

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. มันเทศสีม่วง จากตลาดใหม่ ชลบุรี
2. แป้งสาลีชนิดพิเศษ ตราม่วงแดง ผลิตโดยบริษัท ยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด
3. น้ำตาล ตราลิน ผลิตโดยบริษัท น้ำตาลไทยรุ่งเรือง
4. เกลือ ตรารุ่งทิพย์ ผลิตโดยอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
5. ยีสต์แห้ง ตราชเฟ อินสแตนท์ จำหน่ายโดยบริษัท เซฟ อินสแตนท์ จำกัด
6. ซอทดกหนึ่ง ตรามิพีเรียล ผลิตโดยบริษัท หยกอินเตอร์เทรด จำกัด
7. ผงฟู ตรามิพีเรียล ผลิตโดยบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือในการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

1. เครื่องสไลด์ (Vegetable preparation) Halldé รุ่น RG-S50, ประเทศสวีเดน
2. เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ประเทศไทย
3. เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Moisture analyzer) รุ่น MA 30, ประเทศเยอรมนี
4. เครื่องบดละเอียดความเร็วสูง ประเทศจีน
5. เครื่องร่อนแป้ง (Sieving machine) รุ่น VE 1000, ประเทศเยอรมนี
6. อุปกรณ์ทั่วไป เช่น มีด มีดปอกเปลือก กะละมัง ตะแกรง ถาด และหม้อ เป็นต้น

อุปกรณ์และเครื่องมือในการเตรียมหมั่นโถว

1. เครื่องผสม (Kitchenaid stand mixers) รุ่น 5KPM50E, ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดหยาบ (Sartorius) รุ่น BA 616, ประเทศเยอรมนี
3. กระทะไฟฟ้าสำหรับนึ่ง (Imarflex) รุ่น IP-134, ประเทศไทย
4. อุปกรณ์ทั่วไป เช่น ไมริคโด มีดตัดโด พายพลาสติก กะละมัง ตะแกรงร่อนแป้ง ผ้าขาวบาง ถาด ตะแกรงพักขนม และช้อน เป็นต้น

อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. เครื่องวัดสี (Hunter lab colorimeter) รุ่น XE Plus, ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Microscope) Olympus รุ่น CH-BI45-2,

ประเทศญี่ปุ่น

3.อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) Heto-kolten A/s รุ่น HMT 200.

ประเทศเคนมาร์ก

4. เครื่องบรรเทาแรงเคอร์วิสโคอะไมโลกราฟ (Brabender viscoamylograph) รุ่น PT-100. ประเทศเยอรมนี

5. เครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph) Duisburg รุ่น D-47055. ประเทศเยอรมนี

6. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) Stable Micro System รุ่น TA-XT2.

ประเทศอังกฤษ

7. เครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) HP รุ่น PSC 1315. ประเทศสิงคโปร์

8. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)

LEO รุ่น 1450 VP, ประเทศอังกฤษ

9. อุปกรณ์ทั่วไป เช่น ซ้อนคัสสาร กล้องตัวอย่าง ถ้วยตัวอย่าง และปิเกตอร์ เป็นต้น

อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด (Sartorius) รุ่น AC 2115-00, ประเทศเยอรมนี

2. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) Schott รุ่น TA-XT5. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) Spectronic รุ่น Genesys 5.

ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. เครื่องหมุนเหวี่ยงชนิดตั้งโต๊ะ (Centrifuge) Hermle รุ่น Z323K ประเทศเยอรมนี

5. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memmert รุ่น ULE 600 ประเทศเยอรมนี

6. โถดูดความชื้น (Desiccator) ประเทศไทย

7. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

8. เตาเผา (Muffle furnace) Ney รุ่น 6-160A. สหราชอาณาจักร

9. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet apparatus) Gerhardth รุ่น S306AK,

ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

10. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus) ประกอบด้วย

- เครื่องย่อยสาร (Digestion unit) Buchi รุ่น K-424, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

- เครื่องกำจัดไอน้ำ (Scrubber unit) Buchi รุ่น B-414, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

- เครื่องกลั่นสาร (Uistillation unit) Buchi รุ่น B-324. ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

12. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น กระดานกรอง แท่งแก้ว กระบอกตวง ปิเกตอร์ ขวดชมพู

และหลอดทดลอง เป็นต้น

สารเคมี

1. แคททิคอล (Catechol) บริษัท Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี
2. เอทานอล (Ethanol) บริษัท Orec ประเทศออสเตรเลีย
3. เมทานอล (Methanol) บริษัท Poison ประเทศออสเตรเลีย
4. ฟอลิน ซีโอมัลดูรีเอเจนต์ (Folin-ciocalteu reagent) บริษัท Loba Chemic ประเทศอินเดีย
5. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
6. กรดแกลลิก (Gallic acid) บริษัท Sigma-aldrich ประเทศจีน
7. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) บริษัท Labscan Asia ประเทศไทย
8. สารละลาย DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) บริษัท Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี
9. โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Sodium dihydrogen phosphate) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
10. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Disodium hydrogen phosphate) บริษัท Fluka Biochemika ประเทศจีน
11. กรดซิตริก (Citric acid) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
12. โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
13. โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate) บริษัท Fluka ประเทศสวีเดน
14. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) บริษัท Qrec ประเทศออสเตรเลีย
15. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) บริษัท Labscan Asia ประเทศไทย
16. กรดบอริก (Boric acid) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
17. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) บริษัท Labscan Asia ประเทศไทย
18. โปรตีเอส (Protease) บริษัท Megazyme ประเทศไอร์แลนด์
19. อะไมโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase) บริษัท Megazyme ประเทศไอร์แลนด์
20. ซีไลต์ (Celite) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
21. ซีแซนด์ (Seasand) บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
22. แอลฟา-อะไมเลส (α -Amylase) (1:2000 IU) บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย
23. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose) บริษัท Premtec ประเทศจีน
24. สโร Trolox (Chroman-2-carboxylic acid) บริษัท Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1. ศึกษาผลของกระบวนการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางเคมี-กายภาพ ของแป้งมันเทศสีม่วง

1.1 ศึกษาผลของเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง

เตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยนำมันเทศมาล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือก และล้างให้สะอาดอีกครั้ง แล้วนำมันเทศมาสไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนา 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ (Vegetable preparation, RG-S50) นำชิ้นมันเทศที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน (Water blanching) โดยการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 2 4 6 และ 8 นาที หลังผ่านการให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมันเทศที่ได้มาทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 – 8 ชั่วโมง จนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 8±2 หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด ความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ด้วยเครื่องร่อนแป้ง (Sieving machine, VE 1000) โดยมันเทศสดในปริมาณ 4 กิโลกรัม จะได้แป้งมันเทศปริมาณ 1 กิโลกรัม นำแป้งมันเทศบรรจุใส่ถุงพอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติแป้งมันเทศสีม่วง ดังนี้

1.1.1 การวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase, PPO)

โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Palou et al. (1999) โดยนำชิ้นมันเทศที่ผ่านการให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดมาบดด้วยเครื่องบดและสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ เพื่อเตรียมสารสกัดเอนไซม์ PPO แล้ววิเคราะห์กิจกรรมของ PPO โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, Genesys 5) และคำนวณค่ากิจกรรมของ PPO ส่วนที่เหลือ (Residual PPO activity) โดยแสดงในหน่วยร้อยละ (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ก-1)

1.1.2 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

1.1.2.1 ปริมาณฟีนอลิก (Total phenolic) โดยทำการสกัดด้วยแป้งมันเทศสีม่วงด้วยสารละลายเมทานอล ตามวิธีของ Hun, Chen, Weng, and Tseng (2003) และนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Slinkard and Singleton (1997) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ก-2) แสดงในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิกสมมูล (Gallic acid equivalents, GAE) ต่อกรัมตัวอย่างแป้ง (โดยน้ำหนักฐานแห้ง)

1.1.2.2 ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) โดยนำตัวอย่างแป้งมันเทศมาสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ตามวิธีของ Yang and Gadi (2008) และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน แสดงในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแป้ง (โดยน้ำหนักฐานแห้ง) โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Furuta et al. (1998) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ก-3)

1.1.2.3 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ทำการสกัดตัวอย่าง แป้งมันเทศสีม่วงด้วยสารละลายเมทานอล ตามวิธีของ Hun et al. (2003) และนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ตามวิธีของ Huang et al. (2005) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดง ดังภาคผนวก ก-4) แล้วคำนวณค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระแสดงในรูปของค่า EC_{50} ซึ่งเป็นค่า ความเข้มข้นของตัวอย่างที่มีผลต่อการลดจำนวนของอนุมูลอิสระลงครึ่งหนึ่งจากจำนวนของอนุมูล อิสระเริ่มต้น

1.1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

1.1.3.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) โดยวัดค่าสีของตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วง ตามวิธีของ ชูสิทธิ์ บุ่งทอง (2552) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter lab) ในระบบ CIE Lab ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และ คำนวณหาค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*)

1.1.3.2 ลักษณะและรูปร่างของเม็ดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วง โดยทำการตรวจสอบ ลักษณะและรูปร่างเม็ดสตาร์ชของตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วง ตามวิธีของ Pearson (1976) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน ที่กำลังขยาย 40 เท่า

1.1.3.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งด้วยเครื่องบรบนเดอร์ วิสโคอะไมโลกราฟ วิเคราะห์ตามวิธีของ กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2546) โดยเตรียมตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วงให้มีลักษณะเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) และ วิเคราะห์ด้วยเครื่องบรบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ (Brabender viscoamylograph, PT-100) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังในภาคผนวก ข-2) โดยแสดงผลในรูปของค่าความหนืดเริ่มต้น (Beginning of gelatinization) ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดลดลง (Breakdown) ความหนืดการคืนตัว (Setback) และความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

1.1.3.4 การละลาย การดูดซับน้ำ และค่าการพองตัว ของแป้งมันเทศสีม่วง วิเคราะห์ตามวิธีของ Anderson (1982); Lai and Cheng (2004) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดัง ภาคผนวก ข-3)

1.1.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นโถว

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมโดยการลวกด้วยน้ำร้อน มาเตรียมผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (วิมล วรณนุมาศ และณัญญา กงโนนกก, 2555) และใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากค่าการดูดซับน้ำ (Water absorbtion) ที่วิเคราะห์ด้วย เครื่องฟาริโนกราฟ (Farinograph, D-47055) โดยเตรียมโดและหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou and Popper (2007) ประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 100 น้ำร้อยละ 44 ยีสต์ร้อยละ 1.2 น้ำตาลร้อยละ 20 ซอทดกนึ่งร้อยละ 5 และผงฟูร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง และใช้วิธีการเตรียมแบบขั้นตอน

เดียว (Straight dough method) ผสมแป้งสาลี ยีสต์ ผงฟู และสารละลายน้ำตาล ลงในอ่างผสม เป็นเวลา 2 นาที ด้วยความเร็วระดับ 2 และเติมซอทดนึ่งลงในอ่างผสม แล้วผสมต่ออีก 6 นาที นำโดมาหั่นให้ชิ้นฟูประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วนำโดตัดเป็นชิ้นให้มีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม ม้วนโดและปั้นเป็นรูปทรงกลม พักโดให้ชิ้นฟูเป็นเวลานาน 30 นาที หลังจากนั้นนำโดที่พักแล้วมานั่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 15 นาที จนสุก และนำหมั่นไถวออกจากหม้อนึ่งไอน้ำวางพักไว้บนตะแกรงพักขนมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนหมั่นไถวเย็นตัวลง ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นไถวเปรียบเทียบกับสูตรที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

1.1.4.1 วิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด (Dough expansion) ตามวิธีของ Sangnark and Noomhorm (2004) โดยชั่งน้ำหนักของก้อนโดประมาณ 50 กรัม นำมารีดให้เป็นแผ่นให้มีความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร แล้วม้วนเป็นทรงกระบอกและใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร กดก้อนโดให้มีปริมาตรเริ่มต้นเท่ากับ 60 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มในตู้หมักโดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส บันทึกปริมาตรโดทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลานาน 120 นาที จนกระทั่งการเพิ่มขึ้นของปริมาตรของโดถึงที่ ความสามารถในการแผ่ขยายของโดพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของโดกับเวลาในการหมักโด

1.1.4.2 วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นไถว

1.1.4.2.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ทำการวัดค่าสีของตัวอย่างหมั่นไถว โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ สุสิทธิ์ บึงทอง (2552) โดยนำตัวอย่างหมั่นไถวทั้งก้อนมาหั่นเป็นชิ้นตามแนวขวางให้มีความกว้าง 1 เซนติเมตร แล้วใส่ลงในจานวัดสีให้เต็มพื้นที่โดยไม่มีช่องว่าง นำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab) ในระบบ CIE Lab ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C^*)

1.1.4.2.2 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) วิเคราะห์ตามวิธีของ Sangnark and Noomhorm (2004) โดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา ใช้ภาชนะที่มีความสูง ความกว้าง และความยาวมากกว่าขนาดของหมั่นไถว แล้วนำเมหาค่าความหนาแน่นของเมล็ดงา โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดงา (กรัม) และปริมาตรเมล็ดงา (ลูกบาศก์เซนติเมตร) เพื่อคำนวณค่าความหนาแน่นของเมล็ดงา และหาค่าปริมาตรของหมั่นไถว โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหมั่นไถวแล้วใช้วิธีการแทนที่เมล็ดงา และชั่งน้ำหนักของเมล็ดงาที่เหลือ เพื่อคำนวณค่าปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของหมั่นไถว

จากสูตร ความหนาแน่นของเมล็ดงา – น้ำหนักเมล็ดงา (กรัม) / ปริมาตรเมล็ดงา (ลบ.ซม.)

 ปริมาตรของหมั่นไถว – น้ำหนักเมล็ดงาที่เหลือ/ความหนาแน่นเมล็ดงา (ลบ.ซม.)

 ปริมาตรจำเพาะ = ปริมาตรของหมั่นไถว (ลบ.ซม.) / น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

1.1.4.2.3 ความแน่นเนื้อ (Firmness) วิเคราะห์ตามวิธีของ AACC (1986) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2) นำตัวอย่างหมั่นโถวทั้งชิ้นมาวัดความแน่นเนื้อโดยใช้หัววัด Cylindrical probe ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 35 มิลลิเมตร (P/35) กดลงบนชิ้นตัวอย่าง โดยกำหนดระยะทางที่หัววัดกดลงบนเนื้อหมั่นโถว (Strain) เท่ากับร้อยละ 25 ของความสูงของตัวอย่าง แสดงค่าความแน่นเนื้อของหมั่นโถวจากค่าแรงสูงสุดที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) มีหน่วยนิวตัน (N) กับเวลา (Time) มีหน่วยเป็นวินาที

1.1.4.2.4 ความยืดหยุ่น (Springiness) วิเคราะห์ตามวิธีของ AACC (1986) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2) นำตัวอย่างหมั่นโถวทั้งชิ้นมาวัดค่าความยืดหยุ่นโดยใช้หัววัด Cylindrical probe ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) กดลงบนชิ้นตัวอย่าง เพื่อหาค่าความยืดหยุ่นของหมั่นโถว โดยกำหนดให้ค่าระยะทางที่หัววัดกดลงบนเนื้อของหมั่นโถว (Strain) เท่ากับร้อยละ 25 ของความสูงของตัวอย่าง และกดหัววัดค้างไว้บนชิ้นตัวอย่าง (Hold unit time) เป็นเวลา 60 วินาที สามารถคำนวณค่าได้จากสูตร

$$\text{ค่าความยืดหยุ่นของหมั่นโถว (ร้อยละ)} = (F_{60} / F_{\max}) \times 100$$

โดยที่ F_{60} คือ ค่าแรงที่ 60 วินาที (กรัม), $F_{\max}$ คือ ค่าแรงสูงสุด (กรัม)

1.1.4.3 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ทำการประเมินคุณลักษณะของหมั่นโถวในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวนทั้งหมด 30 คน

1.1.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง และคุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) และทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

1.1.6 การคัดเลือกเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งมันเทศ

คัดเลือกเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนที่เหมาะสมต่อการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยเลือกตัวอย่างที่ทำให้หมั่นโถวมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ร่วมกับสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาต่อไป

1.2 ศึกษาผลของเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง

เตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยนำมันเทศสดมาล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือก และล้างให้สะอาดอีกครั้ง แล้วนำมันเทศมาสไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนา 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ (Vegetable preparation, RG-S50) หลังจากนั้นนำชิ้นมันเทศที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยไอน้ำ (Steam blanching) โดยการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 2 4 6 และ 8 นาที หลังจากนั้นนำมันเทศมาให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมันเทศที่ได้มาทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 – 8 ชั่วโมง จนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 8±2 นำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ด้วยเครื่องร่อนแป้ง (Sieving machine, VE 1000) โดยมันเทศสดในปริมาณ 4 กิโลกรัม จะได้แป้งมันเทศปริมาณ 1 กิโลกรัม นำแป้งมันเทศบรรจุใส่ถุงพอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพแป้งมันเทศสีม่วง ดังนี้

1.2.1 การวิเคราะห์กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase, PPO)

โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Palou et al. (1999) ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.1

1.2.2 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก (Total phenolic) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.2

1.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง โดยวัดค่าสี (L^* a^* และ b^*) ตรวจสอบลักษณะและรูปร่างของเม็ดสตาร์ชแป้งมันเทศสีม่วง การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายน้ำแป้งด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโครกราฟ การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วง ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.3

1.2.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นโถว

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำมาเตรียมโดและหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou and Popper (2007) โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4 และวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นโถวเปรียบเทียบกับสูตรที่ทำจากแป้งสาลีล้วน โดยวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4.1 แล้ววิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถวโดยการวัดค่าสี (L^* a^* และ b^*) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ความแน่นเนื้อ (Firmness) และความยืดหยุ่น (Springiness) ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4.2 และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4.3

1.2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์กิจกรรมของโพลิฟีนอลออกซิเดส กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง และคุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) และทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

1.2.6 การคัดเลือกเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งมันเทศ

คัดเลือกเวลาในการลวกด้วยไอน้ำที่เหมาะสมต่อการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยเลือกตัวอย่างที่ทำให้หมั่นโถวมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ร่วมกับสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาต่อไป

1.3 การคัดเลือกวิธีการเตรียมขั้นต้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

เปรียบเทียบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำที่เวลาเหมาะสม ซึ่งได้จากการคัดเลือกในตอนที่ 1.1 และ 1.2 โดยวิธี Paired-sample-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS และทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อคัดเลือกตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วงที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดนำมาใช้ศึกษาในตอนที่ 2 ต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาการหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว

ศึกษาหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการผลิตหมั่นโถว โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงที่ได้จากการคัดเลือกในตอนที่ 1 ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง เติรมโคและหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou and Popper (2007) แล้ววิเคราะห์คุณลักษณะของโคและหมั่นโถว

2.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโค โดยหาค่าความสามารถในการแผ่ขยายของโค (Dough expansion) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.1

2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

2.2.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.2

2.2.2 การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมั่นโถว โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ ชูสิทธิ์ บึงทอง (2552) นำหมั่นโถวทั้งชิ้นมาตัดตามขวาง และนำมาสแกนภาพด้วยเครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) HP รุ่น PSC 1315 นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ด้วยโปรแกรม UTHSCSA Image Tool for Windows Version 3.0 (Free Program) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ข-6)

2.3 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวทั้งก้อนมาหั่นเป็นแผ่นให้มีความหนา 1 เซนติเมตร นำมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช จนได้ตัวอย่างหมั่นโถวที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Chan et al. (2008) ทำการสกัดตัวอย่างด้วย สารละลายเมทานอลในอัตราส่วน 1 ต่อ 50 (w/v) นำมาแช่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และหมุนปั่นเหวี่ยง ที่อัตราเร็ว 10000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายส่วนใส ที่ได้จากการสกัดมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก (Total phenolic) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาค ผนวก ก-2 ก-3 และก-4)

2.4 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยการให้คะแนน ความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังรายละเอียดในตอนที 1 ข้อ 1.1.4.3

2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโคและหมั่นโถว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

2.6 การคัดเลือกปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว

คัดเลือกปริมาณแป้งมันเทศที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว โดยคัดเลือกปริมาณแป้งมันเทศที่ทำให้หมั่นโถวมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ร่วมกับคุณลักษณะทางกายภาพด้านอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาในตอนที 3 ต่อไป

2.7 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโดและหมั่นโถว

นำตัวอย่างโดและหมั่นโถวที่มีปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสม ได้จากการคัดเลือกในข้อ 2.6 มาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, I450 VP) เปรียบเทียบกับโดและหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน โดยนำโดและหมั่นโถวทั้งก้อนไปแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว แล้วใช้ก้อนทุบตัวอย่างให้แตกออกเป็นชิ้นเล็ก หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาแช่ในสารละลาย เพื่อให้ตัวอย่างคงสภาพ และทำแห้งในสภาวะสุญญากาศ นำชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งวางบนแท่นวางตัวอย่างโดยใช้กาวติด และนำตัวอย่างมาเคลือบทองโดยใช้เครื่อง Sputter-coater ในสภาวะสุญญากาศ หลังจากนั้นนำตัวอย่างส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในสภาวะสุญญากาศ ที่กำลังขยาย 400 เท่า โดยใช้กำลังไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว

เตรียมโดและหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou and Popper (2007) ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4 โดยใช้ปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่ได้จากการคัดเลือกลงตอนที่ 2 มาศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -Amylase) ที่มีต่อคุณลักษณะของโดและหมั่นโถว โดยเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม แล้วนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นโถว

3.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด โดยนำโดที่ได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด (Dough expansion) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.1 เตรียมโดได้โดยคำนวณหาปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการเตรียมโดได้จากค่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (เอนไซม์ 1 กรัม มีกิจกรรม 2000 ยูนิต) นำเอนไซม์มาละลายกับน้ำ และเติมลงในอ่างผสมในระหว่างขั้นตอนการผสมแป้ง

3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

3.2.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.2

3.2.2 การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมั่นโถว โดยดัดแปลงวิธีของ ชูลิพร บึงทอง (2552) ดังรายละเอียดในตอนที่ 2 ข้อ 2.2.2

3.3 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.3

3.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโดและหมั่นโถว วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

3.5 การคัดเลือกปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว

คัดเลือกปริมาณของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถวที่ทำให้หมั่นโถวมีความนุ่มขบรสสูงที่สุด ร่วมกับคุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวในตอนที่ 5 ต่อไป

3.6 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโดและหมั่นโถว

นำตัวอย่างโดและหมั่นโถวที่มีการเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการคัดเลือกในข้อ 3.5 มาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) เปรียบเทียบกับโดและหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส โดยเตรียมตัวอย่าง ดังรายละเอียดในตอนที่ 2 ข้อ 2.7

ตอนที่ 4 ศึกษาผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อคุณภาพของหมั่นโถว

เตรียมโดและหมั่นโถวตามสูตรพื้นฐานของ Hou and Popper (2007) ดังรายละเอียดในข้อ 1.1.4 โดยใช้ปริมาณแป้งที่ได้จากการคัดเลือกลงตอนที่ 2 มาศึกษาผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC) ที่มีต่อคุณลักษณะของโดและหมั่นโถว และทำการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะของโดและหมั่นโถว

4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด เตรียมโดโดยนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมาผสมกับส่วนผสมแห้ง และเติมลงในอ่างผสมเพื่อทำการผสม แล้วนำโดที่ได้วิเคราะห์ความสามารถในการแผ่ขยายของโด (Dough expansion) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.1

4.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของหมั่นโถว

4.2.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ดังรายละเอียดในตอนที่ 1 ข้อ 1.1.4.2

4.2.2 การกระจายตัวของเซลล์อากาศในเนื้อหมั่นโถว โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงตามวิธีของ ชูลิพร บุ่งทอง (2552) ดังรายละเอียดในตอนที 2 ข้อ 2.2.2

4.3 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถว

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยการให้คะแนน ความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังรายละเอียดในตอนที 1 ข้อ 1.1.4.3

4.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโดและหมั่นโถว วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

4.5 การคัดเลือกปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว

คัดเลือกปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เหมาะสมในการทำหมั่นโถว ที่ทำให้หมั่นโถวมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ร่วมกับคุณลักษณะทางกายภาพด้านอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวในตอนที 5 ต่อไป

4.6 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโดและหมั่นโถว

นำตัวอย่างโดและหมั่นโถวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการคัดเลือกในข้อที 4.5 มาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) เปรียบเทียบกับ โดและหมั่นโถวที่ไม่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยเตรียมตัวอย่าง ดังรายละเอียดในตอนที 2 ข้อ 2.7

ตอนที่ 5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

นำหมั่นโถวที่ได้จากการคัดเลือกในการทดลองตอนที่ 3 และ 4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ดังนี้

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถว

5.1.1 ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC Method 925.10. (1990)

5.1.2 ปริมาณโปรตีนโดย Kjeldahl method วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC Method 920.57. (1990)

5.1.3 ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC Method 920.39 (1990)

5.1.4 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (1990)

5.1.5 ปริมาณเถ้า วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC Method 923.03 (1990)

5.1.6 ปริมาณเส้นใยอาหาร วิเคราะห์ตามวิธีของ AACC Method 32-05 (1990)

5.2 วิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถว

ทำการสกัดด้วยหมั่นโถว โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Chan et al. (2008) และวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก (Total phenolic) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ดังรายละเอียดในตอนท้ายข้อ 2.3

5.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถววางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS