

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์ สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีวิเคราะห์

3.1.1 วัตถุประสงค์

- มันทรงพันธุ์ Kennebec น้ำหนักในช่วง 60-120 กรัม/ หัว ความถ่วงจำเพาะ 1.070-1.073 ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ฟู้ดโปรดักส์ จำกัด ทำความสะอาดโดยการล้างเพื่อกำจัดเอาเศษดินที่ติดมากับหัวมันฝรั่งออก และลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์หลังการปอกเปลือก ผึ่งลมให้แห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส

- แบ็งพริเจลาตินส์ ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท นิวทรีชั่น จำกัด (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

- เกลือปรูทิกพัย ชนิด food grade ความบริสุทธิ์ 99.9 % โดยน้ำหนัก (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)

- น้ำมันปาล์มพาโมลา (บริษัท พาโมลา จำกัด)

3.1.2 สารเคมี

- ในกระบวนการผลิต

sodium acid pyrophosphate (SAPP) food grade (บริษัท ฟู้ดส์ฟิลด์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด)

- การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

copper sulphate A.R.

potassium sodium tartrate A.R.

sodium hydroxide A.R.

methylene blue A.R.

neutral lead acetate A.R.

potassium oxalate A.R.

sucrose A.R.

hydrochloric acid A.R.

phenolphthalein A.R.

- การวิเคราะห์ไขมัน

petroleum ether A.R.

- การวิเคราะห์โปรตีน
 - potassium sulfate A.R.
 - sulfuric acid A.R.
 - boric acid A.R.
 - methyl red A.R.
 - bromocresol green A.R.
- การวิเคราะห์เปอร์ออกซิเดส แอคทีวิตี (peroxidase activity)
 - guaiacol A.R.
 - alcohol 95% A.R.
 - hydrogen peroxide A.R.
- การวิเคราะห์ฟอสเฟต
 - ammonium molybdate A.R.
 - ammonium metavanadate A.R.
 - nitric acid A.R.
 - potassium dihydrogenphosphate A.R.
- การหาค่า thiobarbituric acid (TBA number)
 - 2-thiobarbituric acid A.R.
 - glacial acetic acid A.R.
- การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
 - plate count agar (Difco Laboratory)
 - peptone (Life Technologies)
 - potato dextrose agar (Difco Laboratory)

3.1.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมผลิตภัณฑ์และเก็บรักษา

- เครื่องไลมันฝรั่ง multi wonder (แสดงรูปในภาคผนวก จ)
- มีดปอกเปลือก
- มีดหั่น
- หม้อสแตนเลส
- นาฬิกาจับเวลา
- ถาดสแตนเลส
- เทอร์โมมิเตอร์ แบบ digital (Fluke, 51)
- เครื่องผสม (Kenwood, No. A361)
- พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร
- เครื่องทอดอาหารแบบ deep fat frying (Moulinex, T47-53)
- เตาอบ ช่วงอุณหภูมิ 0-250 °C (Teha, TFL6T01)

- เครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) (HA-20) ความเร็วลม 2.7 เมตร/วินาที
- Cryo-Test Chamber (บริษัท Bangkok Industrial Gas จำกัด) (Air Product, CT-1818-12F)
- ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว (บริษัท Bangkok Industrial Gas จำกัด) (Air Product, XL-55HP)
- Air blast freezer ออกแบบและสร้างโดย บริษัท ออกัสต้า จำกัด มีกำลังการทำงาน 1.00 แรงม้า ความเร็วลม ณ จุดที่วางชิ้นผลิตภัณฑ์ เป็น 1 เมตร/วินาที
- เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO, DR015) ใช้ลวด thermocouple ชนิด copper-constantan มีความผิดพลาดในการอ่านอุณหภูมิ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ และสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -200 ถึง 400°C
- เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (Multivac Type, AG500)
- เครื่องวัดความเร็วลม (LT Lutron - Am - 4201 ANEMOMETER)
- ตู้แช่เยือกแข็งแบบนอน (SANYO, SF-C95) อุณหภูมิ -18°C
- ถุงพลาสติกชนิด Nylon15 μ /LLDPE120 μ ขนาด 21 X 25 ซม.² (บริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน))

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดความชื้น (Moisture Analyzer) (Sartorius MA30)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Lloyd, T2000)
- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius, BA 4100S) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius, B 310S) ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 series)
- เตาเผา ช่วงอุณหภูมิ 500-700 $^{\circ}\text{C}$ (Furnace Carbolite, MEL11-2)
- ตู้อบลมร้อน ช่วงอุณหภูมิ 50-250 $^{\circ}\text{C}$ (WTB binder, E-53)
- ถ้วยอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. สูง 3 ซม.
- ภาชนะหุ้มฉนวนสำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลว (ถัง Dewar)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldatherm and Vapodest I, Gerhardt, KT85)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet Apparatus)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่า TBA
- เครื่องมือบดอาหาร (Waring, 32BL79)
- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius, A 200S) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Milton Roy, Spectronic 601)
- เครื่องแก้วต่างๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ตู้เขี่ยเชื้อ (ISSCO, BVT-123)
- ตู้บ่มเชื้อ (Memmert, B30) ช่วงอุณหภูมิ 25-80 °C
- Autoclave (Tomy, SS-320)
- จานเพาะเชื้อ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ส้อมพลาสติก
- จานพลาสติก
- แก้วน้ำพลาสติก
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
- โปรแกรมสำเร็จรูป MSTAT (Nissin, 1968)

3.1.4 วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่อง Lloyd, T2000 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก

- ค่าสี (L,a,b) โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a แทนค่าสีแดง (+) แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว

ค่า b แทนค่าสีเหลือง (+) แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

- % freezing loss โดยวิธีชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ freezing loss} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง} - \text{น้ำหนักหลังแช่เยือกแข็ง}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง}} \times 100$$

- % thawing loss โดยวิธีชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ thawing loss} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนการละลายน้ำแข็ง} - \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็ง}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนการละลายน้ำแข็ง}} \times 100$$

- % weight loss โดยวิธีชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ weight loss} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง} - \text{น้ำหนักหลังแช่เยือกแข็งก่อนละลายน้ำแข็ง}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง}} \times 100$$

- % heating loss โดยวิธีชั่งน้ำหนัก

% heating loss = $\frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนให้ความร้อน} - \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังให้ความร้อน} \times 100}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนให้ความร้อน}}$

- ปริมาณการใช้ liquid nitrogen โดยวิธีจับเวลา รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก
- ค่าของ liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง โดยวิธีชั่งน้ำหนัก รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ Ranganna (1977)
- โปรตีน ตามวิธีของ Ranganna (1977)
- ไขมัน ตามวิธีของ Ranganna (1977)
- เถ้า ตามวิธีของ Ranganna (1977)
- เส้นใย ตามวิธีของ Ranganna (1977)
- น้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Ranganna (1977) โดยใช้วิธีของ Lane และ Eynon
- เปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี ตามวิธีของ Pearson (1970)
- ปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 / 100 g sample) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)
- ค่า TBA ตามวิธีของ Tarladgis, Pearson and Dugan (1960)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ตามวิธีของ ICMSF (1982)
- ปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and Mold) ตามวิธีของ ICMSF (1982)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

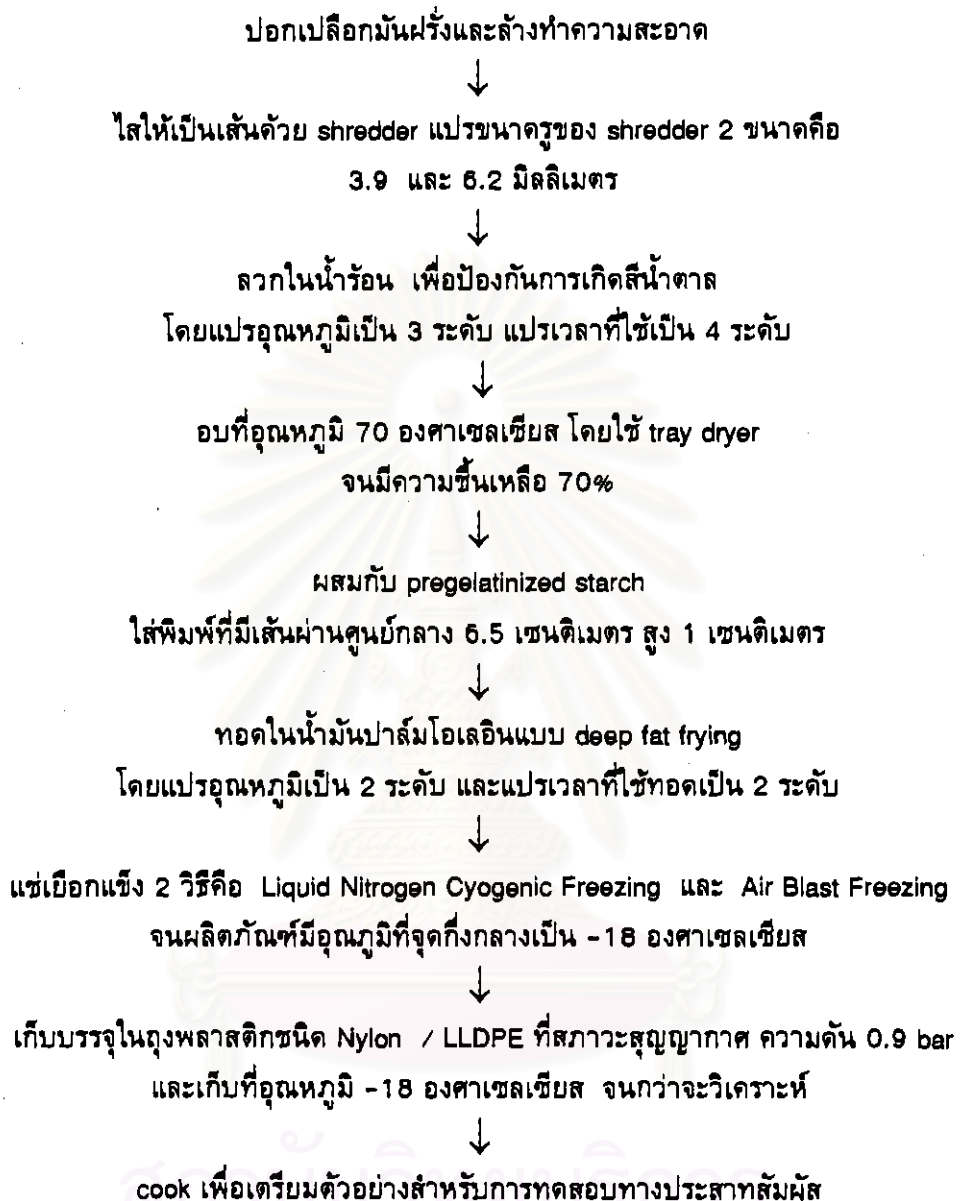
ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ โดยวิธี quantitative descriptive analysis (QDA) with scaling (Larmond, 1982) ใช้ผู้ทดสอบชนิดกึ่งฝึกหัด (semi-trained) ที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นกลุ่มนิสิตปริญญาโทของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้แบบทดสอบแบบ scaling test แสดงในภาคผนวก ข

3.2 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate composition) ของมันฝรั่ง

หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เส้นใย และน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธีของ Ranganna (1977) วิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

3.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมมันฝรั่งก่อนนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยการผลิต frozen prefried potato patties จะปรับปรุงวิธีของ Galland and Caldwell (1986) ตามแผนภูมิต่อไปนี้



3.2.2.1 หากภาวะที่เหมาะสมในการลวกชิ้นมันฝรั่งขนาดต่างๆในน้ำร้อน

น้ำมันฝรั่งมาปอกเปลือก ใส่เป็นเส้นด้วย shredder แปรขนาดรูของ shredder 2 ขนาดคือ 3.9 และ 6.2 มิลลิเมตร ลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราส่วนมันฝรั่ง 500 กรัมต่อปริมาตรน้ำ 2.5 ลิตร และแปรระยะเวลาเป็น 4 ระดับ คือ 1 2 3 และ 4 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วโดยการแช่น้ำเย็น ที่มีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ปริมาตร 2 ลิตร นาน 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงลวด นาน 10 นาที นำมาทดสอบเปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี ตามวิธีของ Pearson (1970) ประเมินผลโดยหาเวลาน้อยที่สุดที่ให้ผลการทดสอบเปอร์ออกซิเดสแอคติวิตี ที่เหลืออยู่ในมันฝรั่งปริมาณน้อยมาก เนื่องจากเอนไซม์นี้เป็นดัชนีชี้วัด

(biochemical index) ในการควบคุมคุณภาพของการลวก เป็นเอนไซม์ที่มีความคงทนต่อความร้อนสูงกว่าเอนไซม์ตัวอื่น

3.2.2.2 ศึกษาผลของขนาดชิ้นมันฝรั่ง อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาที่ใช้ทอด ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติระหว่างการทอดในน้ำมันท่วม (deep fat frying)

น้ำมันฝรั่งมาปอกเปลือก ใส่เป็นเส้นด้วย shredder แปรขนาดรูของ shredder 2 ขนาดคือ 3.9 และ 6.2 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้มันฝรั่งที่มีความกว้าง 3.87 มิลลิเมตร หน้า 2.10 มิลลิเมตร และความกว้าง 6.17 มิลลิเมตร หน้า 3.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.1 อบผิวหน้าชิ้นมันฝรั่งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นลงเหลือร้อยละ 70 เป็นเวลา 25 และ 30 นาทีตามลำดับ นำมาผสมกับสารละลายแป้งพรีเจลาติไนซ์ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนมันฝรั่ง 100 กรัมต่อสารละลายแป้ง 20 กรัม ขึ้นรูปโดยน้ำมันฝรั่งที่ผสมแป้งพรีเจลาติไนซ์ 40 กรัม ใส่ในพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร ทอดในน้ำมันปาล์มโอเลอินแบบ deep fat frying ใช้อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ 80 กรัมต่อน้ำมัน 2.5 ลิตร เพื่อให้อุณหภูมิน้ำมันลดลงมากกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยจะให้อุณหภูมิน้ำมันร้อนกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ก่อนน้ำมันฝรั่งลงทอด 10 องศาเซลเซียส (Reddy and Das, 1993) แปรอุณหภูมิน้ำมันเป็น 180 และ 190 องศาเซลเซียส และแปรเวลาในการทอดเป็น 3 และ 4 นาที

- วิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด $2 \times 2 \times 2$ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 3 ซ้ำ

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ สี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 1) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.2.3 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก่อนที่เลือกจากข้อ 3.2.2.2 โดยแปรเวลาที่ใช้ทอด ผลิตภัณฑ์ในกระทะก้นลึกที่อุณหภูมิ 190 ± 10 องศาเซลเซียส ก่อนแช่เยือกแข็งเป็น 1 และ 2 นาที ใช้อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ 80 กรัมต่อน้ำมัน 2.5 ลิตร นำไปแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ตั้งอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -70 องศาเซลเซียส นำชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก่อน 1 อัน มาเจาะและเสียบ probe เข้าไปที่ใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก่อนมันฝรั่งทอดแบบก่อน เพื่อวัดและติดตามอุณหภูมิในระหว่างแช่เยือกแข็ง โดยต่อสาย probe เข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO, DR 015) นำชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก่อนดังกล่าววางไว้ในตำแหน่งกลางตู้ เพื่อให้เป็นตำแหน่งที่อุณหภูมิลดต่ำลงช้าที่สุด จับเวลาจนเมื่ออุณหภูมิใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก่อนถึง -18 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการศึกษาขั้นต้นใช้เวลา 224 และ 220 วินาที ตามลำดับ แล้วนำมาเก็บบรรจุในถุงพลาสติกชนิด

Nylon/LLDPE แซ่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนอีกครั้ง โดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-30 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1-1.5 ชั่วโมง หรือจนอุณหภูมิใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนเป็น 0-1 องศาเซลเซียส (Burr, 1971) แปรเวลาที่ใช้ทอดในกระทะกันลิกที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็น 1 และ 2 นาที ใช้อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ 80 กรัมต่อน้ำมัน 2.5 ลิตร

- วิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2X2 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 4 ซ้ำ

- ประเมินผลโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 1) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.2.4 ศึกษาปริมาณเกลือที่เหมาะสม สำหรับการปรับปรุงรสเค็มของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแซ่เยือกแข็ง

จากตัวอย่างมันฝรั่งที่มีขนาดชิ้นที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.2 นำมาผสมกับสารละลายเบี่ยงปริเจลาติโนซ์ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนมันฝรั่ง 100 กรัมต่อสารละลายเบี่ยง 20 กรัม นำมาศึกษาปริมาณเกลือที่เค็มเพื่อปรับรสเค็มของผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณเกลือเป็นร้อยละ 0.00 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ของน้ำหนักมันฝรั่ง ขึ้นรูปโดยน้ำมันฝรั่งที่ผสมเบี่ยงปริเจลาติโนซ์ 40 กรัม ใส่ในพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร ทอดในน้ำมันปาล์มโอเลอินแบบ deep fat frying ตามภาวะที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.3 แซ่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen และนำมาให้ความร้อนอีกครั้งเช่นเดียวกับข้อ

3.2.2.3 ประเมินผลโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็ม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 2) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast และ แบบใช้ liquid nitrogen

3.2.3.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่เลือกจากข้อ 3.2.2.4 แซ่เยือกแข็งใน air blast freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 40 ชิ้น อุณหภูมิลมเย็นในตู้ประมาณ -32 องศาเซลเซียส นำมันฝรั่งทอดแบบก้อน 1 อัน มาเจาะและเสียบ probe เข้าไปที่ใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน เพื่อวัดและติดตามอุณหภูมิในระหว่างแช่เยือกแข็ง โดยต่อสาย probe เข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO, DR 015) นำชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนดังกล่าววางไว้ในตำแหน่งกลางตู้ เพื่อให้เป็นตำแหน่งที่อุณหภูมิลดต่ำลงช้าที่สุด บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนและเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิลดต่ำเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน ประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งจากกราฟดังกล่าว

3.2.3.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบใช้ liquid nitrogen

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่เลือกจากข้อ 3.2.2.4 นำไปแช่เยือกแข็งใน liquid nitrogen freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 20 ชิ้น ตั้งอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ 4 ระดับคือ -60, -70, -90 และ -110 องศาเซลเซียส นำชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนมาเจาะและเสียบ probe เหมือนในข้อ 3.2.3.1 วัดอุณหภูมิที่ใจกลางก้อนมันฝรั่งทอดแบบก้อนระหว่างแช่เยือกแข็ง บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนและเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิลดต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน ประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งจากกราฟดังกล่าว

3.2.3.3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อน แช่เยือกแข็งใน liquid nitrogen freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 20 ชิ้น แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 4 ระดับ คือ -60 -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส ทอดในน้ำมันปาล์มโอเลอินแบบ deep fat frying ตามภาวะที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.3

- ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนที่แช่เยือกแข็งที่

อุณหภูมิต่างๆ โดยหา %freezing loss และ %heating loss วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 4 ซ้ำ

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 3) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.4 แช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธี คือ แบบ air blast ที่อุณหภูมิ -32 องศาเซลเซียส ตามเวลาที่ได้จากข้อ 3.2.3.1 แบบใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิและเวลาที่ได้จากข้อ 3.2.3.3 นำมาให้ความร้อนโดยเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ ทอดโดยใช้กระทะกันลึก (deep fat frying) ที่อุณหภูมิและเวลาที่เลือกจากข้อ 3.2.2.3 โดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-30 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1-1.5 ชั่วโมง หรือจนอุณหภูมิใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนเป็น 0-1 องศาเซลเซียส (Burr, 1971) ใช้อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ 80 กรัมต่อน้ำมัน 2.5 ลิตร และแบบใช้เตาอบ โดยไม่ต้องละลายน้ำแข็งก่อน ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หรือจนมีอุณหภูมิที่ใจกลางของผลิตภัณฑ์เป็น 70 ± 5 องศาเซลเซียส ประเมินผลโดย

- หาค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 4 ซ้ำ

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ ด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 1) โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน

15 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.5 ศึกษาปริมาณ sodium acid pyrophosphate (SAPP) ที่เหมาะสม สำหรับการปรับปรุงสีมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

ศึกษาปริมาณ SAPP ที่เหมาะสมในการปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ โดยนำมันฝรั่งมาปอกเปลือก ใสเป็นเส้นด้วย shredder ขนาดที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.2 ลวกในน้ำที่มี SAPP 0.0 0.025 0.050 0.075 และ 0.100% (W/V) อัตราส่วนมันฝรั่ง 500 กรัมต่อปริมาตรน้ำ 2.5 ลิตร เตรียมตัวอย่างมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.4 แช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิและเวลาที่ได้จากข้อ 3.2.3.3 นำมาให้ความร้อนตามวิธีที่เลือกจากข้อ 3.2.4 ประเมินผลโดย

- วิเคราะห์ปริมาณ phosphate ($\text{mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g sample}$) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) ก่อนให้ความร้อนอีกครั้ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 3 ซ้ำ

- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 4) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง และศึกษาผลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาในการเก็บแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยา

เตรียมมันฝรั่งเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และเตรียมมันฝรั่งเช่นเดียวกับข้อ 3.2.5 โดยลวกมันฝรั่งในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.000 และ 0.075 (W/V) แช่เยือกแข็ง 2 วิธีคือ liquid nitrogen cryogenic freezing และ air blast freezing จับเวลาที่ใช้จนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นมันฝรั่งเป็น -18 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE ที่สภาวะสูญญากาศ (0.9 bar) แล้วเก็บโดยแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างเริ่มต้นและหลังจากนั้นทุก 1 เดือน ประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ดังนี้

3.2.6.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ โดยหาค่า %weight loss %thawing loss และ %heating loss

- ค่าสี (L,a,b) ก่อนให้ความร้อนอีกครั้ง

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetrical Factorial Experiment ขนาด $2 \times 2 \times 6$ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.6.2 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

- วิเคราะห์ค่า TBA

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetrical Factorial Experiment ขนาด 2x2x6 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.6.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- เตรียมตัวอย่างมันฝรั่งทอดแบบก้อนโดย cook ตามวิธีที่เลือกได้จากข้อ

3.2.4 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. 5) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.6.4 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์

- ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)
- ตรวจหาปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and Mold)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย