

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- 3.1.1 ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการกำจัดกลิ่น
- 3.1.2 ทดสอบความเสถียรของน้ำมันถั่วเหลืองโดยการทอดอาหาร (frying stability test)

3.2 วัตถุดิบ

- น้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตจากเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* L.) จากประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งผ่านกระบวนการฟอกสี (bleaching) แล้ว
- มันฝรั่งเส้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ยี่ห้อ Tesco Lotus (องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ ไขมัน 4.5 % โปรตีน 2 % คาร์โบไฮเดรต 28 % และ ความชื้นประมาณ 65.5 %) ผลิตโดย บริษัท โตโยต้า จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ

3.3 เครื่องมือ

- หอกกำจัดกลิ่น (deodorizer) เป็นหอกกำจัดกลิ่นที่ใช้ในกระบวนการกำจัดกลิ่นน้ำมันพืชในระดับอุตสาหกรรม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 m สูง 24.545 m ประกอบด้วยถาด (tray) ทั้งหมด 9 tray ให้ความร้อนแก่น้ำมันโดยใช้ระบบไอน้ำแรงดันสูง ควบคุมภาวะของหอกกำจัดกลิ่นโดยใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ
- เครื่อง Lovibond tintometer รุ่น PFX 990 จากสหราชอาณาจักร โดยใช้ cell ใสตัวอย่างขนาด 5 ¼ นิ้ว
- เครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น HP 6890 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Series 200 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115 ประเทศเยอรมัน
- เครื่อง Rancimat ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 679 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
- เตาทอดไฟฟ้าแบบมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (thermostat) ของน้ำมันให้คงที่ในระหว่างการทอด 2 เตา

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการกำจัดกลิ่น

3.4.1.1 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองเริ่มต้น (bleached soybean oil; BSO) ที่ออกจากกระบวนการฟอกสี ก่อนเข้ากระบวนการกำจัดกลิ่น

ก) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

วัดสีของน้ำมัน (color) โดยใช้ Lovibond tintometer รุ่น PFX 990 โดยใช้ cell ใสตัวอย่างขนาด $5 \frac{1}{4}$ นิ้ว ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.1

ข) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

(1) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.2

(2) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันชนิดทรานส์ (trans fatty acids) ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.3

(3) วิเคราะห์ปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมด (total tocopherol) ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.4

3.4.1.2 ทดลองปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการกำจัดกลิ่น

ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและเวลาใน deodorizing tray โดยกำหนดอุณหภูมิในการกำจัดกลิ่น (deodorizing temperature) ที่อุณหภูมิ 235 °C 240 °C และ 245 °C (ในงานวิจัยไม่ได้ทดลองที่อุณหภูมิ 230 °C เพราะในช่วงแรกก่อนการทดลองจริงได้ทดลองลดอุณหภูมิในการกำจัดกลิ่นลงไปที่ 230 °C พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่ออกจากกระบวนการกำจัดกลิ่นมีสีเหลืองเข้มมากต่างไปจากสีเหลืองปกติของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และหากใช้อุณหภูมิในการกำจัดกลิ่นที่ต่ำเกินไปอาจทำให้สารที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่ดีในน้ำมันและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันถูกกำจัดออกไปจากน้ำมันได้ไม่ดีเท่าที่ควร) และในแต่ละอุณหภูมิจะปรับเปลี่ยนเวลาในการกำจัดกลิ่น (deodorizing time) เป็น 103 นาที 124 นาที และ 155 นาที โดยคำนวณเวลาในการกำจัดกลิ่นจากกำลังการผลิตของหอกำจัดกลิ่นดังแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข.1 ซึ่งรวมแล้วจะมีการทดลองทั้งหมด 9 ภาวะ และทุกภาวะจะใช้สุญญากาศคงที่ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 mbar และใช้ปริมาณ stripping steam ที่ 1.5 % โดยน้ำหนักของน้ำมันถั่วเหลือง

3.4.1.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ออกจากกระบวนการกำจัดกลิ่น (deodorized soybean oil; DSO)

ก) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

วัดสีของน้ำมัน (color) โดยใช้ Lovibond tintometer รุ่น PFX 990 โดยใช้ cell ใส่ตัวอย่างขนาด $5 \frac{1}{4}$ นิ้ว ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.1

ข) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

(1) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.2

(2) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันชนิดทรานส์ ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.3

(3) วิเคราะห์ปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมด ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.4

(4) วิเคราะห์ความชื้นและสารที่ระเหยได้ ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.5

(5) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.6

ค) ตรวจสอบค่าดัชนีความเสถียรของน้ำมันต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oil Stability Index; OSI) โดยใช้เครื่อง Rancimat model 679 ยี่ห้อ Metrohm ตามวิธีของ AOCS (1998) ดังแสดงในภาคผนวก ก.7

ง) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินกลิ่นและรสชาติ (taste & odor) ของน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive test) โดยวิธีการให้คะแนน (scoring scale) (ปราณี อานเป็รื่อง, 2547) ใช้สเกลวัดแบบ 5 จุด โดยสุ่มตัวอย่างน้ำมันจากทุกภาวะ ภาวะละ 2 ซ้ำ ใส่ตัวอย่างน้ำมันลงในถ้วยแก้วที่ติดหมายเลข 3 ตัวแบบสุ่มไว้แล้ว แล้วให้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝน 4 คน ทดสอบตัวอย่างทีละตัวอย่าง ผู้ทดสอบจะให้คะแนนกลิ่นและรสชาติของน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับ 1-5 โดยกำหนดระดับคะแนนดังนี้

- 1 คือ มีกลิ่นหืนมาก
- 2 คือ มีกลิ่นหืนค่อนข้างมาก
- 3 คือ มีกลิ่นหืนปานกลาง
- 4 คือ มีกลิ่นหืนเล็กน้อยและไม่มีรสชาติ
- 5 คือ ไม่มีกลิ่นหืนและไม่มีรสชาติ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันที่ออกจากกระบวนการกำจัดกลิ่นทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี วางแผนการทดลองแบบ Factorial with CRD (Montgomery, 2005) ขนาด 3×3 โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ อุณหภูมิในการกำจัดกลิ่นมี 3 ระดับ (235°C 240°C และ 245°C) ปัจจัยที่ 2 คือ เวลาในการกำจัดกลิ่นมี 3 ระดับ (103 นาที 124 นาที และ 155 นาที) วิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test

วางแผนการทดลองทางประสาทสัมผัสแบบ Factorial with Randomized Complete Block Design (Montgomery, 2005) ขนาด 3×3 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.4.1.4 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ที่มีต่อปริมาณกรดไขมันชนิดทรานส์ที่เกิดขึ้นในน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้วิธี Regression Analysis

3.4.1.5 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ที่มีต่อปริมาณโทโคฟีรอลที่เหลืออยู่ในน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้วิธี Regression Analysis

3.4.2 ทดสอบความเสถียรของน้ำมันถั่วเหลืองโดยการทอดอาหาร (frying stability test)

เลือกภาวะในการกำจัดกลิ่นที่ให้ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่มีปริมาณโทโคฟีรอลสูงที่สุดและมีปริมาณกรดไขมันชนิดทรานส์เกิดขึ้นปริมาณต่ำที่สุด และมีค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ สี กลิ่นและรสชาติ อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐาน CODEX Stan 210 (1999) จำนวน 2 ภาวะ มาทดสอบการทอดอาหารเพื่อเลือกภาวะที่ทำให้ น้ำมันถั่วเหลืองมีความเสถียรมากที่สุด ตัวอย่างอาหารเป็นมันฝรั่งเส้น (french fries) ทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) ที่อุณหภูมิ 190°C โดยใช้เตาทอดไฟฟ้าแบบมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (thermostat) ของน้ำมันให้คงที่ในระหว่างการทอด จำนวน 2 เต่า ใช้ตัวอย่างน้ำมัน 7 ลิตรต่อตัวอย่างต่อเตาทอด ปริมาณมันฝรั่งเส้นที่ใช้ทอด 100 กรัม ต่อการทอด 1 ครั้ง เวลาในการทอดมันฝรั่งเส้น 4 นาทีต่อการทอด 1 ครั้ง เมื่อทอดครบ 4 นาที จะตักมันฝรั่งเส้นขึ้นจากเตาทอด และน้ำมันฝรั่งเส้นชุดต่อไปลงทอดตามปริมาณและเวลาที่กำหนดข้างต้น ทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนระยะเวลาทอดมันฝรั่งเส้นครบ 5 ชั่วโมงต่อ 1 วัน ทอดทุกวันติดต่อกันโดยไม่มีการเติมน้ำมันใหม่จนครบ 60 ชั่วโมง (12 วัน) เมื่อทอดมันฝรั่งเส้นเสร็จในแต่ละวันจะปล่อยให้มันฝรั่งเส้นเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่าง

น้ำมันเริ่มต้นก่อนทอดในวันแรกและหลังจากการทอดในแต่ละวัน เพื่อตรวจสอบปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ และสี

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันทางด้านเคมีวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) (Montgomery, 2005) ทดลองทอด 2 ชั่วโมง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test