

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

#### 3.1.1 วัตถุดิบ

- ผักชีไร่ (*Trachyspermum roxburghiamum*) จากอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

#### 3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

- เจลาติน จากบริษัท โอวี เคมีคอล
- โพรไพลีนกลัยคอล จากบริษัท โอวี เคมีคอล
- กัมอะราบิก จากบริษัท โอวี เคมีคอล
- น้ำกลั่น

#### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผักชีไร่อบแห้ง

- เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถึงหมุน (March cool, Co., Thailand)
- เครื่องปั่นผสม (National model MX-T1PN, Taiwan)

#### 3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

- เครื่องกลั่นไอน้ำทางตรง
- เครื่องกลั่นและสกัดพร้อมกัน (Liken-Nikerson)
- เครื่องระเหยสุญญากาศ (Büchi: V800, Switzerland)
- ฟลาสก์ก้นกลมขนาด 250 และ 1000 ml
- ฟลาสก์ก้นกลม 3 คอ ขนาด 1000 ml
- จุกยาง
- บีกเกอร์ขนาด 50, 100, 250 และ 500 ml
- กระจกตวงขนาด 100 ml
- กรวยแยก ขนาด 500 ml
- ขาดั่ง 3 ขา

- Heating mantle (Whatman, England)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (A&D, Model HR- 202i, Japan )
- กระดาษกรอง เบอร์ 1 (Whatman, England)

### 3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

- เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Labconco, USA)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (A&D, Model FX-2000i, Japan)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (A&D, Model HR-2000i, Japan)
- เครื่องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Model T25D, Germany)
- เครื่องกรองสุญญากาศ (THOMAS, Thailand)
- ตู้แช่เยือกแข็ง (SANYO, Thailand)
- ไมโครปิเปตต์ขนาด 100-5,000 ไมโครลิตร (GILSON, France)
- เครื่องอัลตราโซนิก (SONOREX DIGIEC, DT 52/H, Germany)
- เทอร์โมมิเตอร์ (HANNA, Thailand)
- นาฬิกาจับเวลา (CITIZEN, Japan)

### 3.1.6 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

- ขวดสีชาขนาด 15 มิลลิเมตร
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimudzu: Model UV-160A, Japan)
- เครื่องเขย่า (Heidolph: Model Unimax 2010, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Germany)
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (Novasina: model AWC 200, Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (Mettler: 400, Germany)
- เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (BINDER, USA)
- โถดูดความชื้น
- เครื่องวัดสี (Konica Minolta: CR-400 series, Japan)
- กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman, England)
- กระจ่างอคูมิเนียมพร้อมฝาปิด
- ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วและเครื่องมือวิทยาศาสตร์

- นาฬิกาจับเวลา (CITIZEN, Japan)
- ถุงพลาสติกกอลูมิเนียมฟอล์ย
- ตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (600 ไมโครเมตร)
- เครื่องรีแฟคโทมิเตอร์ (3T, Atago, Japan)
- Gas Chromatograph – Mass Spectrometer (GC-MS) (GC, HP 6890N; MS, 5973, Agilent Technologies, USA)
- Gas Chromatograph – flame ionization detector (GC-FID) (GC – 2010, Shimadzu, Japan)
- SPME fiber assembly  
Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane  
(DVB/CAR/PDMS) (Supelco 57328-U, USA)

#### สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

- เอทานอล (Ethanol:  $C_2H_5OH$ , AR grade, Merck, England)
- สารละลายโฟลีน (Folin-ciocalteu, Merck, Germany)
- กรดแกลลิก (Gallic acid;  $C_7H_6O_5$ , Fluka, Spain)
- สารดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl: DPPH, Merck, Germany)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate:  $Na_2CO_3$ , Merck, Germany)
- เมทานอล (Methanol:  $CH_3OH$ , AR grade, Merck, Germany)
- ไคลอโรฟอร์ม (Dichloromethane:  $CH_2Cl_2$ , AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride:  $NaCl$ , AR grade RCI Labscan, Thailand)
- โซเดียมซัลเฟตแอนไฮไดรอส (Sodium sulfate anhydrous:  $Na_2SO_4$ , AR grade, Merck, Thailand)
- 2-โพรพานอล (2-Propanol:  $(CH_3)_2CHOH$ , AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether, AR grade, RCI Labscan, Thailand)

- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid: HCl, AR grade, RCI Labscan, Thailand)

- น้ำกลั่น

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ก)

#### เครื่องประมวลผลทางสถิติ

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., USA)
- โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)

### 3.2 วิธีการทดลอง

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม และการศึกษาวิธีการเก็บกักกลิ่นน้ำมันหอมระเหย ดังนี้

#### ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม

ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของส่วนต่างๆ ของผักชีไร้ (ใบ ลำต้น และราก) นำผักชีไร้มาล้างและสะเด็ดน้ำจนแห้ง แยกส่วนใบ ลำต้นและราก โดยตัดส่วนลำต้นและรากยาวประมาณ 1 นิ้ว ทำการทดลองอบแห้งส่วนใบ ลำต้น และรากผักชีไร้ ด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน โดยตั้งตัวอย่าง ใบ ลำต้น และราก อย่างละ 500 กรัมต่อการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) พันแปรกำลังไมโครเวฟของการอบแห้ง 1600, 2400 และ 3200 วัตต์ ที่ระดับการจ่ายพลังงานไมโครเวฟ 100% อุณหภูมิสุดท้ายของการอบ คือ 60 องศาเซลเซียสและสภาวะสุญญากาศต้องน้อยกว่า -600 mmHg (Vacuum Gauge) ทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างระหว่างการทำให้แห้งทุกๆ 3 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักต่อจนกระทั่งมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่ต่ำกว่า 7% แล้วสร้างกราฟการทำแห้งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแห้ง) และเวลา ของส่วนใบ ลำต้น และรากของผักชีไร้ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้จากแต่ละส่วนของผักชีไร้ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสม ที่ความเร็วระดับสูง เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาดรูตะแกรง 600 ไมโครเมตร) เก็บผักชีไร้ผง

ในอุณหภูมิเย็นพอที่ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี

- ร้อยละของสารสกัดที่ได้ (% yield) โดยคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้หลังอบแห้งต่อน้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศ แล้วคำนวณในรูปร้อยละผลผลิต
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) โดยชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงใน ภาชนะป้องกันอุณหภูมิพร้อมฝาปิดที่ผ่านการอบแห้ง และทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณความชื้น แล้วหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity,  $a_w$ ) โดยใส่ตัวอย่างลงในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่า  $a_w$  โดยให้มีความสูงของตัวอย่างไม่เกินครึ่งหนึ่งของความสูงตลับพลาสติก แล้วนำไปใส่เครื่องวัดค่า  $a_w$  บันทึกค่า  $a_w$  ที่ค่าคงที่ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย
- ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ด้วยเครื่องวัดสี (CR-410, Konica-Minolta, Japan) ในระบบ CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานโดยการสอบเทียบ (calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (white blank) แล้วทำการวัดสีตัวอย่าง โดย

ค่าสี  $L^*$  หมายถึง

ค่าความสว่าง (ค่า  $L^*$  มากแสดงถึงความสว่างมาก

ค่า  $L^*$  น้อยแสดงค่าความสว่างน้อย)

ค่าสี  $a^*$  หมายถึง

สีแดง (ถ้าค่าเป็น+)

สีเขียว (ถ้าค่าเป็น -)

ค่าสี  $b^*$  หมายถึง

สีเหลือง (ถ้าค่าเป็น+)

สีน้ำเงิน (ถ้าค่าเป็น -)

ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง โดยคำนวณจาก

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*^2 + \Delta a^*^2 + \Delta b^*^2)}$$

เมื่อ ความแตกต่างของค่าสว่าง ( $\Delta L^*$ ) คำนวณจาก  $\Delta L^* = L^*(ตัวอย่าง) - L^*(อ้างอิง)$

ความแตกต่างของค่าสีแดง ( $\Delta a^*$ ) คำนวณจาก  $\Delta a^* = a^*(ตัวอย่าง) - a^*(อ้างอิง)$

ความแตกต่างของค่าสีเหลือง ( $\Delta b^*$ ) คำนวณจาก  $\Delta b^* = b^*(ตัวอย่าง) - b^*(อ้างอิง)$

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ตามวิธีการของ สุกัทสน์ และคณะ (2550) (ภาคผนวก ก 1)
- ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ( $IC_{50}$ ) โดยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีการของ (Maisuthisakul *et al.*, 2007) (ภาคผนวก ก 2)

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้านกลิ่น โดยวิธี 9-point Hedonic scale กำหนดให้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ไปถึง 9 = ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

#### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD Test (Least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

#### ตอนที่ 2 การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม

นำตัวอย่างผักชีโรอบแห้ง (ส่วนใบ ลำต้น ราก และเมล็ด) มาสกัดน้ำมันหอมระเหย 2 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation; SD) (Sahraoui *et al.*, 2008) และวิธีการกลั่นและสกัดพร้อมกัน (Simultaneous distillation-extraction; SDE) (Gu *et al.*, 2009) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

- การสกัดด้วยไอน้ำ โดยนำตัวอย่างผักชีโรอบแห้ง (ส่วนใบ ลำต้น ราก และเมล็ด) น้ำหนัก 50 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 500 มิลลิลิตร กลั่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ใส่ขวด vial ที่สะอาด



เติมโซเดียมคลอไรด์เพื่อให้ไขมันหอมระเหยแยกชั้นกับน้ำได้ดียิ่งขึ้น คุณน้ำมันหอมระเหยใส่ขวด vial ที่สะอาดอีกใบหนึ่ง เติมโซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate anhydrous) เพื่อกำจัดน้ำที่เหลืออยู่ คุณน้ำมันหอมระเหยเก็บไว้ใน vial ที่สะอาด นำมาชั่งหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้

- การกลั่นและสกัดพร้อมกัน โดยนำตัวอย่างผักชีโรบอบแห้ง (ส่วนใบ ลำต้น ราก และเมล็ด) น้ำหนัก 50 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 500 มิลลิลิตร ปรับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เติมสารละลายไดคลอโรมีเทนใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร กลั่นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ เติมโซเดียมซัลเฟต เพื่อกำจัดน้ำที่เหลืออยู่ คุณน้ำมันหอมระเหยเก็บไว้ใน vial ที่สะอาด นำมาชั่งหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี

- ร้อยละผลผลิตที่ได้
- ค่าดัชนีการหักเห ด้วยเครื่องรีแฟกโทมิเตอร์ (refractometer) (3T, Atago, Japan) ตามวิธีของ The United State Pharmacopeial United Convention (2000)
- วิเคราะห์องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในน้ำมันหอมระเหยโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (GC, HP 6890N; MS, 5973, Agilent Technologies, USA) โดยใช้คอลัมน์แคปิลลารีชนิด HP-5MS, เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส ต่อนาที ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา (carrier gas) อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตร/นาที ในระบบ split ratio 60:1 (Msaada *et al.*, 2007) การวิเคราะห์ชนิดของสารให้กลิ่นเปรียบเทียบกับ mass spectrum กับฐานข้อมูล NIST Library และ Wiley ที่ %quality match ไม่น้อยกว่า 80% (ภาคผนวก ก4)

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้านกลิ่น โดยวิธี 9-point Hedonic scale กำหนดให้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ไปถึง 9 = ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD Test (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

### ตอนที่ 3 การศึกษาวิธีการเก็บกักน้ำมันหอมระเหย

#### การทดลองที่ 3.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับเก็บกักน้ำมันหอมระเหย

พัฒนาไมโครแคปซูลสำหรับเก็บกักน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่ง โดยใช้เทคนิคคอมเพล็กซ์โคอะเซอร์เวชัน (complex coacervation) โดยนำน้ำมันหอมระเหยจากส่วนและวิธีการสกัดที่เหมาะสมในตอนที 2 ละลายด้วย โพรไพลีนกลัยคอล (propylene glycol) ให้มีความเข้มข้น 3% (w/w) และนำน้ำมันหอมระเหยปั่นผสมในสารละลายเจลาติน 10% (w/w) กวนผสมโดยใช้ความเร็วรอบ 8000 rpm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายกัมอะราบิก 10% (w/w) เติมลงไป แล้วกวนต่ออีก 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เจือจางให้ได้ความเข้มข้น 3% (100 กรัม/น้ำ / 30 กรัม สารละลายคอลลอยด์) แยกเอาส่วนไมโครแคปซูลที่ได้ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และล้างด้วย 2-propanol หลังจากนั้นนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Junyaprasert, 2001) วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) และทำซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 2 ซ้ำ โดยผันแปรอัตราส่วนของเจลาตินต่อกัมอะราบิก ดังตาราง 3.1 และได้สัดส่วนของวัสดุที่ใช้เก็บกักทั้งหมดจำนวน 10 สูตร ที่มีจุดซ้ำ 2 จุด คือ สิ่งทดลองที่ 9 และ 10 ดังในแสดงตาราง 3.2

ตาราง 3.1 ระดับสูง-ต่ำของอัตราส่วนวัสดุที่ใช้เก็บกักน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่ง

วัสดุที่ใช้เก็บกัก	ระดับต่ำ (%)	ระดับสูง (%)
เจลาติน	10	30
กัมอะราบิก	20	40



ตาราง 3.2 ระดับปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองที่ได้การวางแผนแบบ Central Composite Design (CCD) สำหรับผลิตไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่ง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ (%)	
	เจลาติน	กัมอะราบิก
1	10	20
2	30	20
3	10	40
4	30	40
5	5.86	30
6	34.14	30
7	20	15.86
8	20	44.14
9	20	30
10	20	30

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี

- ร้อยละผลผลิตที่ได้
- ปริมาณความชื้น
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี
- ค่าสี  $L^* a^* b^*$
- ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่พื้นผิว (surface oil) คัดแปลงจากวิธีการของ สุนธุ์ณา และคณะ (2549) โดยนำไมโครแคปซูลผง 2.5 กรัม ผสมกับปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่มีฝาปิด ทำการเขย่าด้วยมือเพื่อทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่พื้นผิว กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการเขย่าและกรองอีก 2 ครั้ง จนได้สารละลายใส นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า

$$\text{ปริมาณน้ำมันที่พื้นผิว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างไมโครแคปซูล}} \times 100$$

- ประสิทธิภาพในการเก็บกักกลั่นน้ำมันหอมระเหย คัดแปลงจากวิธีการของ สุนัฐฉา และคณะ (2549) โดยนำไมโครแคปซูล 1 กรัม ผสมกับเอทานอล 2 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก 8 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่มีฝาปิด นำขวดแก้วแช่ในบีกเกอร์น้ำเดือด นำการกวนด้วย magnetic stirrer นาน 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น สกัดน้ำมันโดยใช้กรวยแยก โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ 50 มิลลิลิตร ล้างขวดแก้วด้วยเอทานอล 5 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 5 นาที จนกระทั่งเกิดการแยกชั้น เก็บส่วนชั้นบนไว้ นำไประเหยตัวทำละลายออก ซึ่งน้ำหนักรวมที่เหลือยู่

$$\text{ประสิทธิภาพในการเก็บกัก} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันทั้งหมด} - \text{ปริมาณน้ำมันที่พื้นผิว}}{\text{ปริมาณน้ำมันทั้งหมด}} \times 100$$

#### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาสมการถดถอย (regression equation) และหาสูตรที่เหมาะสมโดยวิธีการหาพื้นที่ตอบสนอง (response surface methodology) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert version 6.0.10 (Statease Inc., USA)

#### การทดลองที่ 3.2 การศึกษาคุณภาพของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่ง

เมื่อทราบสัดส่วนของวัสดุห่อหุ้มที่เหมาะสมโดยวิธีการหาพื้นที่ตอบสนองจากการทดลองที่ 3.1 ซึ่งสามารถทำนายคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ร้อยละของสารสกัดที่ได้ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว ค่าสีเหลือง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่พื้นผิว และประสิทธิภาพในการเก็บกักกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงผลิตไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่งจากสูตรที่เหมาะสม แล้วตรวจสอบคุณภาพทางเคมี-กายภาพ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากการทำนาย เพื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี

นำไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากผักชีฝรั่งที่ได้ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี ได้แก่ ร้อยละผลผลิตที่ได้ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่พื้นผิว และประสิทธิภาพในการเก็บกักกลั่นน้ำมันหอมระเหย (ดังที่กล่าวแล้วในการทดลองที่ 3.1)

- วิเคราะห์องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในน้ำมันหอมระเหยโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-เฟรมไอออไนเซชันดีเทกเตอร์ (GC-FID) (GC – 2010, Shimadzu, Japan) โดยใช้

Solid phase microextraction fiber (SPME) ชนิด Carboxen™/Polydimethylsiloxane StableFlex™ (CAR/PDMS, Supelco, USA) คอลัมน์แคปิลลารีชนิด DB-1, เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส ต่อนาที ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา (carrier gas) อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตร/นาที ในระบบ split ratio 60:1 (Msaada *et al.*, 2007)

- ความหนาแน่นจำเพาะ โดยการชั่งตัวอย่างหนัก 0.5 กรัม ลงกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่า (Retsch AS200 Digit, Germany) ทำการเขย่าที่ amplitude ระดับ 100 เป็นเวลา 5 นาที คำนวณความหนาแน่น จากน้ำหนักต่อปริมาตรในหน่วย กรัม/มิลลิลิตร (ดัดแปลงจากวิธีของ Bae and Lee, 2008)

- ความสามารถในการดูดซับน้ำบนพื้นผิวของอนุภาค โดยนำตัวอย่างผงไมโครแคปซูล 1 กรัม โรยบนผิวน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส บันทึกเวลาที่ผงไมโครแคปซูลจมลงในน้ำกลั่นทั้งหมด (ดัดแปลงจากวิธีของ Bae and Lee, 2008)