยพลาสติกสีขาว
- กระดาษเช็ดหู
- น้ำเปล่าสะอาด
- ถาดสีขาว
- แบบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

สารเคมี

สารเคมีสำหรับลดความขม

- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl, Food Grade)
- แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, CaCO_3 , Food Grade)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH, Food Grade)

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound)

- สารละลาย Folin-Ciocalteu 10 % ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)
- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 5% ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)
- สารละลายมาตรฐาน gallic acid
- คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH)

- สารละลาย DPPH (2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma- Aldrich (St Louis,USA).
- เอทานอล (Ethanol, Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐาน Trolox (Sigma- Aldrich (St Louis,USA)

2. สารลิโมนิน (Limonin)

- สารมาตรฐานลิโมนิน (limonin, $C_{26}H_{30}O_8$, Sigma- Aldrich (St Louis,USA).
- เมทานอล (Metanol, Merck, Germany)
- อะซิโตนไนไตรท์ (Acetonitrile HPLC grade, Fisher Chemical, USA)
- น้ำ (Water HPLC, QREC Chemical CO LTD, Thailand)

3. สารนารินจิน (Naringin)

- สารมาตรฐานนารินจิน (naringin, $C_{27}H_{32}O_{12}$, Sigma- Aldrich (St Louis,USA).
- เมทานอล (Metanol, Merck, Germany)
- อะซิโตนไนไตรท์ (Acetonitrile HPLC grade, Fisher Chemical, USA)
- น้ำ (Water HPLC, QREC Chemical CO LTD, Thailand)

4. ปริมาณโปรตีน (Protein)

- โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4 , Sodium bicarbonate, Merck, Germany))
- คอปเปอร์ซัลเฟต ($Cu_2SO_4 \cdot 5H_2O$, Copper sulphate, Merck, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4 , Merck, Germany)
- เมทิลเรด (Methyl red)
- โบโรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green)
- เมทานอล (Methanol, Merck, Germany)
- กรดบอริก (Boric acid, Merck, Germany)

5. ปริมาณไขมัน (Fat)

- เฮกเซน (Hexane, C_6H_{14} , Merck, Germany)

6. ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber)

- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4 , Merck, Germany)
- ซีไลท์ (Celite, acid washed, Sigma-Aldrich, USA)
- ออกทานอล (Octanol $C_8H_{18}O$, Merck, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH, Merck, Germany)
- อะซิโตน (Acetone, C_3H_6O , Merck, Germany)

- น้ำกลั่น (Distillation water)

7. ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

(Insoluble and soluble dietary fiber)

- เอทานอล (Ethanol)
- อะซิโตน (Acetone, C_3H_6O , Merck, Germany)
- ฟอสเฟตบัฟเฟอร์
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH, Merck, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl, Merck, Germany))
- ซีลิต (Celite, acid washed, Sigma-Aldrich, USA)
- เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (amylase, heat-stable, Sigma-Aldrich, USA)
- เอนไซม์โปรตีเอส (Protease, Fluka, USA)
- เอนไซม์อะไมลوجلูโคซิเดส (Amyloglucosidase from *Aspergillus niger*, Fluka, USA)

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- Potato Dextrose Agar (PDA) (Difco, United States)
- Plat Count Agar (PCA) (Difco, United States)

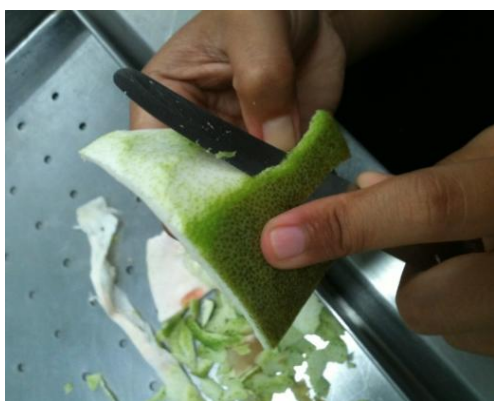
สถานที่ดำเนินการ

1. หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
2. โปรแกรมวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
3. ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

วิธีการดำเนินงาน

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกชั้นในส้มโอ

นำเปลือกชั้นในของส้มโอดังต่อไปนี้ พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ แต่ละผลล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง หั่นให้มีขนาด 1X1X1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ภาพที่ 3.1)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.1 การเตรียมเปลือกส้มโอ

การปอกเปลือกส้มโอชั้นใน (ก)

ขนาดเปลือกชั้นในส้มโอ 1x1x1 ตารางเซนติเมตร (ข)

นำเปลือกส้มโอแต่ละสายพันธุ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เปลือกส้มโอชั้นในแบบสด (ไม่ผ่านการอบแห้ง) ส่วนที่ 2 เปลือกส้มโอชั้นในแบบแห้ง นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Freeze dryer ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 จากนั้นบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านรูตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บตัวอย่างแห้งบรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่ตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ดังนี้

- ปริมาณความชื้น (Moisture ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณไขมัน (Fat ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณโปรตีน (Protein ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณเถ้า (Ash ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)
- ปริมาณสารลิโมนิน (Limonin ตามวิธี Sun et al., 2005)
- ปริมาณสารนารินจีน (Naringin ตามวิธี Kanaze et al., 2003)
- สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Compound ตามวิธี Shen et al., (2009)

- การตรวจวัดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH ตามวิธี Zigoneanu et al., 2007)

ศึกษาวิธีการลดความขมเปลือกชั้นในส้มโอ

คัดเลือกเปลือกส้มโอพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดมา 1 พันธุ์จากเปลือกส้มโอ 3 พันธุ์ (พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่) เพื่อนำมาลดความขม ดังขั้นตอนต่อไปนี้ คือนำเปลือกชั้นในส้มโอมาหั่นให้มีขนาด 1X1X1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำศึกษาวิธีการลดความขมต่างๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 (เปลือกชั้นในของส้มโอ : สารละลาย NaCl = 1:10 w/v)

วิธีการที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย CaCO_3 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 (เปลือกชั้นในของส้มโอ : สารละลาย CaCO_3 = 1:10 w/v)

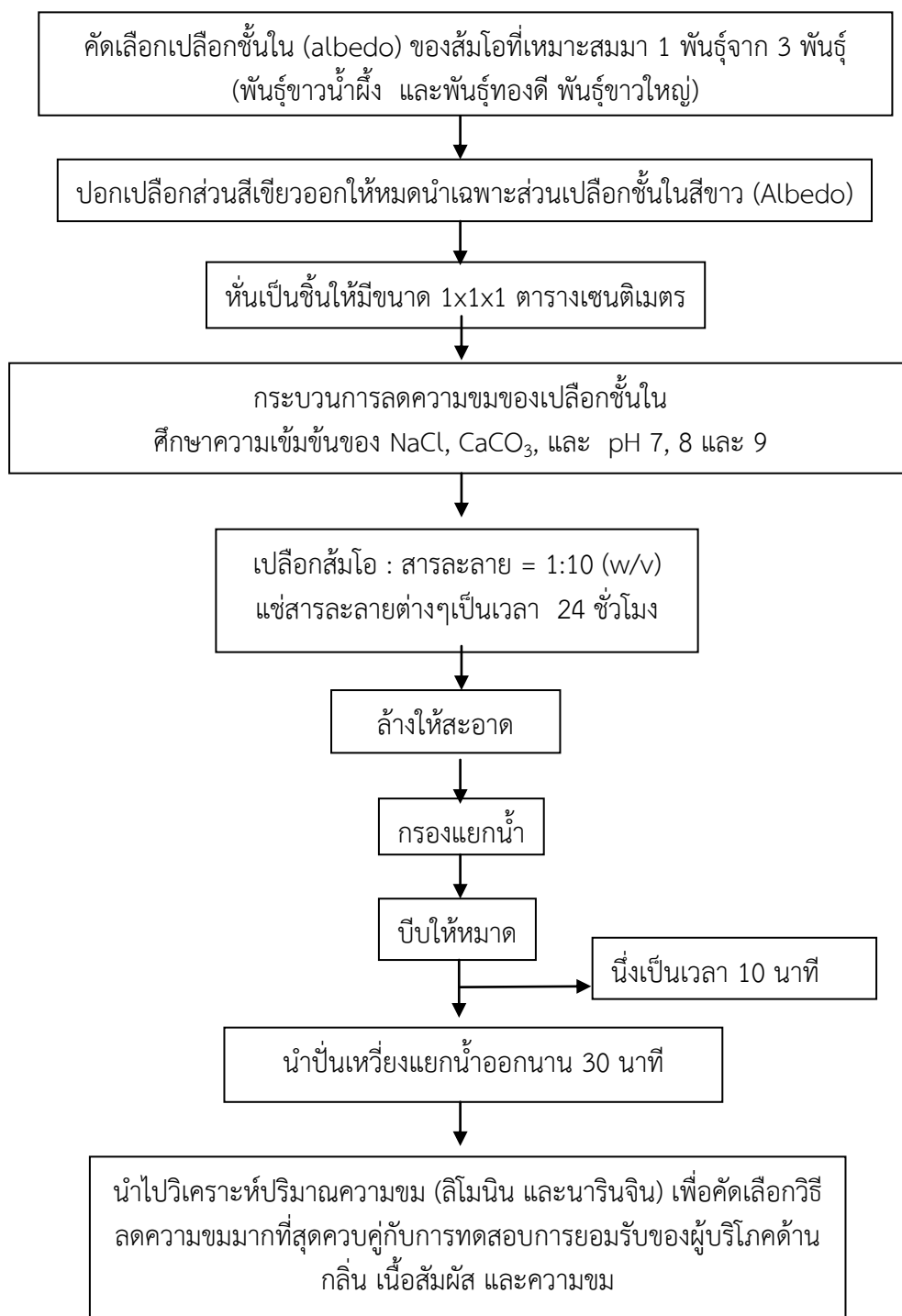
วิธีการที่ 3 ศึกษาของ pH ที่ระดับ 7, 8 และ 9 (เปลือกชั้นในของส้มโอ : สารละลาย pH = 1:10 w/v)

วิธีการที่ 4 โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีตัวควบคุม (เปลือกชั้นในของส้มโอ: น้ำกลั่น= 1:10 w/v)

ทำการแช่เปลือกชั้นในของส้มโอในสารละลายต่างๆ ดังที่กล่าวมา เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำเปลือกชั้นในของส้มโอมาล้างให้สะอาด กรองแยกน้ำ บีบให้หมด นำป่นเหวี่ยงแยกน้ำออก หนึ่งเป็นเวลานาน 10 นาที จากนั้นนำป่นเหวี่ยงแยกน้ำออกนาน 30 นาที แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณความขมเปรียบเทียบทั้งทางเคมีและทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกวิธีการที่สามารถลดความขมของเปลือกชั้นในของส้มโอได้มากที่สุด ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองที่ได้โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังนี้

- ปริมาณสารลิโมนิน (Limonin ตามวิธี Sun et al., 2005)
- ปริมาณสารนารินจีน (Naringin ตามวิธี Kanaze et al., 2003)
- ทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส และ ความขม

นำเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการลดความขมด้วยสภาวะต่างๆ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัสและการรับรสขม ด้วยวิธี Scoring test (scale 1-10) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ในด้านกลิ่น (Aroma) เนื้อสัมผัส (Texture) ความขม (Bitterness) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลโดยแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนกระบวนการลดความชื้นจากเปลือกชั้นในส้มโอ

ศึกษาการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอ

นำเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความชื้นที่มีปริมาณความชื้นหลงเหลืออยู่น้อยและได้รับการยอมรับ มาทำแห้งด้วย 2 วิธี

วิธีที่ 1 ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) โดยใช้เครื่อง Freeze dryer (Heto medel LyoPro 3000, Denmark, ดังภาพที่ 3.4 ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10

วิธีที่ 2 ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray drying) โดยใช้เครื่อง Tray dryer ดังภาพที่ 3.5 ที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 50 องศาเซลเซียส, 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส (ความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10)

นำเปลือกชั้นในที่ผ่านการทำแห้งมาบดให้เป็นผง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้ใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอ ทำการวิเคราะห์ดังนี้

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ (% Yield)
- ค่าสีในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยใช้เครื่อง Handy Colorimeter

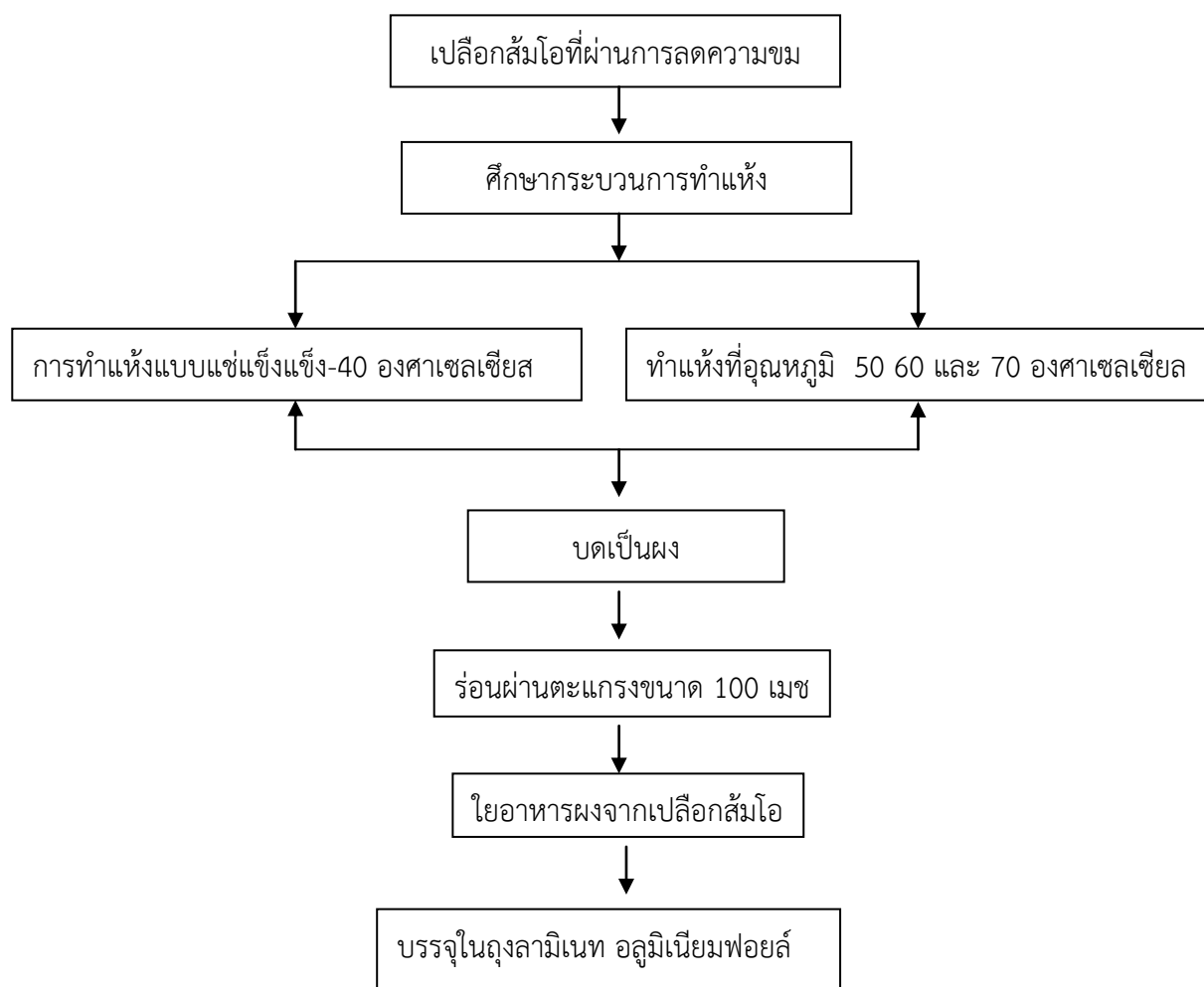
วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (Moisture ตามวิธี AOAC, 2005)
- ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง Novasina, TH-500, Switzerland
- ค่าความเป็นกรดต่าง (pH ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณสารลิโมนิน (Limonin ตามวิธี Sun et al., 2005)
- ปริมาณสารนารินจีน (Naringin ตามวิธี Kanaze et al., 2003)
- ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber ตามวิธี AOAC, 2005)

วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity; WHC, ตามวิธี Ang, 1991)
- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity; OHC, ตามวิธี Ang, 1991b)
- ค่าความสามารถในการพองตัว (Swelling capacity; SWC, ตามวิธี Robertson et al., 2000)

วิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองที่ได้โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งและผลิตโยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอ



ภาพที่ 3.4 กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)



ภาพที่ 3.5 กระบวนการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray drying)



ภาพที่ 3.6 เครื่องบด



ภาพที่ 3.7 ตะแกรงร่อนอย่างละเอียด (Sieve) ขนาด 100 เมช

การตรวจสอบคุณสมบัติของโยอาหารผง

คัดเลือกโยอาหารผงที่ผ่านการทำแห้งที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด 2 วิธีและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตโยอาหารผงมาเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของผลผลิต คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และ ตรวจลักษณะอนุภาค เพื่อเป็นทางเลือกในการผลิตโยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอ ดังนี้

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ (% Yield)
- ค่าสีในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยใช้ Handy Colorimeter

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

- ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)
- ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) โดยเครื่อง Novasina, TH-500, Switzerland
- ปริมาณความชื้น (Moisture ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณโปรตีน (Protein ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณไขมัน (Fat ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณเถ้า (Ash ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)
- ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Crude fiber ตามวิธี AOAC, 2005)
- ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber ตามวิธี AOAC, 2000)
- ปริมาณใยอาหารละลายน้ำไม่ได้ (Insoluble dietary fiber ตามวิธี AOAC, 2000)
- ปริมาณสารลิโมนิน (Limonin ตามวิธี Sun et al., 2005)
- ปริมาณสารนารินจีน (Naringin ตามวิธี Kanaze et al., 2003)
- สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Compound ตามวิธี Shen et al., (2009)
- การตรวจวัดสมบัตการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH ตามวิธี Zigoneanu et al., 2007)

วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
(Water holding capacity; WHC, ตามวิธี Ang, 1991)
 - ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน
(Oil holding capacity; OHC, ตามวิธี Ang, 1991b)
 - ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ
(Water retention capacity; WRC, ตามวิธี Robertson et al, 2000)
 - ค่าความสามารถในการพองตัว
(Swelling capacity; SWC, ตามวิธี Robertson et al., 2000)
 - ค่าความหนาแน่นจำเพาะ
(Bulk density, ตามวิธี Prakongpan, 2002)
- ตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นที่ของใยอาหารพองด้วยเครื่อง Scanning Electron

Microscope (SEM)

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยอาหารผง

นำโยอาหารส้มโอผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งจากสภาวะที่เหมาะสมแล้วมาบรรจุในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ บรรจุปิดสนิทด้วยเครื่อง vacuum pack ที่ระดับ Vacuum 75% Welding 7.0S และ Soft air 10.00S เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- ค่าสีในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยใช้ Handy Colorimeter

2. วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (Moisture ตามวิธี AOAC, 2005)
- ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ด้วยเครื่อง Novasina, TH-500, Switzerland
- ค่าความเป็นกรดต่าง (pH ตามวิธี AOAC, 2005)
- สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Compound ตามวิธี Shen et al., (2009)
- การตรวจวัดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH ตามวิธี Zigoneanu et al., 2007)

3. วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
(Water holding capacity; WHC, ตามวิธี Ang, 1991)
- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน
(Oil holding capacity; OHC, ตามวิธี Ang, 1991b)

4. วิเคราะห์จุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count, ตามวิธี AOAC, 2000)
- จำนวนยีสต์และรา (Yeast and Mold, ตามวิธี AOAC, 2000)