โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในแกงแดงด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี
Characterization of Volatile Compounds in Red Curry by Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry

ชื่อนิสิต นางสาวสุริวิภา เชื้อไชยนา **เลขประจำตัว** 5933108923

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2562

วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในแกงแดง ด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิด เฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี

Characterization of Volatile Compounds in Red Curry by Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography -Mass Spectrometry

โดย

นางสาวสุริวิภา เชื้อไชยนา

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

โครงการ การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในแกงแดงด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรีใจ

โดย นางสาวสุริวิภา เชื้อไชยนา

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบโครงการ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย พรภคกุล ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.ชฎิล กุลสิงห์ กรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร อาจารย์ที่ปรึกษา

รายงานฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติโดยหัวหน้าภาควิชาเคมี

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)
อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พาราสุข)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 256

ชื่อโครงการ การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในแกงแดงด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี
ชื่อนิสิตในโครงการ นางสาวสุริวิภา เชื้อไชยนา เลขประจำตัว 5933108923
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ได้พิสูจน์ทราบเอกลักษณ์โดยการระบุชนิดของสารระเหยง่ายในพริกแกงแดง สมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบย่อยด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME) ร่วมกับเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS) ซึ่งใช้คอลัมน์คะปิลารีประเภท HP-5MS (30m × 0.25mm × 0.25 μm) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างด้วย HS-SPME คือ สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 60 นาที จากนั้นสารที่ถูกสกัดซึ่งถูกดูดซับบนไฟเบอร์ชนิด DVB/CAR/PDM จะถูกปลดปล่อยในส่วนฉีดสารที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ตั้งค่ารายการอุณหภูมิเตาอบของเครื่อง GC เริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่อุณหภูมิสุดท้ายไว้ 2 นาที การระบุเอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายพบสารสำคัญทั้งหมด 95 สาร ได้แก่ สารประเภท แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ อีเทอร์ สารประกอบซัลเฟอร์ และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมาจากการเปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมโดยฐานข้อมูล NIST17 และยืนยันด้วยค่า linear retention index (LRI) ชนิดสารระเหยง่ายหลักของแกงแดงมาจาก กระเทียมและหอมแดง พบเป็นสารประกอบกลุ่มซัลไฟด์ พริกพบเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอลล์ เอสเทอร์ และอัลดีไฮด์ และ ตะไคร้พบเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ แอลกอฮอลล์และเอสเทอร์ ตามลำดับ

หากทำการศึกษาด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลเพิ่มเติม จะทำให้สามารถจำแนกกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างของพริกแกงแดงที่ศึกษาได้ ดังนั้นจึงบ่งชี้ได้ว่าสามารถใช้วิธี HS-SPME-GC-MS ในการระบุชนิดสารระเหยง่ายและจะสามารถพิสูจน์เปรียบเทียบพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มาได้หากใช้งานร่วมกับเคโมเมทริกซ์

คำสำคัญ : พริกแกงแดง, พริก, กระเทียม, หอมแดง, ข่า, ตะไคร้, ผิวมะกรูด, ยี่หร่า, สารระเหยง่าย, เฮดสเปซโซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน, แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี, เคโมเมตริกซ์

Project Title Characterization of Volatile Compounds in Red Curry by Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry

Student Name Miss Suriwipa Chuachaina Student ID 5933108923

Advisor Name Associate Professor Thumnoon Nhujak, Ph.D.

Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Academic Year 2019

Abstract

Volatile compounds in Red curry paste and the individual ingredients were identified by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) using a capillary column of HP-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm). Proper conditions of example preparation were performed by HS-SPME using extraction temperature of 60 ℃ for 60 minutes. The extracted compounds which are adsorbed on DVB/CAR/PDM fiber were then desorbed at the GC inlet at 250 ℃ for 5 min. The GC oven temperature was programmed from 50 to 200 ℃ at 3 ℃/min and then from 200 ℃ to 250 ℃ at 50 ℃/min and hold at 250 ℃ for 2 min. 95 volatile compounds were identified including alcohols, aldehydes, ketones, esters, ethers, sulfur compounds and hydrocarbons by comparing their mass spectra with NIST17 database and ensuring with linear retention indices (LRI). The main compounds detected in Red curry paste were the constituents of the garlic and shallot (sulfide compounds) , chili (hydrocarbons, esters, aldehydes, alcohols) and kaffir lime peel (hydrocarbons, alcohols, aldehydes, esters) . By further study using principal component analysis (PCA) for grouping and differentiating those volatile compounds in red curry, it may be classified into groups within different regions in the PCA plots. This indicates that HS-SPME-GC-MS can be used to determine the volatile compounds and if it is combined with chemometrics, so red curry paste from different sources can be differentiated.

Keyword: Red Curry paste, Red chili, Garlic, Shallot, Galangal, Lemongrass, Kaffir lime peel, Curmin, Volatile Compound, Headspace-Solid, SPME, Gas Chromatography-Mass spectrometry, Chemometrics

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ท่านได้ดูแลให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะเวลาระหว่างประกาศปิดทำการของมหาลัยจากสถานการณ์แพร่ระบาดของเชื้อโรค ตลอดจนการให้คำแนะนำเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและการเขียนรายงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย พรภคกุล ที่ท่านได้กรุณาสละเวลาเพื่อตรวจทาน แก้ไข และให้เกียรติเป็นประธานกรรมการในการสอบงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชฎิล กุลสิงห์ ที่ท่านได้ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทำการทดลองให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขทั้งทางปฏิบัติและทางทฤษฎีได้ตลอดเวลา ช่วยประสานงานระหว่างผู้วิจัยกับผู้วิจัยท่านอื่นเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งท่านยังได้กรุณาสละเวลาเพื่อตรวจทาน แก้ไข และให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณพรรณิกา จันทา ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะ ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือ คำแนะนำเกี่ยวกับเนื้อหา และให้ความช่วยเหลือทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้โดยเฉพาะช่วงเวลาที่ยากลำบากจากผลการประกาศปิดมหาลัยจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโรคโควิด

ขอขอบคุณคณะรุ่นพี่ปริญญาโทและปริญญาเอกของภาควิชาเคมีประจำห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ห้อง 1211 ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือ สละตารางเวลาการใช้งานเครื่องมือให้ผู้วิจัย ให้คำปรึกษาและช่วยตรวจทานเล่มรายงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ คุณแม่และเพื่อนภาคเคมีรุ่นที่ 85 สำหรับการให้การสนับสนุน ช่วยเหลือให้คำปรึกษา และให้กำลังใจสำคัญยิ่งของดิฉันตลอดมา

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสารเคมี ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ง

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญรูป ซ

สารบัญตาราง ฌ

สัญลักษณ์และคำย่อ ญ

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2

1.2.1 วัตถุประสงค์ 2

1.2.2 ขอบเขตการวิจัย 2

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.4 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน 4

1.4.1 แกงแดงหรือแกงเผ็ด 4

1.4.2 สารระเหยง่าย (Volatile Compounds) 6

1.4.3 น้ำมันหอมระเหย 7

1.4.4 สารระเหยง่ายสำคัญในสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง 7

1.4.5 เทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME) 10

1.4.6 เทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) 13

บทที่ 2 **การทดลอง** 16

2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์ 16

2.2 รายการสารเคมี 17

2.3 วิธีการทดลอง 18

2.3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง 18

2.3.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย 18

2.3.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย 19

2.3.2 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญ 19

2.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนประกอบ 20

2.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มา 21

2.3.5 การประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ 22

บทที่ 3 **ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง** **23**

3.0 การชี้แจงปัญหาและแนวทางการดำเนินการทดลองภายใต้สถานการณ์ไม่ปกติอันเนื่องมาจากการระบาดของเชื้อโรค Covid-19 23

3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง 24

3.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย 24

3.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย 25

3.2 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 26

3.2.1 สมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง 26

3.2.2 ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง 28

3.3 การประมลผลด้วยวิธีเคโมเมทริกซ์ 43

บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง 44
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก 47
ประวัติ

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 : แสดงรูปเมนูอาหารคือแกงเผ็ดหมูสับ 4

รูปที่ 1-2 : แสดงรูปโครงสร้างสาร curcuminoids ในรูปต่างๆ คือ curcumin ใน รูป keto, curcumin ในรูปenol,curcumin ในรูป Dexa-methoxy-curcumin และ curcumin รูป bisdemethoxy-curcumin 7

รูปที่ 1-3 : แสดงรูปโครงสร้างของสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งพบได้ในสมุนไพรประเภทหอมแดง กระเทียม และกุยช่าย 9

รูปที่ 1-4 : แสดงรูปส่วนประกอบของเครื่องมือ SPME และแสดงการติดตั้งเครื่องมือเพื่อทดลองโดยทั่วไป 10

รูปที่ 1-5 : แสดงรูปหลักการทำงานของการใช้เครื่องมือ SPME ในเทคนิค HS-SPME ในขวดสารที่ผ่านคุมสมดุลอุณหภูมิและเป็นบริเวณดูดซับของสารระเหยง่ายบน SPME 11

รูปที่ 1-6 : แสดงรูปตัวอย่างชนิด SPME ที่เหมาะสมต่อการใช้งานวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ 12

รูปที่ 1-7 : แสดงรูปส่วนประกอบของเครื่องมือ GC-MS 13

รูปที่ 2-1 : แสดงรูปตัวอย่างสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ยี่ห้อต่าง ๆ 17

รูปที่ 3-1 : แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดในขั้นตอนการเตรียมสาร. ตัวอย่างกับพื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยของสารจากการข้อมูลโครมาโทแกรม 24

รูปที่ 3-2 : แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดในขั้นตอนการเตรียมสาร ตัวอย่างกับพื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยของสารจากการข้อมูลโครมาโทแกรม 26

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 : แสดงปริมาณสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง 20

ตารางที่ 3-1 : แสดงพื้นที่ใต้พีกรวมของสาระเหยง่ายที่ตรวจพบในพริกแกงแดงตัวอย่างที่ อุณหภูมิการสกัดต่างกัน 24

ตารางที่ 3-2 : แสดงพื้นที่ใต้พีกรวมของสาระเหยง่ายที่ตรวจพบในพริกแกงแดงตัวอย่างที่ เวลาการสกัดต่างกัน 25

ตารางที่ 3-3 : แสดงข้อมูลจากการสำรวจชนิดสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบใน พริกแกงแดงสำเร็จรูปซึ่งวางขายตามห้างสรรพสินค้าชั้นนำทั่วไป 29

ตารางที่ 3-4 : แสดงข้อมูลจากการสำรวจส่วนผสมเครื่องปรุงที่เป็นองค์ประกอบในพริก แกงแดงสำเร็จรูปซึ่งวางขายตามห้างสรรพสินค้าชั้นนำทั่วไป 30

ตารางที่ 3-5 : แสดงข้อมูลและ %Normalization สารระเหยง่ายที่ตรวจพบในน้ำพริก แกงแดงและสมุนไพร เครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบ 31

ตารางที่ 3-6 : แสดงข้อมูลและ % Normalization สารระเหยง่ายที่ตรวจพบในน้ำพริก แกงแดงและสมุนไพร เครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบ 36

ตารางที่ 3-7 : แสดง % Normalization รวมของกลุ่มสารประกอบที่ตรวจพบร่วมกันใน พริกแกงแดงตัวอย่างและสมุนไพรเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบ 41

ตาราง ก-1 : แสดงค่า %Normalization ของการทดลองระบุชนิดสารระเหยง่าย. ในเครื่องแกงตัวอย่าง Brand 49

ตาราง ก-2 : แสดงตัวย่อและความหมายตัวย่อภาษาอังกฤษหลังเลขลำดับพีก 53

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย
CAR	carboxen
CAS	Chemical abstracts service
DVB	divinyl benzene
FID	flame ionization detector
GC	gas chromatography
HS	headspace
LRI	linear retention index
MS	mass spectrometry
NIST	National Institute of Standards and Technology
PCA	principal component analysis
RI	retention index
RT	retention time
PDMS	polydimethylsiloxane
SDE	simultaneous distillation extraction
SPME	solid phase microextraction
VOCs	volatile organic compounds

บทที่ 1
ที่มาและความสำคัญ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจของปัญหา

แกงแดงหรือแกงเผ็ด หนึ่งในแกงไทยยอดนิยม โดดเด่นด้วย รสชาติเผ็ดร้อน อร่อยกลมกล่อมและมีกลิ่นเครื่องแกงเฉพาะซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของอาหารไทย เอกลักษณ์เหล่านี้มาจากการมีสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิดเป็นส่วนผสมสำคัญในเครื่องแกงหรือพริกแกง เช่น พริก กระเทียม หอมแดง และยี่หร่า เป็นต้น สมุนไพรแต่ละชนิดมีสารระเหยง่าย (volatile compounds) ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน จึงให้กลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะ นอกจากกการมีกลิ่นที่หหอมน่ารับประทานแล้ว สมุนไพรและเครื่องเทศส่วนประกอบยังเปี่ยมไปด้วยคุณค่าและคุณประโยชน์ทางยามากมายอีกด้วย

จากหลายงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายในอาหารไทยอยู่บ้างอาทิ เช่น สารระเหยง่ายในต้มยำกุ้งด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (Headspace-Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry) [1] หรือ HS-SPME และมีการใช้เทคนิคเดียวกันนี้ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายในสมุนไพรที่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมของเครื่องแกง เช่น สารระเหยง่ายในพริกโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS[2] เทคนิคดังกล่าวให้กระบวนการสกัดสารระเหยง่ายด้วยเครื่องมือ HS-SPME ซึ่งเป็นการเลือกสกัดสารจำเพาะที่อยู่ในรูปไอระเหยเท่านั้นให้มาจับไฟเบอร์โดยตรง เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย ลดขั้นตอนความซับซ้อน ใช้จำกัดตัวทำละลายได้ดีและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จากนั้นทำการแยกสารระเหยง่ายออกมาด้วยเครื่องมือ GC-MS เพื่อให้ได้ข้อมูล Retention Index และข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารแต่ละชนิด โดยเทียบกับฐานข้อมูลจาก National Institute of Standards and Technology (NIST) ทำให้สามารถทราบชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายได้ ผลที่ได้พบว่าสารระเหยง่ายหลักที่พบประกอบด้วยสารกลุ่ม Ester, Aldehyde และ Alcohol เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับสารระเหยง่ายในเครื่องปรุงรสที่เกี่ยวข้อง เช่น กะปิ[3] น้ำมะนาว[4] และน้ำปลา[5] ซึ่งก็พบว่าสารระเหยง่ายที่ตรวจพบมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม สำหรับแกงแดงหรือแกงเผ็ดของไทยยังไม่เคยมีการศึกษาในประเด็นเหล่านี้มาก่อน ทั้งยังมีประเด็นอื่น ๆ ที่น่าสนใจ เช่น ผลจากการนำเครื่องแกงต่างแหล่งที่มามาศึกษาว่าจะให้ชนิดองค์ประกอบของสารระเหยง่ายต่างกันหรือไม่ และ ผลของการประกอบเครื่องแกงโดยผู้ทดลองอิงตามสูตรส่วนผสมของบริษัทผู้ผลิตเจ้าของสูตร จะให้ชนิดและปริมาณสารระเหยง่ายแตกต่างกันกับพริกแกงสำเร็จรูปยี่ห้อของบริษัทนั้นหรือไม่ เป็นต้น จึงเป็นเหตุให้มีการศึกษาในครั้งนี้ขึ้นเพื่อทราบถึงชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายในแกงแดง ในสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบ และ ผลจากความแตกต่างของแหล่งผลิตพริกแกงแดงโดยใช้ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงสำเร็จรูปจากต่างแหล่งที่มา โดยใช้ตัวอย่างสมุนไพร ได้แก่ พริกชี้ฟ้าแห้ง ตระไคร้ กระเทียมไทย หอมแดง ข่า

ผิวมะกรูดและยี่หร่าในการทดลองเพื่อใช้ระบุแหล่งที่มาของสารระเหยง่ายดังกล่าวด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS หากสามารถทำการศึกษาสำเร็จ ผลของข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและประยุกต์ใช้ในแวดวงอื่น ๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อสกัดแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในแกงแดงโดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS ในการตรวจวัด

2) เพื่อสกัดแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในตัวอย่างสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดงโดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS ในการตรวจวัด

3) เพื่อเปรียบเทียบชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายที่พบในตัวอย่างพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มา

1.2.2 ขอบเขตการวิจัย

1) หาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์สารระเหยง่ายในพริกแกงแดงโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
2) วิเคราะห์และระบุเอกลักษณ์สารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างพริกแกงแดงสำเร็จรูป 3 แหล่ง โดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
3) วิเคราะห์สารระเหยง่ายในตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนผสมในพริกแกงแดง 7 ชนิดหลักโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
4) ประมวลผลการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของชนิดสารระเหยง่ายสำคัญที่พบ

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การระบุชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายในอาหารจากหลายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า เทคนิคที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายได้แก่ เทคนิค GC-MS เนื่องจากเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีความไว ความเฉพาะต่อสาร วิเคราะห์ได้รวดเร็วเพราะมีระบบอัตโนมัติและอุปกรณ์หลายชนิดทำงานร่วมกันได้ เช่น การฉีดตัวอย่างเข้าเครื่องด้วยเทคนิค Headspace และ Purge and trap[6] เป็นต้น ดังจะเห็นได้ว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสารระเหยง่ายองค์ประกอบในอาหารข้างต้นมีการทดลองใช้ตัวอย่างหลากหลายชนิด ทั้งที่เป็นตัวอย่างอาหารปรุงสุกใหม่ตามกระบวนการ (อาหารสำเร็จรูป) อาหารกระป๋อง วัตถุดิบ เครื่องปรุงที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของอาหารที่สนใจ เครื่องดื่ม ผัก ผลไม้ รวมถึงส่วนต่าง ๆ ของสมุนไพรและเครื่องเทศมากมาย เช่น สารระเหยง่ายในต้มยำกุ้งด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS [1] และมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายในสมุนไพรที่นิยมนำมา

เป็นส่วนผสมของเครื่องแกง เช่น สารระเหยง่ายในพริกโดยใช้เทคนิคเดียวกัน[2] เทคนิคดังกล่าวให้กระบวนการสกัดสารระเหยง่ายด้วยเครื่องมือ HS-SPME ซึ่งเป็นการเลือกสกัดสารจำเพาะที่อยู่ในรูปไอระเหยเท่านั้นให้มาจับไฟเบอร์โดยตรง เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย ลดขั้นตอนความซับซ้อนและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จากนั้นแยกสารระเหยง่ายเหล่านั้นออกมาด้วยเครื่องมือ GC และต่อกับเครื่องมือ MS เพื่อให้ได้ข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารแต่ละชนิด โดยเทียบข้อมูลจาก NIST Library ทำให้สามารถทราบชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายได้ ผลที่ได้พบว่าสารระเหยง่ายหลักที่พบประกอบด้วยสารกลุ่ม Ester, Aldehyde และ Alcohol เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารระเหยง่ายในเครื่องปรุงรสที่เกี่ยวข้อง เช่น กะปิ[3] น้ำมะนาว[4] และน้ำปลา[5] ซึ่งก็พบว่าสารที่เป็นองค์ประกอบมีความแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณอีกด้วย

เทคนิค GC-MS สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้หลากหลายและสามารถปรับใช้เพื่อทดสอบกับตัวอย่างได้หลายสถานะ เช่น ตัวอย่างที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมก่อนนำไปวิเคราะห์เพื่อระบุชนิดสารระเหยง่ายในตัวอย่างต่อไป โดยวิธีการเตรียมตัวอย่างสารให้เหมาะสมก่อนการนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS ควรพิจารณาจากประเภทและสมบัติของสารตัวอย่างนั้น ดังตัวอย่างงานวิจัยที่ทำการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของสารระเหยง่ายในเมล็ดกาแฟซึ่งเป็นตัวอย่างชนิดของแข็งด้วยเทคนิค HS-SPME[7] ซึ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้สารที่ต้องการวิเคราะห์อยู่ในสภาวะแก๊สก่อน แล้วจึงทำการสกัดและดูดซับสารระเหยง่ายออกจากเมล็ดกาแฟโดยใช้วัสดุไฟเบอร์จาก SPME และนำฉีดเข้าส่วนฉีดสารของเครื่องมือ GC ต่อไป เป็นเทคนิคที่มีสิ่งรบกวนจากตัวอย่างน้อยมาก เหมาะต่อการวิเคราะห์สารระเหยง่ายที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ดังเช่นงานวิจัยของ Akkad และคณะ[8] ที่ทำการวิเคราะห์สารระเหยง่ายในถั่วฟาบะ (*Vicia faba* var. *minor*) ที่ปลูกในประเทศแคนาดา โดยตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์มีสถานะเป็นของแข็ง ผู้ทดลองจึงเลือกทำการสกัดและดูดซับสารระเหยง่ายออกจากถั่วฟาบะด้วยเทคนิค HS-SPME ก่อนฉีดลงเครื่องมือ GC-MS ผลที่ได้หลังการแยกและระบุชนิดของสารระเหยง่ายพบว่า ชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยง่ายที่สำคัญที่พบในตัวอย่างถั่วฟาบะ แบ่งออกเป็น 9 กลุ่มได้แก่ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ เอสเทอร์ คีโตน กรดอินทรีย์ อัลเคน อัลคีน และอื่น ๆ

ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้เทคนิค HS-SPME ในการเตรียมสารตัวอย่างสถานะของเหลว เช่น งานวิจัยของ Jin Yue และคณะ[9] ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารระเหยง่ายในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ด้วยเทคนิค SPME-GC-GC-TOFMS เป็นเทคนิคที่มีการใช้คอลัมน์สองคอลัมน์ที่มีคุณสมบัติในการแยกสารต่างกันเพื่อช่วยให้การแยกของสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น พบว่าสารระเหยง่ายหลักที่พบในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ประกอบด้วย 8 ชนิดหลักได้แก่ อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน คีโตน เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ และสารประกอบกลุ่มไนโตรเจน ตามลำดับ และงานวิจัยของ Ziolkowska และคณะ[10] ที่ได้วิเคราะห์ตัวอย่างไวน์ 79 ชนิด ประกอบด้วย ไวน์ขาว 38 ชนิด และ ไวน์แดง 41 ชนิด ด้วยเทคนิค LC-MS และ SPME-GC-MS ร่วมกับการ

นำวิธีเคโมเมทริกซ์ (chemometrics) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์จัดกลุ่มเพื่อทราบความเหมือนและความแตกต่างของตัวอย่างไวน์แดงและไวน์ขาวแต่ละชนิด

นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาถึงชนิดสารระเหยง่ายของสารตัวอย่างเดียวกันแต่มีขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างด้วยวิธีสกัดที่แตกต่างกัน เช่น งานวิจัยของ Jin-Lin Li และคณะ [11] ที่ได้ทำการสกัดตัวอย่างซุปปลาเฉาด้วยเทคนิค simultaneous distillation extraction (SDE) เทียบกับ เทคนิคการสกัดด้วย SPME ผลการเปรียบเทียบแสดงผ่านข้อมูลโครมาโทแกรม พบว่า SDE ให้ประสิทธิภาพมากกว่าแต่มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและใช้เวลาในการทดลองนานกว่าเทคนิค SPME มาก เพราะมีการใช้ตัวทำละลายในการสกัดเป็นระยะเวลานาน จึงสรุปได้ว่าการสกัดด้วยเทคนิค SPME เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานมากกว่าเทคนิค SDE ในเรื่องของเวลาที่ใช้ทำการทดลอง

เทคนิคการสกัดด้วยเทคนิค HS-SPME ที่ให้ประโยชน์เกี่ยวกับการศึกษาสารระเหยง่ายในอาหารอย่างมากนี้ มาจาก Arthur และ Pawliszyn[12] ที่เป็นผู้ศึกษาและพัฒนาวิธีเตรียมสารเพื่อนำไปตรวจวัดสารระเหยง่ายได้เป็นวิธีที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้อย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย ทำได้ง่าย และประหยัดเวลาอีกด้วย

1.4 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน

1.4.1 แกงแดงหรือแกงเผ็ด

แกงแดง หรือ แกงเผ็ด[13] เป็นแกงกะทิยอดนิยมประเภทหนึ่งในสำรับอาหารไทย ภาคกลาง เอกลักษณ์ของแกงแดงคือมีน้ำแกงเป็นสีแดง เป็นแกงกะทิแตกมันแต่น้ำมันไม่แยกตัวเป็นชั้น รสกลมกล่อม เผ็ดน้อยกว่าแกงเขียวหวาน เนื่องจากใช้พริกแห้ง (แกงเขียวหวานใช้พริกสด) เป็นอาหารที่ค่อนข้างประณีตบรรจงทั้งรสชาติและการตกแต่งสีสันตามแบบฉบับเอกลักษณ์ของสำรับอาหารภาคกลาง กรรมวิธีการปรุงเริ่มจากการผสมน้ำกะทิเข้ากับเครื่องแกงสดซึ่งในสมัยก่อนนิยมใช้พริกบางช้างแบบแห้ง หรือ พริกบางช้างแบบสดมาเป็นเครื่องแกงสด เมื่อตำหรือโขลกเข้ากับหอมแดง กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด รากผักชี พริกไทย เกลือ กะปิ และเครื่องเทศคั่ว ได้แก่ ลูกผักชี ยี่หร่า จะทำให้สีเครื่องแกงที่ได้เป็นสีแดงจัด ด้วยเหตุนี้จึงน่าจะเป็นที่มาของการเรียกชื่อแกงนี้ว่า แกงแดง

แกง[14] หมายถึง อาหารน้ำประกอบจากการนำเครื่องปรุง สมุนไพรและเครื่องเทศที่โขลกจนละเอียดละลายในน้ำต้มเดือดหรือน้ำกะทิปริมาณพอเหมาะ เรียกว่า น้ำแกง

รูปที่ 1-1 แกงแดงหมูสับ

แกงแดง นิยมใส่เนื้อสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นเนื้อแกง เช่น เนื้อ ไก่ หมู ฯลฯ และนิยมผสมกับผักจำพวกมะเขือพวง มะเขือเปราะ มะเขือยาว หน่อไม้ หรือฟักทองเป็นส่วนประกอบเพิ่ม โรยหน้าด้วยผักสำหรับดับกลิ่นคาวเนื้อสัตว์ ได้แก่ ใบโหระพา ใบมะกรูด และพริกชี้ฟ้าแดง ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มสีสันอาหารให้สวยงามน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

การปรุงแกงแดงนิยมรสเผ็ดนำ ตามด้วยรสเค็มและมันตาม จึงนิยมรับประทานคู่กับอาหารที่ออกรสเค็ม อาทิ ไชโป๊วเค็มผัดไข่ ผัดกาดดองผัดไข่ หมูเปีย เพื่อทำให้รสชาติของอาหารอร่อยยิ่งขึ้น เครื่องแกงแดงนี้สามารถนำมาดัดแปลงเป็นแกงแบบอื่นได้อีกหลายชนิด อาทิ แกงส้ม แกงเผ็ด แกงคั่ว เป็นต้น

การรับประทานแกงแดงซึ่งมีเครื่องแกงประกอบด้วยสมุนไพรและเครื่องเทศหลากชนิด โดยสมุนไพรสามารถจำแนกออกเป็น 7 ตามรูปแบบการนำไปใช้งานหรือการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้[15]

กลุ่มที่ 1 สมุนไพรล้างพิษ ไดแก่ รางจืด ย่านาง เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 สมุนไพรที่ให้ความชุ่มชื้นแก่เส้นผม ผิวหนัง เช่น น้ำมันงา น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 สมุนไพรที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ช่วยสมานแผล เช่น ขมิ้น จันท์แดง ว่านหางจระเข้ เป็นต้น

กลุ่มที่4 สมุนไพรที่ใช้ทำความสะอาด ชะล้างความมัน เร่งการผลัดเซลล์ เช่น มะขาม มะเขือเทศ ส้มป่อย มะขามป้อม เป็นต้น

กลุ่มที่ 5 สมุนไพรที่ลดการอักเสบ ลดอาการแพ้และระคายเคือง เช่น ฟ้าทะลายโจร กานพลู เป็นต้น

กลุ่มที่ 6 สมุนไพรกลิ่นหอม ช่วยแต่งกลิ่น เช่น มะกรูด ขิง ข่า ตะไคร้ มะนาว เป็นต้น

กลุ่มที่ 7 สมุนไพรให้สีสันสวยงามใช้แต่งแต้มอาหารและเครื่องสำอาง เช่น ใบเตย อัญชัน แครอท เป็นต้น

เพราฉะนั้น การรับประทานแกงแดงที่มีสมุนไพรเป็นส่วนประกอบหลายชนิด นอกจากให้รสชาติอร่อย กลิ่นหอม และสีสวยน่ารับประทานแล้วยังให้ประโยชน์ทางยาและประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย ดังแสดงตัวอย่างประโยชน์สมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบแกงแดง ดังนี้

พริกขี้หนูแห้งหรือพริกสด มีสาร thermogenic[16] ที่ทำให้เกิดความร้อนภายในร่างกาย ทำให้ระบบการเผาผลาญทำงานได้ดีขึ้น หากรับประทานในปริมาณที่เหมาะสมและรับประทานแต่น้อยแล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มปริมาณความเผ็ดร้อนและระคายเคืองของพริกจะมีส่วนช่วยเพิ่มการหลั่งสารเมือกและสร้างเนื้อเยื่อบุผิวกระเพาะอาหารและลำไส้เพิ่มขึ้น หรือ ช่วยให้เกิดการสมานแผลในกระเพาะและลำไส้ได้ดี นอกจากนี้ในพริกยังมีวิตามินซีสูง ที่จะช่วยขยายเส้นเลือดในลำไส้และกระเพาะอาหาร ทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารได้เป็นอย่างดีทั้งยังมีส่วนช่วยกระตุ้นระบบการขับถ่ายให้ทำงานอย่างเป็นปกติอีกด้วย[17]

กระเทียม มีฤทธิ์ในการต่อต้านการเกิดเซลล์มะเร็งโดยไปกดการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งในอวัยวะต่าง ๆ สารสกัดจากกระเทียมสามารถลดพิษที่เกิดจากผลข้างเคียงเนื่องจากการใช้ยาต้านมะเร็ง เช่น ยาไซโคฟอสฟาไมด์[18] ซึ่งเป็นยาเคมีบำบัดชนิดหนึ่งที่ใช้ในการต่อต้านการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง

ในทางการแพทย์ ในกระเทียมมีสารออกฤทธิ์สำคัญ ชื่อว่า อัลลิซิน มีฤทธิ์ต้านการอักเสบจากเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสบางชนิด[19] นอกจากนี้ยังมีสาร ไดซัลไฟด์ ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลและไขมันชนิดไม่ดีที่ร่างกายไม่ต้องการได้

หอมแดง[20] ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติในบัญชียาหลักแห่งชาติได้ระบุการใช้หอมแดงในตำรับ “ยาประสะไพร”ซึ่งประกอบด้วยหอมแดงและสมุนไพรชนิดอื่น ๆ มีสรรพคุณรักษาอาการปวดประจำเดือนและประจำเดือนมาไม่ปกติ

เหง้าข่า มีสีเหลือง มีกลิ่นฉุน รสเผ็ดร้อน สรรพคุณทางยาเป็นยาขับลม บำรุงธาตุ เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยในเรื่องการย่อยอาหาร แก้บอด แก้ปวดทวงจุดเสียดและช่วยบรรเทาอาการไอได้[21]

ตะไคร้[22] สมุนไพรที่มีรสยาจืด มีสรรพคุณช่วยในการขับปัสสาวะ ช่วยแก้ปัญหาปัสสาวะขัดหรือปัสสาวะไม่ออก นอกจากนี้ ยังช่วยลดความดันโลหิต ขับสารพิษและขับกรดยูริค (Uric acid) ออกจากร่างกาย อุดมไปด้วยวิตามินอี วิตามินบี วิตามินซี และพวกแร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยทำให้กระบวนการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผิวของผลมะกรูด สามารถนำมาใช้เป็นยาแก้อาการนอนไม่หลับ บำรุงหัวใจให้แข็งแรง ขับพิษ ขับลม และแก้อาการหน้ามืด วิงเวียนศีรษะได้[23]

ยี่หร่า[24] เป็นเครื่องเทศที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมีทั้งวิตามินและเกลือแร่ที่จำเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิ วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม ไนอะซิน โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม ธาตุเหล็กและซัลเฟอร์ ในตำรับยาแผนไทยยี่หร่ามีสรรพคุณช่วยในการขับเหงื่อซึ่งเป็นของเสียออกจากร่างกาย ช่วยในการบำรุงธาตุ ขับลม ช่วยให้เจริญอาหาร แก้ปวดท้องเนื่องจากอาหารไม่ย่อย แก้ท้องอืด คลื่นไส้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มน้ำนมในแก่คุณแม่ที่ให้นมบุตร โดยมีตัวอย่างงานวิจัยของ มาร์กาเรต โรเบิร์ต[25] ผู้เขียนหนังสือสมุนไพรเพื่อสุขภาพและความสวยในนิวซีแลนด์ระบุว่าการดื่มชายี่หร่าซึ่งสกัดมาจากใบตากแห้งของยี่หร่านั้น ช่วยทำความสะอาดภายในร่างกาย ขจัดสิ่งตกค้าง ช่วยขับปัสสาวะ และยังช่วยฟอกเลือด เพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายได้

รากผักชี มีสรรพคุณช่วยเจริญอาหาร ขับเหงื่อ ขับเสมหะ เมล็ดผักชี สรรพคุณช่วยบำรุงสายตา ช่วยให้เจริญอาหาร ขับเหงื่อ ขับเสมหะ แก้ปวดฟัน บำรุงกระเพาะอาหาร แก้ปวดท้อง แก้งท้องอืดท้องเฟ้อ ช่วยย่อยอาหาร และรักษาริดสีดวงทวาร[26]

1.4.2 สารระเหยง่าย (Volatile Compounds)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย[27] หมายถึง สารประกอบอินทรีย์กลุ่มที่สามารถระเหยเป็นไอได้ง่าย กระจายตัวไปในอากาศได้ในอุณหภูมิและความดันปกติ มักมีอะตอมของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลักของสาร นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน เรียกกันทั่วไปว่าสาร VOCs มาจากคำว่า Volatile organic Compounds

1.4.3 น้ำมันหอมระเหย

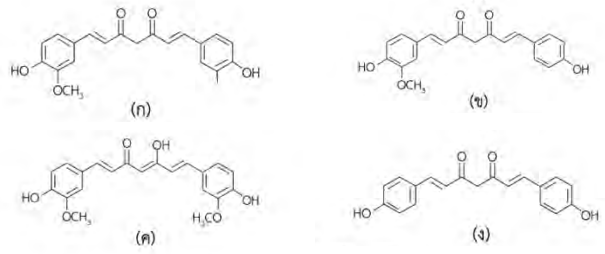
น้ำมันหอมระเหย (essential oil) หมายถึง ของเหลวที่ระเหยได้ง่าย ไม่ละลายในน้ำ มีกลิ่นหอม สามารถแยกออกหรือสกัด (extraction) โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) หรือการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น กลีบดอก ใบ ผล ผิวของผล เกสร ราก และเปลือกลำต้น

การแบ่งกลุ่มสารระเหยง่ายหรือน้ำมันหอมระเหยตามองค์ประกอบทางเคมีสามารถแบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆ ดังนี้ [28]

1) น้ำมันหอมระเหยที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก
2) น้ำมันหอมระเหยที่มีแอลกอฮอลล์เป็นองค์ประกอบหลัก ที่สำคัญ ได้แก่ เจอรานิออล ซิโทรเนลลอล อไซคลิกแอลกอฮอลล์ที่พบได้ทั่วไปตาม มิ้นท์ ลูกผักชี กระวาน
3) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกแอลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก
4) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกคีโตนเป็นองค์ประกอบหลัก
5) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก
6) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกฟีโนลิกอีเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก
7) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก
8) น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก

1.4.4 สารระเหยง่ายสำคัญในสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง

ในสมุนไพรมีสารระเหยง่ายหรือน้ำมันหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบ บ่งบอกความเฉพาะตัวของสมุนไพรแต่ละชนิดได้เป็นอย่างดี พบมากในพืชเขตร้อน มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ระเหยง่าย เบากว่าน้ำ สามารถสกัดออกมาได้ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ สารระเหยง่ายเหล่านี้บางตัวก่อให้เกิดฤทธิ์ทางยา เช่น เคอร์คิวนอยด์ (Curcunoids) ในขมิ้นชัน (Curcuma longa L.) ประกอบด้วยสารระเหย/น้ำมันระเหยชนิด curcumin หรือ diferuloy-methanede-methoxy curcumin และ bisdemethoxy-curcumin เป็นหลัก มีกลิ่นเฉพาะ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราหลายชนิด[29]



รูปที่ 1-2 โครงสร้างสาร curcuminoids: (ก) curcumin ใน รูป keto (ข) curcumin ในรูป enol (ค) Dexa- methoxy-curcumin และ (ง) bisdemethoxy- curcumin[30]

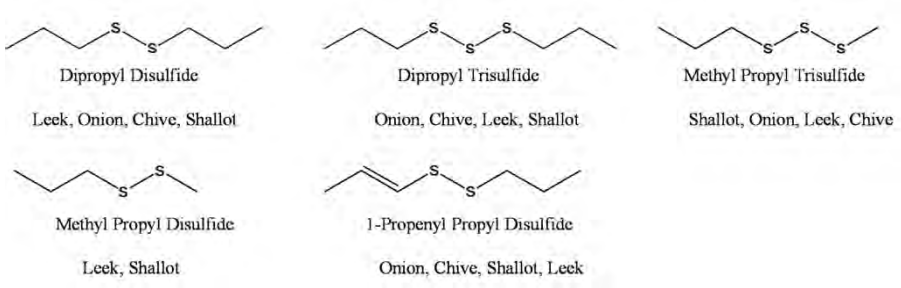
ในการพิสูจน์เอกลักษณ์สารระเหยง่ายในสมุนไพรนั้น พบว่า มีหลายวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในพริก โดย Junior และคณะ[31] จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมด้วย HS-SPME ร่วมกับเทคนิค GC-Flame Ionization detector (GC-FID) และ GC-MS พบที่ได้พบว่ามีกลุ่มสารเคมีระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบอยู่หลายประเภท เช่นเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ เทอร์พีน อัลเคนและคีโตน อีกทั้งงานวิจัยของ Patel และคณะ[32] ได้พิสูจน์หาสารระเหยง่ายในพริกพื้นเมืองของเปรู 50 ชนิด โดยใช้ HS-SPME-GCMS พบว่ามี 127 สารแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน เอสเทอร์ เทอร์พีน อัลดีไฮด์ และ คีโตน คือ n-Hexyl hexanoate (19.72% peak area), Copaene a & b (9.13%), 2-Methyl hexadecane (5.09%), n-Tetradecane (5.03%), (3Z)-3-Hexen-1-yl hexanoate (4.45%), n-Hexyl iso-valerate (3.65%), 2-Nonanone (2.79%), Heptyl hexanoate (2.64%), d-Cadinene (2.37%) และ b-Cubebene (2.21%) นอกจากนี้ผลจากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค PCA ของผู้วิจัยก่อนหน้าในภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่า องค์ประกอบหลักของพริกได้แก่ Caryophyllene (0.55%), β-Elemene (0.51%) และ β-Pinene (0.247%) เป็นต้น

การวิเคราะห์ชนิดสารระเหยง่ายในตะไคร้ อ้างอิงจากงานวิจัยของ Tyagi และคณะ[33] ได้วิเคราะห์สารระเหยง่ายในน้ำมันหอมระเหย eucalyptus essential oil ด้วยเทคนิค SPME-GC-MS พบสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบเด่นคือ geranial (40.5%), neral (30.7%), geranyl acetate (5.1%) และ caryophyllene (2.5%) เป็นหลัก และตัวอย่างงานวิจัยของ Annick D. และคณะ[34] ที่ได้ศึกษาปริมาณองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในตะไคร้จากการใช้เทคนิคการเตรียมตัวอย่างต่างกัน ผลที่ได้สำหรับเทคนิค SPME-GC-MS พบว่า สารระเหยง่ายหลักหลัก ได้แก่ Geranial (23.9%), Neral (19.7%), E-Caryophyllene (5%), Citronellal (3.8%) รองลงมาได้แก่ α-E-Bergamotene (2.3%), p-Cymene(2.1%), 6-Methyl-5-hepten-2-one (1.6%), α-Terpinene (1.6%), Piperitone (1.6%) และ γ-Muurolene(1.4%)

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบสารระเหยง่ายในกระเทียมต่างสายพันธ์ ได้แก่ กระเทียมดำและกระเทียมขาว โดย Molina-Calle และคณะ[35] ด้วยเทคนิค GC-MS ร่วมกับเทคนิค Headspace พบว่า สารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบในกระเทียมทั้งสองสายพันธ์มีทั้งสิ้น 51 สาร โดยองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่เป็นสารระเหยง่ายจำพวกซัลเฟอร์ และตัวอย่างเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ Prabodh S. และคณะ[36] ที่ทำการศึกษาปริมาณสารระเหยง่ายในกระเทียมสายพันธ์ของประเทศสเปนด้วยเทคนิค hydrodistillation พบว่าสารระเหยง่ายหลักที่องค์ประกอบในกระเทียมได้แก่ diallyl trisulfide (33.4%), diallyl disulfide (20.8%), allyl methyl trisulfide (19.2%) allyl methyl disulfide (4.4%), Allyl (Z)-1-propenyl disulfide (2.6%), 2-Vinyl-4H-1,3-dithiine (2.5%), diallyl sulfide (1.9%), Diallyl sulfide (1.9%) และ Diallyl tetrasulfide (1.5%)

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยของ Dima M. และคณะ [37] ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร 6 ชนิด ได้แก่ กระเทียม หัวหอม ต้นหอม หอมแดง กุยช่ายและต้นหอมจีน ซึ่งจัดว่าอยู่ใน Alliaceae family เหมือนกัน ผลการศึกษาพบว่า มีสารระเหยง่ายที่พบในหอมแดงสำคัญ 42 สาร สารหลักได้แก่ dipropyl disulfide (15.17%), dipropyl trisulfide (11.14%), methyl propyl trisulfide (9.20%), 1-propenyl propyl disulfide (4.57%) และ methyl propyl disulfide (3.26%) 2-Hexyl-5-methyl 3(2H)-furanone (5.40%), 2-Methyl-3,4-dithiaheptane (4.42%), Allyl propyl trisulfide (1.97%), Methyl palmitate (1.39%) และ 1-Propenyl propyl trisulfide (1.36%)



รูปที่ 1-3 : แสดงรูปโครงสร้างของสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งพบได้ในสมุนไพรประเภทหอมแดง กระเทียม และกุยช่าย

งานวิจัยของ Rana V.[38] ได้ศึกษาหาปริมาณสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในข่า Alpinia ด้วยเทคนิค GC-MS กลั่นด้วยเทคนิค hydrodistillation พบสารระเหยง่ายสำคัญ 75 สาร สารระเหยง่ายหลัก คือ 1,8-cineole (53.4%), a-terpineol (2.1%), b-pinene (1.5%), terpinen-4-ol (2.9%), β-pinene (1.5%), α-pinene (1.1%), myrcene (0.9%), chavical (0.5%), trans-p-menth-2,8-dien-1-ol (0.5%) และ cis-p-menth-2,8-dien-1-ol (0.3%)

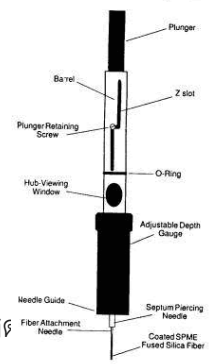
งานวิจัยของ Nurhani K.และคณะ[39] ได้ทำการสกัดสารระเหยง่ายในผิวมะกรูดและใบมะกรูดแล้วนำมาเปรียบเทียบกันพบว่า ที่ผิวมะกรูดมีสารระเหยง่ายที่สำคัญได้แก่ sabinene(35.20%), β-pinene(19.6%), limonene(19.83%), α-pinene(3.05%), camphene(0.15%), myrcene(1.81%), terpinen-4-ol(2.82%), α-terpineol(0.70%), linalool(1.04%), terpinolene(0.5%) และ citronellal(7.829%)

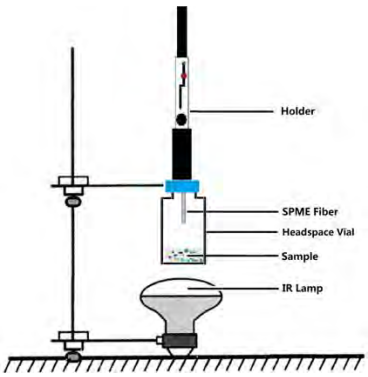
งานวิจัยของ Hicham B.[40] ได้ศึกษาสารระเหยง่ายองค์ประกอบในยี่หร่า Cuminum cyminum L. ผ่านการกลั่นแบบ hydrodistillation และระบุชนิดสารระเหยง่ายด้วยเทคนิค GC-MS พบสารระเหยง่ายสำคัญ 18 สาร ได้แก่ Cuminaldehyde (50.5%), p-cymene (11.8%), γ-terpinene (10.0%), β-pinene (9.5%), cuminic alcohol (5.9%), α-thujene (0.9%), Safranal (0.8%), α-phellandrene (0.6%)α-terpinolene (0.5%) และ 1,8-cineol (0.5%)

นอกจากการศึกษาสารระเหยง่ายในสมุนไพรแล้วยังมีการศึกษาสารระเหยง่ายในส่วนประกอบอื่น ๆที่เกี่ยวข้องเช่น เครื่องปรุงรส กะปิ น้ำมะนาว และน้ำปลา เป็นต้น งานวิจัยของ Pongsetkul และคณะ[3] ได้ศึกษาสมบัติขององค์ประกอบเคมีของกะปิจาก 11 แหล่งของประเทศไทย สามารถระบุสาระเหยง่ายได้จำนวนมาก โดยสารกลุ่มหลักคือ สารประเภทไพราซีน ส่วนงานวิจัยของ Leonés และคณะ[4] ได้ระบุเอกลักษณ์ของสารในน้ำส้มสายชูที่มีส่วนประกอบของน้ำมะนาวด้วยวิธี GC-MS โดยพบสารส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มเทอร์พีน ได้แก่ β-myrcene, α-terpinene, D-limonene, p-cymene, terpinolene และ β-bisabolene อีกทั้งยังมีงานวิจัยของ Giri และคณะ[5] ได้พิสูจน์เอกลักษณ์สารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นของน้ำพริกปลา โดยเปรียบเทียบกับน้ำปลาและน้ำพริกถั่วเหลืองหมัก พบสารที่ให้กลิ่นแตกต่างกันหลายชนิด

1.4.5 เทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME)

solid phase microextraction (SPME) เป็นวิธีการเตรียมสารตัวอย่างโดยการสกัดด้วยวัฏภาคของแข็งระดับจุลภาค ซึ่งใช้พอลิเมอร์เคลือบบนไฟเบอร์ การดูดซับของสารที่ต้องการวิเคราะห์จะดูดซับบนพอลิเมอร์จากการสัมผัสสารโดยตรงหรือจากไอของสารตัวอย่างที่อยู่ในภาชนะปิดและเกิดสมดุลระหว่างสารที่ต้องการวิเคราะห์กับช่องว่างด้านบนเหนือสารตัวอย่างนั้น เรียกหลักการนี้ว่า Headspace[41] เหมาะต่อการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ในปริมาณน้อย (trace analysis) เป็นเทคนิคยอดนิยมในการนำไปวิเคราะห์ทางเคมีเพราะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากปริมาณของตัวทำลายอินทรีย์ที่ใช้ในเทคนิคนี้อยู่ในระดับไมโครลิตรเท่านั้นหรือไม่ได้ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดตัวอย่างเลยจึงช่วยลดของเสียที่จะเกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ได้มาก[42] นอกจากนี้แล้วยังให้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ ใช้งานได้ง่ายเหมาะต่อการใช้งานกับตัวอย่างทุกสถานะ ได้แก่ สถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส และราคาถูกอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบเทคนิค SPME กับเทคนิคการสกัดทั่วไปแล้วพบว่าเทคนิคนี้ให้ผลการวิเคราะห์ในระดับที่ยอมรับได้แม้ว่าจะมีความเข้มข้นในระดับที่ต่ำมาก อย่างไรก็ตามเทคนิค SPME ยังมีข้อเสียอยู่มาก เช่น ความไม่เสถียรและไม่ทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ ใช้ได้ประมาณ 100 ครั้ง/ไฟเบอร์ ความเปราะบางและหักง่ายของไฟเบอร์ ในตัวอย่างที่เป็นของแข็งผลของสารรบกวน (matrix effect) ซึ่งจะส่งผลต่อวิธีการนี้ค่อนข้างมาก ดังนั้นถ้าจะหาในเชิงปริมาณจำเป็นที่จะต้องหาโดยสร้าง calibration curve ด้วยวิธีเติมสารมาตรฐาน (Standard Addition) ซึ่งทำให้เพิ่มความยุ่งยากในการวิเคราะห์





รูปที่ 1-4 : (ก) รูปแสด งเครื่องมือ SPME (ข) แสด ดยทั่วไป

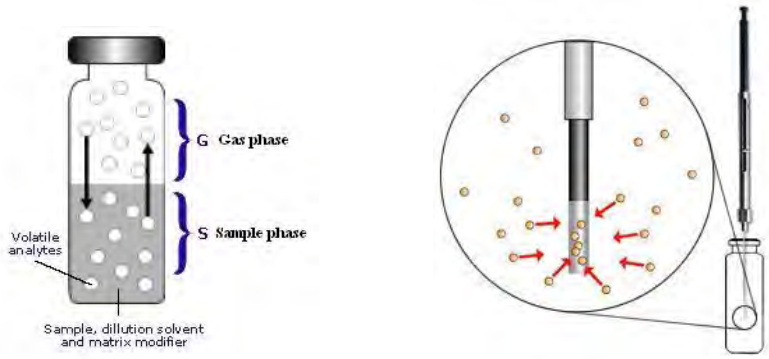
เทคนิค SPME ถูกพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ.1989 ที่ University of Waterloo (Ontario, Canada) โดย Professor Pawliszynและคณะ[43] จากนั้นบริษัท Supelco (Bellefonte, PA) ได้นำไปผลิตและจำหน่ายในปี ค.ศ.1993 ทำให้เทคนิค SPME ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้แพร่หลายในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี

หลักการของการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค SPME

สารที่สนใจถูกดูดซับที่ไมโครไฟเบอร์(microfiber) SPME ทำจาก fused silica เคลือบด้วยฟิล์มบาง ๆ ของ stationary phase ประมาณ 7-100 ไมครอน ซึ่งอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกับวัฏภาคคงที่ในคอลัมน์ของ GC สารที่ต้องการสกัดอาจละลายอยู่ในน้ำหรือระเหยอยู่ในช่องว่างเหนือสารละลาย สามารถดูดซับมาอยู่ที่ผิวของไฟเบอร์ได้ 2 วิธี คือ

(1) โดยการจุ่มไฟเบอร์ลงในสารละลายตัวอย่างโดยตรง (direct immersion technique)

(2) โดยให้ไฟเบอร์อยู่เหนือสารละลายตัวอย่างหรือตัวอย่างของแข็ง (headspace technique) ที่อยู่ขวดที่ปิดสนิทด้วยฝาปิดทำด้วยยางกันรั่ว (rubber septum)



รูปที่ 1-5 : แสดงหลักการทำงานของการใช้เครื่องมือ SPME ในเทคนิค HS-SPME (ก) ขวดสารที่ผ่านการควบคุมสมดุลอุณหภูมิ (ข) แสดงการดูดซับของสารระเหยง่ายบนไฟเบอร์ SPME

ขั้นตอนการสกัดสาร ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) ขั้นตอนการสกัดสาร (Extraction step) เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิของสารตัวอย่างที่บรรจุในขวดสารเรียบร้อยแล้ว ให้เริ่มต้นโดยการเสียบเข็มที่ใช้ปกป้องไฟเบอร์ septum ของขวดใส่ตัวอย่าง (vials) จากนั้นกดด้ามของ SPME ให้ไฟเบอร์ซึ่งอยู่ภายในเข็มโผล่ออกมา ตั้งทิ้งไว้ให้สารที่สนใจในตัวอย่างถูกดูดซับที่ผิวของไฟเบอร์ในระหว่างที่มีการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิที่กำหนด เมื่อครบเวลาสำหรับการสกัดให้ปลดล็อคเพื่อเก็บเข็มไฟเบอร์ด้านในกลับเข้าไปเพื่อการปกป้องไฟเบอร์ที่เปราะบางซึ่งอาจเสียหายได้ง่ายด้วยแรงกระแทกแล้วจึงดึงด้ามของอุปกรณ์ขึ้น

2) ขั้นตอนการปลดปล่อยสาร (Desorption) เป็นขั้นตอนการนำไฟเบอร์ SPME ที่ผ่านขั้นตอนการสกัดสารเข้าสู่จุดฉีด (injection port) โดยการเสียบเข็มลงบนจุดฉีดของเครื่องมือ GC หรือ GC-MS เพื่อนำสารที่สกัดได้โดยไฟเบอร์เข้าสู่ระบบวิเคราะห์ของเครื่อง GC จากนั้นกดก้านเข็มเพื่อเลื่อนให้ตำแหน่งของไฟเบอร์ซึ่งอยู่ภายในเข็มให้โผล่ออกมา สารที่สนใจในตัวอย่างบนไฟเบอร์จะระเหยออกจากผิวของไฟเบอร์ด้วยอุณหภูมิของจุดฉีด กำหนดเวลาปลดปล่อยสารใดใด เมื่อครบเวลาสำหรับการปลดสารแล้ว ให้ดึงด้ามของอุปกรณ์ขึ้นเพื่อเก็บไฟเบอร์กลับเข้าสู่ภายในกระบอกเข็มตามเดิมและนำเข็ม SPME ออกจากส่วนฉีดสารเครื่องมือ GC-MS

ในกรณีที่ประยุกต์ใช้เข็ม SPME กับเครื่องมือ HPLC หากต้องการสกัดสารแบบเดียวกันกับเครื่องมือ GC ให้ฉีดเข้าตรงวาล์วฉีดสาร ณ ตำแหน่งรับสารเข้า (load) แทน จากนั้นดันก้านเข็มเพื่อให้ไฟเบอร์ออกมาและสับสวิตช์ไปยังตำแหน่งฉีดสารเข้า (inject) ตัวทำละลายจะชะสารออกจากไฟเบอร์เพื่อเข้าสู่คอลัมน์ต่อไป

ชนิดของไฟเบอร์[44]

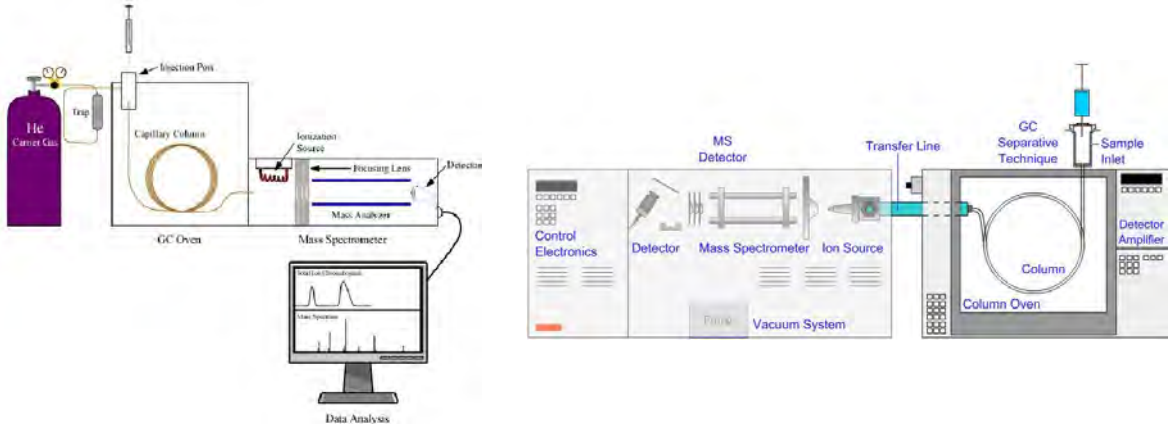
สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ ชนิดของไฟเบอร์แบ่งได้เป็นชนิด เช่น ไฟเบอร์แบบมีขั้ว ไฟเบอร์ขั้วปานกลาง ไฟเบอร์ขั้วสูง โดยมีความหนาของฟิล์มแตกต่างกัน เช่น PDMS เหมาะสำหรับสารที่ระเหยง่าย ไม่มีขั้ว แต่ถ้าหากสารนั้นระเหยง่ายมากอาจเลือกใช้ฟิล์มที่มีความหนามากขึ้น ชนิด PDMS/DVB และ carboxen/PDMS ในกรณีที่ใช้กับสารมีขั้วและไม่มีขั้ว และใช้ชนิด carboxen /DVB และ PDMS/DVB ในกรณีที่ใช้กับสารมีขั้วสูง เป็นต้น

รูปที่ 1-6 : แสดงตัวอย่างชนิด SPME ที่เหมาะสมต่อการใช้งานวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ

1.4.6 เทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS)[45]

Gas Chromatograph/Mass Spectrometer หรือ GC-MS เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ตรวจจับมวลโดยรวมของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่สามารถระเหยเป็นไอได้ สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างที่สนใจได้ค่อนข้างแม่นยำ อาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint เลขมวล (Mass Number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล NIST Library โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารมาตรฐาน[46] นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์สารผสมทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) และเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) ได้ เหมาะต่อการวิเคราะห์สารผสมที่สามารถระเหยได้ในอุณหภูมิไม่สูงนัก ปัจจุบันนิยมนำ ไปประยุกต์อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้ในด้านการแพทย์ เภสัชศาสตร์ สิ่งแวดล้อม รวมไปถึงในด้านกฎหมาย

เทคนิค GC-MS เกิดจากการใช้งาน 2 เทคนิคร่วมกัน คือ ส่วนของเครื่องมือ Gas Chromatograph เป็นส่วนแยกสารสารผสมออกจากกัน และส่วนเครื่อง Mass Spectrometer เป็นส่วนที่การวิเคราะห์ชนิดของสารหรือองค์ประกอบของสาร



รูปที่ 1-7 : แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือ GC-MS

1.4.6.1 ส่วนประกอบของเครื่อง GC-MS ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้[47]

1) Gas supply คือส่วนจ่ายแก๊สที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ เป็นแก๊สเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุล โดยทั่วจะมีตัวกรองเพื่อทำให้แก๊สมีความบริสุทธิ์สูง และมีตัวควบคุมแรงดันของแก๊ส (Regulator)
   - Carrier gas : ไฮโดรเจน ฮีเลียม และไนโตรเจน ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ฮีเลียมร่วมกับ MS detector
   - Make-up gas : ไฮโดรเจน ฮีเลียม และไนโตรเจน ใช้ในกรณีใช้ FID detector ร่วมกับ MS
   - Detector fuel gas : ไฮโดรเจน และอากาศบริสุทธิ์ ใช้ในกรณีใช้ FID detector ร่วมกับ MS
2) Pneumatic controls คือส่วนควบคุมของแก๊สให้มีความดันหรืออัตราเร็วการไหลของแก๊สที่ถูกต้องตามตั้งค่าก่อนที่จะไหลเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

3) Injector คือ เครื่องฉีดสารตัวอย่างเข้าคอลัมน์ โดยทั่วไปจะฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในส่วนฉีดสาร (inlet) ซึ่งจะมีตัวให้ความร้อน (heater) ติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอและเกิดการปลดปล่อยสารโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้เกิดสารสลายตัว ยกตัวอย่าง injector เช่น Split, Splitless และ On column เป็นต้น

4) Oven คือส่วนที่บรรจุคอลัมน์เอาไว้ ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ฉีด สามารถปรับได้ 2 แบบคือ Isocratic temperature (isothermal) และ gradient temperature (program temperature) ข้อดีของ gradient temperature คือสามารถใช้กับสารผสมที่มีช่วงของจุดเดือดกว้าง และช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ได้

5) Column คือส่วนที่ใช้แยกสารตัวอย่าง คอลัมน์ที่ใช้กันทั่วไปใน GC นั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ packed column และ capillary column การเลือกใช้คอลัมน์แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารผสมที่ต้องการวิเคราะห์

6) Interface คือส่วนที่เชื่อมโยงระหว่าง GC กับ MS ซึ่งอาจเป็นหลอดแก้วหรือ Teflon ที่มีรูพรุนเพื่อแยกเอา carrier gas ออกก่อน จากนั้นสารตัวอย่างจะเข้าสู่ ionization chamber

7) Ion source[48] คือส่วนที่ทำให้สารหรือโมเลกุลเกิดเป็นไอออนในสภาวะแก๊สเรียกว่า ionization โดยทำให้เกิดไอออนได้ 2 เทคนิคคือ

7.1) Electron Impact (EI)

เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ Electron โดย Ionization chamberต้องมีความดันต่ำประมาณ 10 -8 Torr เมื่อ Electron จาก Filament ที่ร้อนถูกโฟกัสผ่านช่วงนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ Electron เป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก (Fragmentation ion) และสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและความอุดมสัมพัทธ์ (Relative abundance) ได้

7.2) Chemical Impact (CI)

เป็นการทำให้สารเกิดการ Fragment ด้วยวิธีทางเคมีโดยผสมสารตัวอย่าง (ความดัน 10-4 Torr) เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วยความดัน 1 Torr และผ่านสารผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ Fragment ด้วยการชนกับ Electron เช่นเดียวกัน

8) Mass analyzer คือส่วนที่ทำหน้าที่คัดแยกมวลต่อประจุ โดยสามารถทำงานได้เมื่อมีสภาวะเป็นสุญญากาศหรือมีความดันต่ำกว่า 10^{-5} Torr มีหลายแบบ ตัวอย่างเช่น Magnetic-sector analyzer, Electrostatic analyzer, Time-of-flight analyzer, Ion cyclotron resonance analyzer,

Quadrupole mass spectrometer-Quadrupole Mass Spectrometer ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยสนามแม่เหล็กคือเป็น Path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต Ion source 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะทำให้ตัวอย่างกลายเป็นไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออน จากนั้นลำไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยกไอออนชุดเดียวกัน ดังนั้นไอออนทั้งหมดจะได้อิทธิพลจากสนามแม่เหล็กในสภาวะเดียวกันแต่จะถูกตรวจและวัดด้วยเครื่อง Detector แยกกัน ซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

9) Detector คือส่วนตรวจวัด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารเชิงเดี่ยวที่ถูกแยกออกมาจากคอลัมน์แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบประมวลผลการตรวจวัดตัวอย่างเช่น FID และ Electron Capture Detector (ECD) เป็นต้น

10) Vacuum system คือระบบสุญญากาศเพื่อควบคุมระบบให้ถูกต้อง MS ต้องทำงานภายใต้สุญญากาศเพื่อแน่ใจว่า ไอออน (ion) เดินทางไปยังตัวตรวจจับโดยไม่เกิดการชนกัน กับอากาศใน MS

11) Control electronics คือส่วนเลือกและควบคุม MS parameters จากแผงหน้าปัด หรือสามารถตั้งค่าได้จากระบบซอฟต์แวร์ (software)

1.4.6.2 ทฤษฎีและหลักการของเครื่อง GC-MS [49]

การแยกสารผสมด้วยเทคนิคนี้เกี่ยวข้องกับสมดุลการกระจายตัวขององค์ประกอบระหว่างวัฏภาค 2 ชนิด คือ วัฏภาคเลื่อนที่กและวัฏภาคนิ่ง

วัฏภาคเคลื่อนที่ ณ ทีนี้ คือ แก๊สตัวพา ซึ่งทำหน้าที่พาองค์ประกอบของตัวอย่างผ่านวัฏภาคนิ่ง เหมาะสำหรับการใช้แยกสารที่ระเหยง่ายและมีเสถียรภาพทางความร้อนโดยแก๊สพาจะต้องมีความบริสุทธิ์สูง ตัวอย่างแก๊สที่นิยมใช้เป็นแก๊สพา คือ ไนโตรเจน ฮีเลียมหรือไฮโดรเจน เป็นต้น เมื่อตัวอย่างที่กลายเป็นไอที่จุดฉีด แก๊สพาจะพาองค์ประกอบของตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์คะปิลลารี ซึ่งเป็นท่อปลายเปิดที่ผนังด้านในเคลือบด้วยวัฏภาคนิ่งซึ่งโดยทั่วไปเป็นวัฏภาคของเหลวที่สามารถทนอุณหภูมิสูงของเตาได้

การแยกสารผสมออกจากกันอาศัยความแตกต่างของการเกิดอันตรกิริยาระหว่างองค์ประกอบแต่ละชนิดของสารตัวอย่างกับวัฏภาคนิ่ง การเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคนิ่งจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราการเคลื่อนย้ายที่แตกต่างกัน องค์ประกอบในตัวอย่างจะถูกแยกออกมาจากคอลัมน์ตามลำดับของจุดเดือด หรือความมีขั้วของสาร และตรวจวัดด้วย ดีเทคเตอร์ ที่เหมาะสม

ผลที่ได้จากการแยกสารที่ออกมาจากคอลัมน์เรียกว่า โครมาโทแกรม ให้ข้อมูลรีเทนชันไทม์ (retention time) เป็นเวลาที่สารแต่ละชนิดถูกรั้งอยู่ในคอลัมน์ เพื่อบอกชนิดของสารเทียบกับรีเทนชันไทม์ของสารมาตรฐานได้ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีรีเทนชันไทม์ที่แตกต่างกันและข้อมูลพื้นที่ของพีก (peak area) เพื่อบอกปริมาณได้

บทที่ 2
การทดลอง

2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์

1) เครื่องมือ Solid Phase Microextraction ของ Supelco
   ขนาด 50/30μm ไฟเบอร์ชนิด DVB/CAR/PDM
2) เครื่องมือ Gas Chromatograph Agilent รุ่น 7890A
3) เครื่องมือ Mass Spectrometer Agilent รุ่น 7000
4) Capillary column ประเภท HP-5MS (30m × 0.25mm × 0.25μm)
5) เครื่องชั่งน้ำหนัก (analytical balance)
6) เครื่องให้ความร้อน (hot plate)
7) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
8) เครื่องมือผนึกขวดกับฝาอะลูมิเนียม (crimper)
9) ขวด (vials) ขนาด 20 มิลลิลิตร
10) ฝาอะลูมิเนียม (crimp)
11) ไมโครปิเปต (micro pipette)
12) บีกเกอร์ (beaker)
13) กระบอกตวง (cylinder)
14) แท่งแก้วคนสาร (stirring rod)
15) เครื่องใช้ในครัว ประกอบด้วย
    1) หม้อพร้อมฝาปิดหม้อ
    2) ตะหลิว
    3) มีด
    4) ชุดครก-สาก
16) ขาตั้ง (clamp)
17) อุปกรณ์ยึดเกาะขาตั้ง เช่น ที่จับคอนเดนเซอร์ (condenser clamp)

2.2 รายการสารเคมี

1) สารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20}) ของ Sigma Aldrich

2) แก๊สฮีเลียม

3) น้ำ De-Ionization

4) ตัวอย่างน้ำพริกเครื่องแกงแดงสำเร็จรูป 3 แหล่ง

1) น้ำพริกแกงแดง ตราโลโบ

2) น้ำพริกแกงแดง ตราแม่ศรี

3) พริกแกงแดง ตรา Blue elephant Royal Thai Cuisine

5) สมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของแกงแดง

1) พริกชี้ฟ้าแห้ง

2) ตระไคร้

3) กระเทียมไทย

4) หอมแดง

5) ข่า

6) มะกรูดเฉพาะส่วนผิว

7) ยี่หร่า

(อ้างอิงจากสูตรเครื่องแกงตราโลโบ)

(a) (b) (c)

รูปที่ 2-1 : แสดงตัวอย่างสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์

(ก) น้ำพริกแกงแดงตรา Blue elephant (ข) น้ำพริกแกงแดงตราแม่ศรี (ค) น้ำพริกแกงแดงตราโลโบ

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง

2.3.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

2.3.1.1.1 จัดหาตัวอย่างพริกแกงแดงเพื่อทดสอบสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างโดยเลือกซื้อพริกแกงตราเดียวกันที่มีเลขผลิต วันที่ผลิตและวันหมดอายุเดียวกัน จากนั้นผสมพริกแกงจากแต่ละซองให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการสุ่มตัวอย่างพริกแกงแดงเพื่อนำไปใช้ทดลองต่อไป

2.3.1.1.2 ชั่งพริกแกงแดงที่เตรียมได้จากข้อ 2.3.1.1 บรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ปริมาณ 50.0 ± 0.1 กรัม นำไปต้มในหม้อน้ำเดือดปริมาตร 300 มิลลิลิตรเป็นเวลา 2-3 นาที คนให้พริกแกงตัวอย่างละลาย ปิดฝาหม้อ และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ปิเปตด้วยไมโครปิเปตปริมาตร 1000 ไมโครลิตรลงในขวด (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วใช้เครื่องมือผนึกฝาขวดด้วยฝาอะลูมิเนียม

2.3.1.1.3 นำตัวอย่างพริกแกงแดงมาควบคุมอุณหภูมิในอ่างน้ำที่ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นระหว่างให้ความร้อน ทำการสกัดโดยใช้ อุปกรณ์เฮดสเปซ โซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน ดูดซับสารระเหยง่ายในขวดเป็นเวลา 30 นาที แล้วฉีดเข้าส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS เพื่อปลดปล่อยสารเป็นเวลา 5 นาที

โดยกำหนดสภาวะของเครื่อง GC-MS ดังนี้

อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์	Splitless
อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) :	50 °C
อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร (injection temperature) :	250 °C
อุณหภูมิของแหล่งกำเนิดไอออน (ion-source temperature) :	200 °C
อุณหภูมิของ quadrupole (MS quadrupole temperature) :	150 °C
ช่วงกราดตรวจของ *m/z* (*m/z* scan window) :	30 ถึง 330
อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม (quench flow) :	2.25 มิลลิลิตรต่อนาที
อัตราการไหลของแก๊สตัวพา (carrier gas flow) เข้าสู่คอลัมน์ :	0.80 มิลลิลิตรต่อนาที

กำหนดสภาวะอุณหภูมิคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS

อุณหภูมิเริ่มต้น (initial temperature) :	50 °C
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 (rate temperature 1) :	3 °C ต่อนาที
อุณหภูมิกลาง (intermediate temperature) :	200 °C

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 (rate temperature 2) : 5 °C ต่อนาที

อุณหภูมิสุดท้าย (final temperature) : 250 °C

เวลาที่ใช้อุณหภูมิสุดท้ายคงที่ไว้ (final hold time) : 2 นาที

เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (run time) : 53 นาที

2.3.1.1.4 ชั่งตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงดังการทดลองที่ 2.3.1.2 แล้วควบคุมอุณหภูมิด้วยอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 80 °C ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นระหว่างให้ความร้อน ทำการสกัดโดยใช้ อุปกรณ์เฮดสเปซ โซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน ดูดซับสารระเหยง่ายในขวดเป็นเวลา 30 นาที แล้วฉีดเข้าส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS ใช้เวลาปลดปล่อยสาร 5 นาที โดยกำหนดสภาวะของเครื่องมือ GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.3

2.3.1.1.5 พิจารณาพื้นที่ใต้พีกของสารรวม (total peak area) ในแต่ละโครมาโทแกรมและเลือกอุณหภูมิการสกัดที่ให้โครมาโทแกรมที่มีพื้นที่ใต้พีกของสารมากที่สุด

2.3.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

2.3.1.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงดังการทดลองที่ 2.3.1.2 คุมอุณหภูมิด้วยอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นระหว่างให้ความร้อน ทำการสกัดโดยใช้อุปกรณ์เฮดสเปซ โซลิดเฟส ไมโครเอกซ์แทรกชัน ดูดซับสารระเหยง่ายในขวด เป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาทีตามลำดับ แล้วฉีดเข้าส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS ใช้เวลาปลดปล่อยสารเป็น 5 นาที โดยกำหนดสภาวะของเครื่องมือ GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.3

2.3.2.2.2 พิจารณาพื้นที่ใต้พีกของสารรวม (total peak area) ในแต่ละโครมาโทแกรม และเลือกเวลาสกัดที่ให้โครมาโทแกรมที่มีพื้นที่ใต้พีกของสารมากที่สุด

2.3.2 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญ

2.3.2.1 เลือกพีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญจากการนำข้อมูลโครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายในตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงที่ได้จากการสกัดในสภาวะที่เหมาะสมดังหัวข้อ 2.3.1

2.3.3.2 ระบุชนิดสารระเหยง่ายแต่ละพีกสำคัญจากข้อมูลโครมาโทแกรมของตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงที่สกัดในสภาวะที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบข้อมูลสารดังกล่าวกับฐานข้อมูลแมสสเปกตรัม (mass spectrum library NIST17) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เฉพาะที่ติดตั้งไว้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการเครื่องมือ GC-MS และเปรียบเทียบค่า retention index (RI) ของสารระเหยง่าย

ที่สำคัญ ระหว่าง ค่า retention time (RT) ของสารดังกล่าวกับสารมาตรฐานชนิดอัลเคนโซ่ตรง C_8-C_{20} หรือเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ

ซึ่งค่า LRI (Linear retention index) คำนวณจาก

$$RI = 100n + 100(\frac{t - t_n}{t_{n+1} - t_n})$$

โดยกำหนดให้

n = จำนวนของคาร์บอนของอัลเคน

t = retention time ของพีกสารที่สนใจ (สารอยู่ระหว่าง C_n และ C_{n+1})

t_n = retention time ของอัลเคน C_n

t_{n+1} = retention time ของอัลเคน C_{n+1}

2.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแกงแดง

2.3.3.1 ศึกษารายละเอียดสูตรและส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำพริกยี่ห้อที่เลือกไว้ข้างต้น คำนวณปริมาณของสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดงตามสูตรส่วนผสม ชั่งตัวอย่างสมุนไพรเครื่องเทศตามที่ปริมาณที่คำนวนได้หรือชั่งตามปริมาณที่ระบุด้านหลังซอง 50.0 ± 0.1 กรัม สำหรับการทดลองนี้เลือกอ้างอิงสูตรผสมตามที่ระบุบนฉลากบรรจุภัณฑ์น้ำพริกแกงแดงI (น้ำหนักสุทธิ 50 กรัม) ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 : แสดงปริมาณสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

สมุนไพรและเครื่องเทศ ส่วนประกอบ	**ร้อยละ***	**ปริมาณที่ใช้ (กรัม)**
พริกชี้ฟ้าแดง	40	20.0
ตะไคร้	20	10.0
กระเทียม	10	5.0
หอม	6	3.0
ข่า	8	4.0
ผิวมะกรูด	3	1.5
ยี่หร่า	0.5	0.25

*อ้างจากสูตรส่วนผสมของพริกแกงแดงตราโลโบ

2.3.3.2 นำสมุนไพรและเครื่องเทศส่วนประกอบของพริกแกงแดงปริมาณดังตารางที่ 2-1 มาหั่นและตำละเอียด ต้มในน้ำที่เดือดปริมาตร 300 มิลลิลิตรเป็นเวลา 2-3 นาที คนตลอดเวลา ปิดฝาหม้อและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ปิเปิตด้วยไมโครปิเปต ปริมาตร 1000 ไมโครลิตร ลงในขวดบรรจุขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วปิดขวดด้วยฝาอะลูมิเนียม

2.3.3.3 นำสารตัวอย่างสมุนไพรมาควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 10 นาที ก่อนสกัด โดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการสกัดจากการทดลองที่ 2.3.1 ในระหว่างให้ความร้อน ใช้อุปกรณ์ HS-SPME สำหรับดูดซับสารองค์ระเหยง่ายซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีในสมุนไพรแต่ละชนิด

2.3.3.4 นำอุปกรณ์ HS-SPME ที่ดูดซับสารระเหยง่ายแล้ว ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสารของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาทีโดยกำหนดอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์จากการทดลองที่ 2.3.1 และกำหนดสภาวะของเครื่อง GC-MS จากการทดลองที่ 2.3.1.2

2.3.3.5 พิจารณาโครมาโทแกรมของตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศ ประมวลผลข้อมูลโดยการเลือกพื้นที่ใต้พีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญในโครมาโทแกรม เพื่อนำไประบุเอกลักษณ์สารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบของแต่ละชนิดตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มา

2.4.1 ชั่งตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงตราโลโบ ปริมาณ 50.0 ± 0.1 กรัม ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 300 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2-3 นาที คนตลอดเวลา ปิดฝาหม้อและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ปิเปิตด้วยไมโครปิเปต ปริมาตร 1000 ไมโครลิตร ลงในขวดบรรจุขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วปิดขวดด้วยฝาอะลูมิเนียม

2.4.2 นำสารตัวอย่างมาควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 10 นาที ก่อนสกัด โดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการสกัดจากการทดลองที่ 2.3.2 ในระหว่างให้ความร้อนใช้อุปกรณ์ HS-SPME สำหรับดูดซับสารระเหยง่ายซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีในสมุนไพรแต่ละชนิด

2.4.3 นำอุปกรณ์ HS-SPME ที่ดูดซับสารระเหยง่ายแล้ว ฉีดลงเครื่อง GC-MS เพื่อปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสาร เป็นเวลา 5 นาที โดยกำหนดสภาวะของเครื่องมือดังข้อ 2.3.1.3

2.4.4 ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้กับตัวอย่างพริกแกงแดงอีก 2 แหล่ง ได้แก่ พริกแกงแดงตราแม่ศรี พริกแกงแดงตรา Blue Elephant จากนั้นพิจารณาข้อมูลโครมาโทแกรมที่ได้จากแต่ละตัวอย่าง หาพื้นที่ใต้ใต้พีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญในตำแหน่ง retention time ที่เลือกไว้แล้วและระบุเอกลักษณ์สารระเหยง่ายองค์ประกอบดังข้อ 2.3.2

2.5 การประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์

2.5.1 นำพื้นที่ใต้พีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญที่ได้จากการทดลองที่ 2.4.4 มาคำนวณคิดเป็น %Normalization โดยคำนวณจาก

$$\%\text{Normalization} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีกของสารที่สนใจ}}{\text{พื้นที่ใต้พีกของสารทั้งหมด}}\ x\ 100$$

2.6.2 นำข้อมูลที่คำนวณได้ไปวิเคราะห์ผลด้วยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA โดยใช้โปรแกรม XLSTAT 2019 เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดกลุ่มตัวอย่างของพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มาทั้ง 3 แหล่ง กล่าวคือ พริกแกงแดงตราโลโบ พริกแกงแดงตราแม่ศรีและพริกแกงแดงตรา Blue Elephant ทั้งยังสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลักในเครื่องแกงแดงทั้ง 7 ชนิด

บทที่ 3

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.0 การชี้แจงปัญหาและแนวทางการดำเนินการทดลองภายใต้สถานการณ์ไม่ปกติอันเนื่องมาจากการระบาดของเชื้อโรค Covid-19

ตามที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้มีประกาศให้ขยายเวลาปิดที่ทำการเป็นการชั่วคราวเนื่องจากเหตุการณ์แพร่ระบาดของเชื้อโรค Covid-19 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2563 ลงวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2563 และในส่วนของการจัดการเรียนการสอนรายวิชา Senior Project รหัสวิชา 2302499 ก็ได้มีประกาศให้งดการเรียนการสอนในรูปแบบวิจัยตามมาเพื่อให้สอดคล้องกับประกาศของมหาวิทยาลัย

เหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อแนวทางการดำเนินการทดลองและการดำเนินการวิเคราะห์ผลการทดลองของผู้ทดลองดังนี้

1. ไม่สามารถนำข้อมูลรูปโครมาโทแกรมที่มีรายละเอียดของเวลาและสัญญาณตรวจวัดประกอบกับรูปแมสสเปกตรัมที่แสดงรายละเอียดของมวลและรูปแบบของมวลสารซึ่งได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างพริกแกงแดงและตัวอย่างสมุนไพรองค์ประกอบด้วยเทคนิค GC-MS ออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ห้องปฏิบัติการชั้น 14 เพื่อแสดงผลในเล่มรายงานได้
2. ไม่สามารถดำเนินการทดลองในส่วนของการระบุชนิดสารระเหยง่ายของสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบในพริกแกงแดงให้แล้วเสร็จครบทุกชนิดตามแผนการดำเนินงานเดิมได้
3. ไม่สามารถดำเนินการทดลองในส่วนของการวิเคราะห์ความแตกต่างของชนิดสารระเหยง่ายที่ตรวจพบในพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มาให้สำเร็จตามแผนการดำเนินการเดิมได้

อย่างไรก็ตาม ผู้ทดลองได้ดำเนินการตามแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลักของการทดลองนี้มากที่สุด โดยมีแนวทางดังนี้

1. หาข้อมูลเพิ่มเติมจากฐานข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัยท่านอื่นเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ผล วิจารณ์ผล และสรุปผลการทดลองของตัวผู้ทดลองเอง
2. ละเว้นการแสดงข้อมูลในส่วนที่ไม่สามารถดำเนินการทดลองได้โดยแสดงสัญลักษณ์ * หมายเหตุกำกับให้ทราบและระบุเป็นข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขแก่ผู้สนใจศึกษาต่อในอนาคต

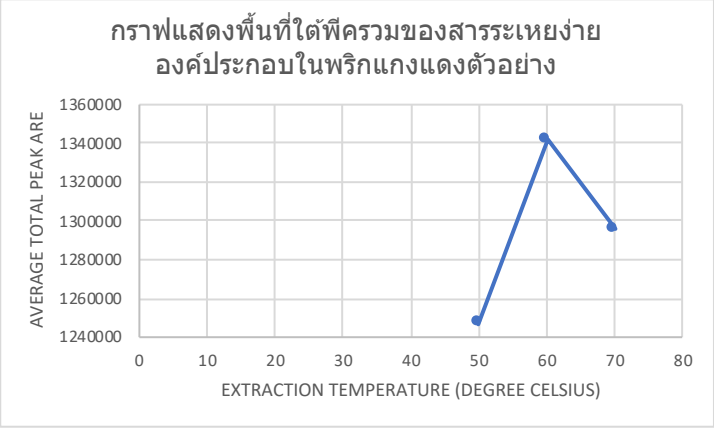
3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง

3.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

จากการวิเคราะห์สารตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง 50.0 ± 0.1 กรัมตามขั้นตอนการทดลองที่ 2.3.1 เพื่อทดลองหาสภาวะอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมด้วย HS-SPME โดยให้เวลาการควบคุมอุณหภูมิขวดสาร 10 นาที เวลาการสกัดสาร 30 นาที เวลาในการปลดปล่อยสารระเหยง่ายในเครื่อง GC-MS 5 นาที และศึกษาผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิการสกัดเริ่มต้นที่ 50 60 และ 70 °C โดยแต่ละอุณหภูมิทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งแล้วนำผลจากโครมาโทแกรมที่ได้มาหาพื้นที่ใต้พีกรวมของทุกสารที่ตรวจพบ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบ ผลที่ได้เป็นดังนี้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลรวมพื้นที่ใต้พีก			
	1	2	3	เฉลี่ย
50	1456338	599772	1968109	1341406.333
60	1315092	1315092	1110650	1246944.667
70	1115918	1095699	1674766	1295461

ตารางที่ 3-1 : แสดงพื้นที่ใต้พีกรวมของสาระเหยง่ายที่ตรวจพบในพริกแกงแดงตัวอย่างที่อุณหภูมิการสกัดต่างกัน



รูปที่ 3-1 : แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดในขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างกับพื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยของสารจากการข้อมูลโครมาโทแกรม

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในพริกแกงตัวอย่างคือ 60 °C เนื่องจากให้พื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสกัดควรจะให้ชนิดและปริมาณของ

สารระเหยมากขึ้นเพราะสารระเหยง่ายมีมวลโมเลกุลและค่าจุดเดือดที่ต่างกัน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้สารระเหยตัวที่มีมวลโมเลกุลมาก จุดเดือดสูง ระเหยออกมามากขึ้นและดูดซับบนไฟเบอร์ของ SPME ได้มากขึ้นทำให้โครมาโทแกรมที่ได้มีพีกสารมากขึ้นและอาจมีพื้นที่ใต้พีกรวมมากขึ้นด้วย ในกรณีนี้เป็นไปได้การเพิ่มอุณหภูมิอาจมีผลต่อการเสื่อมสลายของสารระเหยง่ายบางชนิด ทำให้ปริมาณสารที่พบน้อยลงสังเกตุได้จากพื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยของสารระเหยง่ายในพริกแกงแดงตัวอย่างที่อุณหภูมิการสกัด 70 °c มีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 60 °c ดังรูปที่แสดงข้างต้น

เมื่อนำโครมาโทแกรมที่ได้จากการทดลองหาสภาวะอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมทั้ง 3 อุณหภูมิ แล้วโครมาโทแกรมมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้ควรจะแสดงการซ้อนทับกันของเส้นกราฟจากทั้งสามสภาวะการทดลอง โดยจะมีระดับความสูงของพีกหรือพื้นที่ได้กราฟของพีกต่างกัน เรียงน้อยไปมากคือ 50 70 และ 60 °c ตามลำดับ

*หมายเหตุ ไม่สามารถแสดงข้อมูลโครมาโทแกรมได้ด้วยเหตุผลที่ระบุไว้ในข้อที่ 3.0

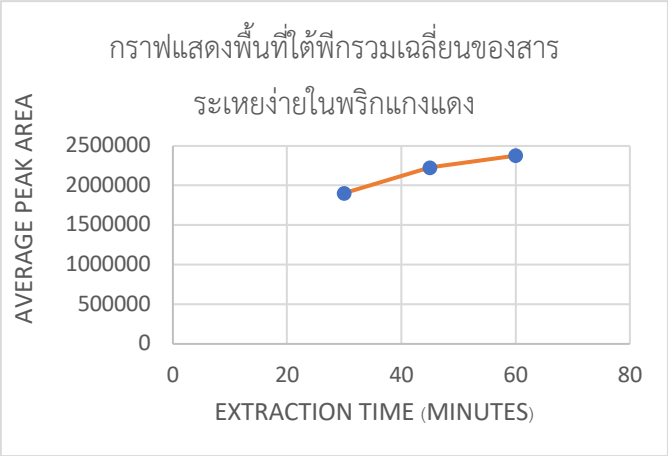
3.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

จากการวิเคราะห์สารตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง 50.000 0.001 กรัมตามขั้นตอนการทดลองที่ 2.3.1 เพื่อทดลองหาสภาวะอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมด้วย HS-SPME โดยให้เวลาการควบคุมอุณหภูมิขวดสาร 10 นาที เวลาการสกัดสาร 30 นาที เวลาในการปลดปล่อยสารระเหยง่ายในเครื่อง GC-MS 5 นาที และศึกษาผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิการสกัดเริ่มต้นที่ 50 60 และ 70 °C โดยแต่ละอุณหภูมิทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งแล้วนำผลจากโครมาโทแกรมที่ได้มาหาพื้นที่ใต้พีกรวมของทุกสารที่ตรวจพบ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบ ผลที่ได้เป็นดังนี้

เวลา (นาที)	ผลรวมพื้นที่ใต้พีก			
	1	2	3	เฉลี่ย
30	1987858	1737640	1987858	1904452
45	2173947	2332726	2173947	2226873
60	3098895	2358189	1674766	2377283

ตารางที่ 3-2 : แสดงพื้นที่ใต้พีกรวมของสาระเหยง่ายที่ตรวจพบในพริกแกงแดงตัวอย่างที่เวลาการสกัดต่างกัน

ผลที่ได้จากตารางพบว่าเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างพริกแกงแดง คือ 60 นาที เนื่องจากให้พื้นที่ใต้พีกรวมมากที่สุด ดังรูป



รูปที่ 3-2 : แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดในขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างกับพื้นที่ใต้พีกรวมเฉลี่ยของสารจากการข้อมูลโครมาโทแกรม

3.2 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ในการระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญของตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ น้ำพริกแกงแดงตัวอย่างจาก 3 แหล่งที่มา ได้แก่ ตราโลโบ ตราแม่ศรี ตรา Blue Elephant และสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง 7 ชนิด ได้แก่ พริกแดง ตะไคร้ กระเทียม หอมแดง ข่า ผิวมะกรูด และยี่หร่า อ้างอิงสูตรและปริมาณส่วนผสมจากฉลากหลังซองพริกแกงตัวอย่างตราโลโบ

3.2.1 สมุนไพรและเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง

เมื่อเตรียมตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง ได้แก่ พริก กระเทียม หอมแดง ตะไคร้ ข่า ผิวมะกรูดและยี่หร่าตามวิธีการทดลองข้อที่ 2.3.3 และทดลองด้วยเครื่องมือ GC-MS กำหนดสภาวะที่เหมาะสมตามผลที่ได้จากการทดลองข้อที่ 3.1 จะได้โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายในตัวอย่างสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง จากนั้นนำมาพิจารณาเลือกพีกของสารระเหยง่ายหลักที่สำคัญเพื่อทราบถึงชนิดและปริมาณเทียบเป็น % Normalization ของแต่ละชนิดสารในสมุนไพรเครื่องเทศเหล่านั้นได้

เนื่องจากสถานการณ์ไม่ปกติอันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของเชื้อโรค Covid-19 ดังข้อชี้แจงที่ 3.0 ดัง ผู้ทดลองจึงได้ทำศึกษาหาข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาของผู้ทดลองท่านอื่นเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเปรียบเปรียบกับผลของตัวอย่างพริกแกงสำเร็จรูปที่ได้ตามขั้นตอนการทดลองข้อที่ 3.2.1 แทน พบว่า สารระเหยง่ายหลักที่พบในสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดง 10 อันดับแรกมีดังนี้

หาสารระเหยง่ายในพริก คือ n-Hexyl hexanoate (19.72%peak area), Copaene a & b (9.13%), 2-Methyl hexadecane (5.09%), n-Tetradecane (5.03%), (3Z)-3-Hexen-1-yl hexanoate (4.45%), n-

Hexyl iso-valerate (3.65%), 2-Nonanone (2.79%), Heptyl hexanoate (2.64%), d-Cadinene (2.37%) และ b-Cubebene (2.21%)

สารระเหยง่ายในตะไคร้ ได้แก่ Geranial (23.9%), Neral (19.7%), E-Caryophyllene (5%), Citronellal (3.8%), α-E-Bergamotene (2.3%), p-Cymene(2.1%), 6-Methyl-5-hepten-2-one (1.6%), α-Terpinene (1.6%), Piperitone (1.6%) และ γ-Muurolene(1.4%)

สารระเหยง่ายในกระเทียม diallyl trisulfide (33.4%), diallyl disulfide (20.8%), allyl methyl trisulfide (19.2%) allyl methyl disulfide (4.4%), Allyl (Z)-1-propenyl disulfide (2.6%), 2-Vinyl-4H-1,3-dithiine (2.5%), diallyl sulfide (1.9%), Diallyl sulfide (1.9%) และ Diallyl tetrasulfide (1.5%)

สารระเหยง่ายในหอมแดง คือ dipropyl disulfide (15.17%), dipropyl trisulfide (11.14%), methyl propyl trisulfide (9.20%), 1-propenyl propyl disulfide (4.57%) และ methyl propyl disulfide (3.26%) 2-Hexyl-5-methyl 3(2H)-furanone (5.40%), 2-Methyl-3,4-dithiaheptane (4.42%), Allyl propyl trisulfide (1.97%), Methyl palmitate (1.39%) และ 1-Propenyl propyl trisulfide (1.36%)

สารระเหยง่ายในข่า คือ 1,8-cineole (53.4%), terpinen-4-ol (2.9%), a-terpineol (2.1%), b-pinene (1.5%), β-pinene (1.5%), α-pinene (1.1%), myrcene (0.9%), chavical (0.5%), trans-p-menth-2,8-dien-1-ol (0.5%) และ cis-p-menth-2,8-dien-1-ol (0.3%)

สารระเหยง่ายในผิวมะกรูด คือ sabinene(35.20%), limonene(19.83%), β-pinene(19.6%), citronellal(7.829%), α-pinene(3.05%), terpinen-4-ol(2.82%), myrcene(1.81%), linalool(1.04%), α-terpineol(0.70%), camphene(0.15%) และ terpinolene(0.5%)

สารระเหยง่ายในยี่หร่า Cuminum cyminum L. คือ Cuminaldehyde (50.5%), p-cymene (11.8%), γ-terpinene (10.0%), β-pinene (9.5%), cuminic alcohol (5.9%), α-thujene (0.9%), Safranal (0.8%), α-phellandrene (0.6%)α-terpinolene (0.5%) และ 1,8-cineol (0.5%)

3.2.2 ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดง

จากการนำตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงทั้ง 3 แหล่งมาวิเคราะห์หาชนิดของสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบ โดยทำตามวิธีการทดลองที่ 2.3.1 ใช้สภาวะอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมตามผลการทดลองข้อที่ 3.1.1 และสภาวะเวลาการสกัดที่เหมาะสมตามผลการทดลองข้อที่ 3.1.2 เวลาการให้ความร้อนควบคุมสมดุลอุณหภูมิ 10 นาที เวลาในการปลดปล่อยสารระเหยง่ายที่เครื่อง GC-MS 5 นาที แต่ละตัวอย่างทำซ้ำกัน 6 ครั้ง แล้วพิจารณาเลือกพีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญ พบว่า มีสารระเหยง่ายทั้งหมด 95 สาร แสดงรายการสารระเหยง่ายหลักที่พบได้ 10 อันดับแรกเรียงตาม ค่า %Normalizationเฉลี่ยจากการทำซ้ำ 6 ค่า ได้ดังนี้

1) สารระเหยง่ายหลักในพริกแกงแดง ตรา I คือ Terpinen-4-ol (10.72%) Citronellal (7.01%) α-Selinene (7.44%) Limonene (9.04%) Cadina-1(10),4-diene (5.25%) α-Terpineol (4.56%) (1S,4R,5R)-1,3,3-Trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate(4.27%) δ-Elemene(1.68%) และ β-Bisabolene(3.93%) β-Pinene(4.83%)

2) สารระเหยง่ายหลักในพริกแกงแดง ตรา II คือ

*หมายเหตุ ไม่สามารถแสดงข้อมูลสารระเหยง่ายหลักเรียงตาม % Normalizationของพริกแกงแดงตรา II ได้อันเนื่องมาจากหมายเหตุที่ระบุในข้อที่ 3.0

3) สารระเหยง่ายหลักในพริกแกงแดง ตรา III คือ

*หมายเหตุ ไม่สามารถแสดงข้อมูลสารระเหยง่ายหลักเรียงตาม % Normalizationของพริกแกงแดงตรา II ได้อันเนื่องมาจากหมายเหตุที่ระบุในข้อที่ 3.0

อย่างไรก็ตามผู้ทดลองได้ทำการสำรวจและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสัดส่วนปริมาณและชนิดวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของพริกแกงแดงทุกยี่ห้อที่พบได้ในท้องตลาดทั่วไป ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางแสดงผลการสำรวจข้อมูลสมุนไพรส่วนผสมในพริกแกงแดงจากแหล่งพริกแกงสำเร็จรูปทั่วไปตามท้องตลาด

สูตรเครื่องแกงจาก	สมุนไพรและเครื่องเทศ													
	พริก	ตะไคร้	ข่า	พริกไทย	ผิวมะกรูด	กระเทียมไทย	หอมแดง	รากผักชี	ยี่หร่า	ลูกผักชี	โหระพา	ใบมะกรูด	ลูกจันทน์	ขมิ้น
ตราแม่พร	/	/	/	/	/						/			/
ตราแม่น้อย	/	/	/	/	/						/	/		
De Siam	/	/	/	/	/	/	/	/		/				
Blue Elephant	/	/	/	/	/	/	/	/	/					
แม่ศรี	/	/	/	/	/	/	/							
Exotic Food	/	/	/			/					/	/		
สำเภาทอง	/	/	/	/	/	/	/							
Thai Dancer	/	/	/		/	/	/	/						
กนกวรรณ	/	/	/		/	/	/		/					
มือที่ 1	/	/				/	/	/		/		/		
คุณชาย	/	/	/		/	/	/							
แม่ประนอม	/	/	/	/	/	/	/							
แม่สุเพ็ญ	/	/	/	/	/	/	/							
เคียงข้าว	/	/	/	/	/	/	/							
โลโบ	/	/	/		/	/	/		/					
J lek	/	/	/	/	/	/								
น้ำใจ	/	/	/	/	/	/								
แม่พลอย	/	/	/	/	/	/								

ตารางที่ 3-3 : แสดงข้อมูลจากการสำรวจชนิดสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในพริกแกงแดงสำเร็จรูป ซึ่งวางขายตามห้างสรรพสินค้าชั้นนำทั่วไป

ตารางแสดงผลการสำรวจข้อมูลส่วนผสม ในพริกแกงแดงจากแหล่งพริกแกงแดงสำเร็จรูปทั่วไปตามท้องตลาด

สูตรเครื่องแกงจาก	ส่วนประกอบอื่นๆ							
	กะปิ	เกลือ	น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำตาล	น้ำมะขาม	กะทิ	มะนาว	กุ้ง
ตราแม่พร		/						
ตราแม่น้อย		/						
De Siam	/	/	/					
Blue Elephant		/	/		/			
แม่ศรี		/		/				
Exotic Food		/	/	/				
สำเภาทอง		/						
Thai Dancer		/	/	/				
กนกวรรณ		/						
มือที่ 1	/	/						
คุณชาย	/	/						
แม่ประนอม	/	/	/	/		/		
แม่สุเพ็ญ	/	/					/	
เคียงข้าว	/	/	/	/				
โลโบ	/	/						
J lek	/	/	/	/				
น้ำใจ	/	/						
แม่พลอย	/	/						/

ตารางที่ 3-4 : แสดงข้อมูลจากการสำรวจส่วนผสมเครื่องปรุงที่เป็นองค์ประกอบในพริกแกงแดงสำเร็จรูปซึ่งวางขายตามห้างสรรพสินค้าชั้นนำทั่วไป

จากตาราง 3-3 และ 3-4 พบว่าส่วนประกอบพริกแกงแดงแต่ละยี่ห้อมีชนิดส่วนผสมและสัดส่วนของแต่ละส่วนผสมต่างกัน เช่น พริกแกงแดงตราแม่ศรี มีพริกไทยเป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมเมื่อเทียบกับพริกแกงแดงตราโลโบ หละ พริกแกงแดงตรา Blue Elephant มีรากผักชีและพริกไทย เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมเมื่อเทียบกับสูตรของพริกแกงแดงตราโลโบเช่นกัน ทั้งนี้ยังมีสัดส่วนปริมาณในแต่องค์ประกอบต่างกันอีกด้วย ดังนั้น หากนำตัวอย่างพริกแกงสำเร็จรูปตัวอย่างต่างยี่ห้อมาทำการวิเคราะห์และระบุชนิดสารระเหยง่ายองค์ประกอบ ผลที่ได้ควรจะต่างกันทั้งในด้านคุณภาพวิเคราะห์และด้านปริมาณวิเคราะห์ไม่มากก็น้อย

ตารางที่ 3-5 : แสดงข้อมูลและ %Normalization สารระเหยง่ายที่ตรวจพบในน้ำพริกแกงแดงและสมุนไพร เครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบ

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	C	RT Cn alkane	RT Cn+1 After	RI lit	RI EXP	%Normalization
											Brand I
Hydrocarbon											
1H	α-Thujene	2867-05-2	c, l, k, u	woody green herb	10.18	9.00	9.31	12.62	929	926	0.11
2H	α-Pinene	2437-95-8	l, k, u	Woody, piney and turpentine-like,	10.40	9.00	9.31	12.62	937	932	0.58
3H	Camphene	79-92-5	c, k	woody herbal fir needle	10.90	9.00	9.31	12.62	952	948	0.10
5H	β-Pinene	127-91-3	c, l, k, u	sweet fresh pine woody hay gree	11.89	9.00	9.31	12.62	979	977	4.83
7H	β-Myrcene	123-35-3	c, l, k, u	peppery terpene spicy balsam plastic	12.29	9.00	9.31	12.62	991	990	0.97
8H	α-Phellandrene	99-83-2	u	Citrus, terpenic, slightly green	12.78	10.00	12.62	16.11	1005	1004	0.19
9H	α-Terpinene	99-86-5	l, u	Citrusy, woody, terpy	13.19	10.00	12.62	16.11	1017	1016	0.57
10H	Limonene	138-86-3	c, k, u	terpene pine herbal peppery	13.74	10.00	12.62	16.11	1030	1032	9.04
12H	γ-Terpinene	99-85-4	k, u	Terpy, sweet, citrus	14.65	10.00	12.62	16.11	1060	1058	0.93
15H	isoterpinolene	586-63-0	u	fresh woody sweet pine citrus	15.68	10.00	12.62	16.11	1086	1087	1.82
35H	δ-Eiemene	249404	c	Fried, Spice, Wood	24.00	13.00	22.84	26.00	1338	1336	1.68
37H	α-Cubebene	17699-14-8	l, r, c	herbal waxy	24.40	13.00	22.84	26.00	1351	1349	0.15
40H	Copaene	3856-25-5	c, l	woody spicy honey	25.28	13.00	22.84	26.00	1376	1377	1.77
42H	β-cubebene	13744-15-5	c, l, r	herbal waxy	25.69	13.00	22.84	26.00	1389	1390	0.21
43H	β-Elemene	33880-83-0	c, m	herbal waxy fresh	25.75	13.00	22.84	26.00	1391	1392	1.62
44H	(+)-Sativene	6566324	w	NA	25.88	13.00	22.84	26.00	1396	1396	0.03
45H	isocaryophyllene	118-65-0	c	woody spicy	26.25	14.00	26.00	28.93	1406	1408	1.45
46H	Isocaryophyllene	118-65-0	m	woody spicy	26.25	14.00	26.00	28.93	1406	1408	1.45

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	C	RT Cn alkane	RT Cn+1 After	RI lit	RI EXP	%Normalization
											Brand I
47H	Cedr-8-ene	469-61-4	w	cedarwood woody	26.43	14.00	26.00	28.93	1411	1414	0.02
48H	Caryophyllene	**87-44-5**	c, l	sweet woody spice clove dry	26.65	14.00	26.00	28.93	1419	1422	2.50
49H	Cedrene	469-61-4	w	cedarwood woody	26.87	14.00	26.00	28.93	1422	1429	0.13
50H	γ-Elemene	2207780		NA	26.98	14.00	26.00	28.93	1433	1433	1.04
51H	α-Guajene	88-84-6	B, W	sweet woody dry	27.14	14.00	26.00	28.93	1439	1438	0.09
52H	Aromandendrene	25246-27-9	C	spoce	27.22	14.00	26.00	28.93	1440	1441	0.06
53H	Neoclovene	56684-96-9	NA	NA	27.51	14.00	26.00	28.93	1454	1451	0.01
54H	(E)-β-Famesene	18794-84-8	NA	NA	27.63	14.00	26.00	28.93	1457	1455	3.26
55H	cis-Muurola-4(15),5-diene	91747213	b	NA	27.91	14.00	26.00	28.93	1463	1465	0.04
56H	γ-HIMACHALENE	4381612	w	NA	28.20	14.00	26.00	28.93	1477	1475	0.07
57H	γ-Muurolene	2044551	C	herbal woody spice	28.30	14.00	26.00	28.93	1477	1478	0.33
59H	β-Guaiene	88-84-6	m	sweet woody dry	28.52	14.00	26.00	28.93	1490	1486	0.22
61H	δ-Selinene	28624-23-9	m	NA	28.73	14.00	26.00	28.93	1493	1493	0.81
62H	α-Selinene	473-13-2	m	amber	28.88	14.00	26.00	28.93	1494	1498	7.44
63H	α-Muurolene	10208-80-7	l, b	NA	28.97	15.00	28.93	31.73	1499	1501	0.24
64H	β-Bisabolene	2044624	l,m	balsamic citrus myrrh	29.22	15.00	28.93	31.73		1510	3.93
65H	γ-Cadinene	1460-97-5	NA	fresh woody longifolone	29.41	15.00	28.93	31.73	1513	1517	0.44
66H	(-)-α-Panasinsen	56633-28-4	l	NA	29.53	15.00	28.93	31.73	1527	1521	0.16
67H	Cadina-1(10),4-diene	483-76-1	l	thyme herbal woody dry	29.69	15.00	28.93	31.73	1524	1527	5.25
68H	(E)-γ-Bisabolene	2207172	c	balsamic citrus myrrh	29.86	15.00	28.93	31.73	1533	1533	0.06

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	C	RT Cn alkane	RT Cn+1 After	RI lit	RI EXP	%Normalization
											Brand I
69H	Cadine-1,4-diene	16728-99-7	NA	NA	29.92	15.00	28.93	31.73	1533	1535	0.05
70H	Selina-3,7(11)-diene	6813-21-4	m	NA	30.06	15.00	28.93	31.73	1542	1540	0.32
71H	α-Calacorene	21391-99-1	NA	woody	30.24	15.00	28.93	31.73	1542	1546	0.20
72H	Cadala-1(10),3,8-triene	21391-99-1	NA	NA	30.30	15.00	28.93	31.73	1555	1548	0.13
75H	β-Calacorene	50277-34-4	c	NA	30.79	15.00	28.93	31.73	1563	1566	0.46
80H	α-Corocalene	20129-39-9	NA	NA	32.40	16.00	31.73	34.40	1623	1625	0.01
92H	Heptadecane	629-78-7	C	spice	34.32	16.00	31.73	34.40	1700	1697	0.20
Alcohol											
11A	Eucalyptol	470-82-6	C	Minty, cooling piney, camphoraceous,	13.78	10.00	12.62	16.11	1032	1033	0.52
13A	cis-Linalool oxide	60047-17-8	c, l	floral herbal earthy green	15.16	10.00	12.62	16.11	1074	1073	2.41
16A	Linalool	78-70-6	l, k, m, u	citrus floral sweet rose woody green blueberry	16.07	10.00	12.62	16.11	1099	1099	0.79
17A	cis-para-2-menthen-1-ol	29803-82-5	NA	NA	16.89	11.00	16.11	19.56	1122	1122	0.09
19A	Isopulegol	89-79-2	c	minty cooling woody green grassy herbal	17.69	11.00	16.11	19.56	1146	1146	1.60
21A	dl-Isopulegol	59905-53-2	m	minty cooling woody green	18.07	11.00	16.11	19.56	1163	1157	0.58
22A	laevo-borneol	464-45-9	t	pine woody camphor	18.40	11.00	16.11	19.56	1166	1166	0.09
23A	isothujol	513-23-5	s	NA	18.51	11.00	16.11	19.56	1168	1169	0.10
24A	Terpinen-4-ol	562-74-3	l	pepper woody earth musty sweet	18.88	11.00	16.11	19.56	1177	1180	10.72
26A	α-Terpineol	98-55-5	l	minty menthol spearmint herbal	19.28	11.00	16.11	19.56	1189	1191	4.57
27A	DIHYDROCARVEOL	619-01-2	m	minty menthol spearmint herbal	19.84	12.00	19.56	22.84	1192	1209	0.01
28A	exo-2-Hydroxycineole	92999-78-5	b	minty clean fresh eucalyptus	20.34	12.00	19.56	22.84	1224	1223	0.07
29A	Citronellol	106-22-9	k	floral leather waxy rose bud citrus	20.45	12.00	19.56	22.84	1228	1227	1.34

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	C	RT Cn alkane	RT Cn+1 After	RI lit	RI EXP	%Normalization
											Brand I
31A	Geraniol	106-24-1	m	sweet floral fruity rose waxy citrus	21.40	12.00	19.56	22.84	1255	1256	0.24
73A	Elemol	639-99-6	c	spicy citrus woody resinous	30.38	15.00	28.93	31.73	1549	1551	0.86
74A	Ledol	577-27-5	NA	NA	30.62	15.00	28.93	31.73		1560	0.02
78A	Viridiflorol	552-02-3	NA	NA	31.96	16.00	31.73	34.40	1591	1608	0.15
79A	Selin-6-en-4α-ol	118173-08-3	NA	NA	32.35	16.00	31.73	34.40	1636	1623	0.84
81A	Epicubenol	6567253	NA	NA	32.59	16.00	31.73	34.40	1627	1632	0.06
82A	γ-Eudesmol	1209-71-8	m, l	waxy sweet	32.69	16.00	31.73	34.40	1631	1636	0.04
83A	Cubenol	6567253	NA	freshly plowed soil earthy	32.78	16.00	31.73	34.40	1642	1639	0.01
84A	Cadinol	481-34-5	c, k	balsamic earthy	32.96	16.00	31.73	34.40	1640	1646	0.35
85A	α-Muurolol	19912-62-0	l	herbal honey	33.05	16.00	31.73	34.40	1645	1649	0.02
86A	α-Cadinol	481-34-5	c	herb wood	33.30	16.00	31.73	34.40	1653	1658	0.41
87A	5β,10α-Eudesm-11-en-4-ol	6168-59-8	NA	NA	33.44	16.00	31.73	34.40	1667	1664	0.07
90A	Cedren-13-ol, 8-	18319-35-2	c	NA	33.98	16.00	31.73	34.40	1688	1684	0.04
Sulfide Compound											
4S	3H-1,2-Dithiole	534-25-8	g	sulfury meaty	11.29	9.00	9.31	12.62	952	959	0.24
14S	Diallyl disulphide	2179-57-9	s, g	Alliceous, onion and garlic	15.39	10.00	12.62	16.11	1081	1079	0.44
18S	Trisulfide, methyl 2-propenyl	3658-80-8	s, g	alliaceous creamy garlic onion	17.43	11.00	16.11	19.56	1142	1138	0.24
25S	3-Vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene	62488-52-2	s, g	NA	19.16	11.00	16.11	19.56	1198	1188	0.09
94S	α-Mintsulfide	72445-42-2	NA	NA	35.51	17.00	34.40	36.90	1744	1744	0.54
Aldehyde											
20D	Citronellal	106-23-0	k, m	sweet dry floral herbal waxy aldehydic citrus	17.91	11.00	16.11	19.56	1153	1152	7.01
30D	β-Citral	5392-40-5	m	sharp lemon sweet	20.90	12.00	19.56	22.84	1240	1241	0.33

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	C	RT Cn alkane	RT Cn+1 After	RI lit	RI EXP	%Normalization
											Brand I
32D	α-Citral	7549-37-3	m, k	sharp lemon sweet	21.86	12.00	19.56	22.84	1270	1270	1.63
33D	Citral	1721871	m	sharp lemon sweet	22.25	12.00	19.56	22.84	1276	1282	0.10
88D	(E)-Tetradec-2-enal	51534-36-2	NA	NA	33.74	16.00	31.73	34.40	1673	1675	0.43
Ester											
34E	Bornyl acetate	20347-65-3	c	balsam camphor herbal woody sweet	22.36	12.00	19.56	22.84	1285	1285	0.02
36E	1,3,3-Trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate	81781-24-0	NA	NA	24.15	13.00	22.84	26.00	1343	1341	4.27
38E	Citronellol acetate	150-84-5	k	floral green rose fruity citrus woody tropical fruit	24.45	13.00	22.84	26.00	1354	1350	1.18
39E	Nerol acetate	141-12-8	m	floral rose soapy citrus dewy pear	24.83	13.00	22.84	26.00	1364	1363	0.19
41E	Geranyl acetate	105-87-3	m	floral rose lavender green waxy	25.40	13.00	22.84	26.00	1382	1381	0.44
91E	Nerolidyl acetate	2306-78-7	c	spice	34.16	16.00	31.73	34.40	1687	1691	0.01
95E	Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	NA	oily waxy fatty orris	40.00	19.00	39.32	41.66	1926	1929	0.01
Ketone											
6K	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	110-93-0	m	Citrus green musty lemongrass apple	12.22	9.00	9.31	12.62	986	988	0.01
93K	Juniper camphor		NA	NA	34.43	17.00	34.40	36.90	1692	1701	0.01
Ether											
76F	trans-Z-α-Bisabolene epoxide	495-62-5	NA	NA	31.33	15.00	28.93	31.73	1586	1586	0.04
77F	Caryophyllene oxide	1139-30-6	c	sweet fresh dry woody spicy	31.44	15.00	28.93	31.73	1581	1589	0.04
Phenolic Compounds											
58P	Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	644-30-4	u	herbal	28.45	14.00	26.00	28.93	1483	1483	0.01
60P	Naphthalene	91-20-3	NA	NA	28.64	14.00	26.00	28.93	1486	1490	1.70
89P	Naphthalene, 1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-	483-78-3	NA	NA	33.85	16.00	31.73	34.40	1674	1679	0.01

c = chili g = garlic u = curmin s = shallot k = kaffir lime peel l = galangal m = lemon grass w = cedarwood

b = basil ND ย่อมาจาก Not Detected (น้อยกว่า 0.01 % Normalization) NA ย่อมาจาก Not Available

ตารางที่ 3-6 : แสดงข้อมูลและ % Normalization สารระเหยง่ายที่ตรวจพบในน้ำพริกแกงแดงและสมุนไพร เครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบ

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	RI lit	RI EXP	%Normalization of Herb from Reference						
								Chilli	shallot	galangal	garlic	kaffir lime peel	lemon grass	curmin
Hydrocarbon														
1H	α-Thujene	2867-05-2	c, l, k, u	woody green herb	10.18	929	926	0.02	ND	0.10	ND	0.23	ND	0.9
2H	α-Pinene	2437-95-8	l, k, u	Woody, piney and turpentine-like,	10.40	937	932	ND	ND	1.10	ND	3.05	ND	0.2
3H	Camphene	79-92-5	c, k	woody herbal fir needle	10.90	952	948	0.03	ND	ND	ND	0.15	ND	ND
5H	β-Pinene	127-91-3	c, l, k, u	sweet fresh pine woody hay gree	11.89	979	977	0.25	ND	1.50	ND	19.60	ND	9.5
7H	β-Myrcene	123-35-3	c, l, k, u	peppery terpene spicy balsam plastic	12.29	991	990	0.04	ND	0.90	ND	1.81	ND	0.1
8H	α-Phellandrene	99-83-2	u	Citrus, terpenic, slightly green	12.78	1005	1004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6
9H	α-Terpinene	99-86-5	l, u	Citrusy, woody, terpy	13.19	1017	1016	ND	ND	0.80	ND	ND	ND	0.1
10H	Limonene	138-86-3	c, k, u	terpene pine herbal peppery	13.74	1030	1032	0.35	ND	ND	ND	19.83	ND	0.1
12H	γ-Terpinene	99-85-4	k, u	Terpy, sweet, citrus	14.65	1060	1058	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	10.5
15H	isoterpinolene	586-63-0	u	fresh woody sweet pine citrus	15.68	1086	1087	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
35H	δ-Eiemene	249404	c	Fried, Spice, Wood	24.00	1338	1336	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37H	α-Cubebene	17699-14-8	l, r, c	herbal waxy	24.40	1351	1349	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
40H	Copaene	3856-25-5	c, l	woody spicy honey	25.28	1376	1377	9.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
42H	β-cubebene	13744-15-5	c, l, r	herbal waxy	25.69	1389	1390	2.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND
43H	β-Elemene	33880-83-0	c, m	herbal waxy fresh	25.75	1391	1392	0.51	ND	ND	ND	ND	ND	ND
44H	(+)-Sativene	6566324	w	NA	25.88	1396	1396	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
45H	isocaryophyllene	118-65-0	c	woody spicy	26.25	1406	1408	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
46H	Isocaryophyllene	118-65-0	m	woody spicy	26.25	1406	1408	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	RI lit	RI EXP	%Normalization of Herb fromReference						
								Chilli	shallot	galangal	garlic	kaffir lime peel	lemon grass	curmin
47H	Cedr-8-ene	469-61-4	w	cedarwood woody	26.43	1411	1414	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
48H	Caryophyllene	**87-44-5**	c, l	sweet woody spice clove dry	26.65	1419	1422	0.60	ND	1.20	ND	ND	ND	ND
49H	Cedrene	469-61-4	w	cedarwood woody	26.87	1422	1429	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50H	γ-Elemene	2207780		NA	26.98	1433	1433	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51H	α-Guajene	88-84-6	B, W	sweet woody dry	27.14	1439	1438	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
52H	Aromandendrene	25246-27-9	C	spoce	27.22	1440	1441	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
53H	Neoclovene	56684-96-9	NA	NA	27.51	1454	1451	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
54H	(E)-β-Famesene	18794-84-8	NA	NA	27.63	1457	1455	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
55H	cis-Muurola-4(15),5-diene	91747213	b	NA	27.91	1463	1465	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
56H	γ-HIMACHALENE	4381612	w	NA	28.20	1477	1475	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
57H	γ-Muurolene	2044551	C	herbal woody spice	28.30	1477	1478	0.23	ND	ND	ND	ND	ND	ND
59H	β-Guaiene	88-84-6	m	sweet woody dry	28.52	1490	1486	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
61H	δ-Selinene	28624-23-9	m	NA	28.73	1493	1493	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62H	α-Selinene	473-13-2	m	amber	28.88	1494	1498	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63H	α-Muurolene	10208-80-7	l, b	NA	28.97	1499	1501	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
64H	β-Bisabolene	2044624	l,m	balsamic citrus myrrh	29.22		1510	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
65H	γ-Cadinene	1460-97-5	NA	fresh woody longifolone	29.41	1513	1517	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
66H	(-)-α-Panasinsen	56633-28-4	l	NA	29.53	1527	1521	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
67H	Cadina-1(10),4-diene	483-76-1	l	thyme herbal woody dry	29.69	1524	1527	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
68H	(E)-γ-Bisabolene	2207172	c	balsamic citrus myrrh	29.86	1533	1533	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	RI lit	RI EXP	%Normalization of Herb fromReference						
								Chilli	shallot	galangal	garlic	kaffir lime	lemon gr	curmin
69H	Cadine-1,4-diene	16728-99-7	NA	NA	29.92	1533	1535	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
70H	Selina-3,7(11)-diene	6813-21-4	m	NA	30.06	1542	1540	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
71H	α-Calacorene	21391-99-1	NA	woody	30.24	1542	1546	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
72H	Cadala-1(10),3,8-triene	21391-99-1	NA	NA	30.30	1555	1548	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
75H	β-Calacorene	50277-34-4	c	NA	30.79	1563	1566	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
80H	α-Corocalene	20129-39-9	NA	NA	32.40	1623	1625	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
92H	Heptadecane	629-78-7	C	spice	34.32	1700	1697	0.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alcohol														
11A	Eucalyptol	470-82-6	C	Minty, cooling piney, camphoraceous,	13.78	1032	1033	0.04	ND	0.53	ND	ND	ND	ND
13A	cis-Linalool oxide	60047-17-8	c, l	floral herbal earthy green	15.16	1074	1073	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16A	Linalool	78-70-6	l, k, m, u	citrus floral sweet rose woody green blueberry	16.07	1099	1099	ND	ND	0.10	ND	0.01	3.00	0.1
17A	cis-para-2-menthen-1-ol	29803-82-5	NA	NA	16.89	1122	1122	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19A	Isopulegol	89-79-2	c	minty cooling woody green grassy herbal	17.69	1146	1146	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21A	dl-Isopulegol	59905-53-2	m	minty cooling woody green	18.07	1163	1157	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22A	laevo-borneol	464-45-9	t	pine woody camphor	18.40	1166	1166	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23A	isothujol	513-23-5	s	NA	18.51	1168	1169	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24A	Terpinen-4-ol	562-74-3	l	pepper woody earth musty sweet	18.88	1177	1180	ND	ND	0.03	ND	ND	ND	ND
26A	α-Terpineol	98-55-5	l	minty menthol spearmint herbal	19.28	1189	1191	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND
27A	DIHYDROCARVEOL	619-01-2	m	minty menthol spearmint herbal	19.84	1192	1209	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28A	exo-2-Hydroxycineole	92999-78-5	b	minty clean fresh eucalyptus	20.34	1224	1223	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29A	Citronellol	106-22-9	k	floral leather waxy rose bud citrus	20.45	1228	1227	ND	ND	ND	ND	0.12	ND	ND

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	RI lit	RI EXP	%Normalization of Herb fromReference						
								Chilli (C)	shallot (S	galangal (	garlic (G)	kaffir lime	lemon gr	curmin (l
31A	Geraniol	106-24-1	m	sweet floral fruity rose waxy citrus	21.40	1255	1256	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
73A	Elemol	639-99-6	c	spicy citrus woody resinous	30.38	1549	1551	0.93	ND	ND	ND	ND	ND	ND
74A	Ledol	577-27-5	NA	NA	30.62		1560	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
78A	Viridiflorol	552-02-3	NA	NA	31.96	1591	1608	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79A	Selin-6-en-4α-ol	118173-08-3	NA	NA	32.35	1636	1623	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
81A	Epicubenol	6567253	NA	NA	32.59	1627	1632	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82A	γ-Eudesmol	1209-71-8	m, l	waxy sweet	32.69	1631	1636	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
83A	Cubenol	6567253	NA	freshly plowed soil earthy	32.78	1642	1639	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84A	Cadinol	481-34-5	c, k	balsamic earthy	32.96	1640	1646	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
85A	α-Muurolol	19912-62-0	l	herbal honey	33.05	1645	1649	ND	ND	0.50	ND	ND	ND	ND
86A	α-Cadinol	481-34-5	c	herb wood	33.30	1653	1658	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
87A	5β,10α-Eudesm-11-en-4-ol	6168-59-8	NA	NA	33.44	1667	1664	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
90A	Cedren-13-ol, 8-	18319-35-2	c	NA	33.98	1688	1684	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfide Compound														
4S	3H-1,2-Dithiole	534-25-8	g	sulfury meaty	11.29	952	959	ND	ND	ND	1.47	ND	ND	ND
14S	Diallyl disulphide	2179-57-9	s, g	Alliceous, onion and garlic	15.39	1081	1079	ND	0.13	ND	26.67	ND	ND	ND
18S	Trisulfide, methyl 2-propenyl	3658-80-8	s, g	alliaceous creamy garlic onion	17.43	1142	1138	ND	9.20	ND	3.37	ND	ND	ND
25S	3-Vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene	62488-52-2	s, g	NA	19.16	1198	1188	ND	1.22	ND	0.70	ND	ND	ND
94S	α-Mintsulfide	72445-42-2	NA	NA	35.51	1744	1744	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldehyde														
20D	Citronellal	106-23-0	k, m	sweet dry floral herbal waxy aldehydic citrus	17.91	1153	1152	ND	ND	ND	ND	7.82	3.80	ND
30D	β-Citral	5392-40-5	m	sharp lemon sweet	20.90	1240	1241	ND	ND	ND	ND	ND	19.70	ND

Peak	Compound	CAS	Ingredient	Odor	RT	RI lit	RI EXP	%Normalization of Herb fromReference						
								Chilli	shallot	galangal	garlic	kaffir lime	lemon gr	curmin
32D	α-Citral	7549-37-3	m, k	sharp lemon sweet	21.86	1270	1270	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
33D	Citral	1721871	m	sharp lemon sweet	22.25	1276	1282	ND	ND	ND	ND	ND	23.90	ND
88D	(E)-Tetradec-2-enal	51534-36-2	NA	NA	33.74	1673	1675	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ester														
34E	Bornyl acetate	20347-65-3	c	balsam camphor herbal woody sweet	22.36	1285	1285	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
36E	1,3,3-Trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octan-5-yl acetate	81781-24-0	NA	NA	24.15	1343	1341	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
38E	Citronellol acetate	150-84-5	k	floral green rose fruity citrus woody tropical fruit	24.45	1354	1350	ND	ND	ND	ND	0.14	ND	ND
39E	Nerol acetate	141-12-8	m	floral rose soapy citrus dewy pear	24.83	1364	1363	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
41E	Geranyl acetate	105-87-3	m	floral rose lavender green waxy	25.40	1382	1381	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
91E	Nerolidyl acetate	2306-78-7	c	spice	34.16	1687	1691	0.79	ND	ND	ND	ND	ND	ND
95E	Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	NA	oily waxy fatty orris	40.00	1926	1929	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ketone														
6K	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	110-93-0	m	Citrus green musty lemongrass apple	12.22	986	988	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
93K	Juniper camphor		NA	NA	34.43	1692	1701	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ether								ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
76F	trans-Z-α-Bisabolene epoxide	495-62-5	NA	NA	31.33	1586	1586	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
77F	Caryophyllene oxide	1139-30-6	c	sweet fresh dry woody spicy	31.44	1581	1589	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenolic Compounds														
58P	Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	644-30-4	u	herbal	28.45	1483	1483	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
60P	Naphthalene	91-20-3	NA	NA	28.64	1486	1490	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
89P	Naphthalene, 1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-	483-78-3	NA	NA	33.85	1674	1679	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

c = chili g = garlic u = curmin s = shallot k = kaffir lime peel l = galangal m = lemon grass w = cedarwood

b = basil ND ย่อมาจาก Not Detected (น้อยกว่า 0.01 % Normalization) NA ย่อมาจาก Not Available

ตารางที่ 3-7 : แสดง % Normalization รวมของกลุ่มสารประกอบที่ตรวจพบร่วมกันในพริกแกงแดงตัวอย่างและสมุนไพรเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบ

Peak	%Normalization			%Normalization of Herb fromReference						
	Brand I	Brand I	Brand I	Chilli	shallot	galangal	garlic	kaffir lime peel	lemon grass	curmin
Hydrocarbon	27.84	*	*	11.25	ND	5.400	4.4	44.68	ND	22.5
Alcohol	13.92	*	*	1.00	ND	1.180	ND	0.13	3.00	0.1
Sulfide Compound	6.96	*	*	ND	10.80	ND	32.21	ND	ND	ND
Aldehyde	3.48	*	*	ND	ND	ND	ND	7.82	47.40	ND
Ester	1.74	*	*	0.79	ND	ND	ND	0.14	ND	ND
Ketone	0.02	*	*	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenolic Compounds	1.72	*	*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*หมายเหตุ ไม่สามารถแสดงข้อมูลสารระเหยง่ายหลักเรียงตาม % Normalizationของพริกแกงแดงตรา II ได้อันเนื่องมาจากหมายเหตุที่ระบุในข้อที่ 3.0

อย่างไรก็ตามการพิจารณาระบุชนิดสารระเหยง่ายที่พบร่วมกันระหว่างเครื่องแกงแดงตัวอย่างและสมุนไพรเครื่องเทศจากข้อมูลอ้างอิงนั้น อาจมีข้อผิดพลาดเนื่องมาจากการไม่ทราบช่วงค่าความเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ที่มาจากการเปรียบเทียบค่า RI lit. ซึ่งค้นคว้าเพิ่มเติมจากฐานข้อมูล ทำให้ความแม่นยำในการพิจารณาระบุชนิดสารน้อยลง เพราะ หากค่า RI ที่พิจารณาไม่ได้ค่าอยู่ในช่วงยอมรับได้แสดงว่าสารนั้นไม่ควรยอมรับว่าตรวจพบในสารตัวอย่างด้วย

เมื่อพิจารณาตารางที่ 3-7 แล้วนำข้อมูลที่ได้มารวมหา % Normalization ของแต่ละกลุ่มสารประกอบ ดังตารางที่ 3-6 และ 3-7 พบว่าปริมาณของสารระเหยง่ายที่มีอยู่ร่วมกันของพริกแกงตัวอย่างและสมุนไพรเครื่องเทศ มีองค์ประกอบและปริมาณดังนี้

พริก ได้แก่ Hydrocarbon (11.25%), Alcohol (1.00%), Ester (0.79%) และ Ketone (0.60%)

หอมแดง ได้แก่ Sulfide Compounds (10.80%) และจากการหาข้อมูลเพิ่มเติมองค์ประกอบหลักข Ketone (5.40%), Hydrocarbon (4.42%) และ Ester (1.39%)

ข่า ได้แก่ Hydrocarbon (3.20%), Alcohol (1.18%)

กระเทียม ได้แก่ Hydrocarbon (4.40%) และ Sulfide Compounds (32.10%)

ผิวมะกรูด ได้แก่ hydrocarbon(44.68%), Alcohol(0.13%), Aldehyde (7.82%) และ Ester (0.14%)

ตะไคร้ ได้แก่ Alcohol (3.00%) และ Aldehyde (47.40%)

ยี่หร่า ได้แก่ hydrocarbon (22.5%) และ Alcohol (0.1%)

ในการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในพริกแกงแดงตัวอย่าง พีกของสารระเหยง่ายในตัวอย่างพริกแกงพบว่าตรงกับพีกของสารระเหยง่ายหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ในสมุนไพรดังที่รายงานผลข้างต้นด้วย นั่นแสดงว่า เครื่องแกงตัวอย่างน่าจะมีสมุนไพรทั้ง 7 ชนิดข้างต้นเป็นส่วนประกอบ กล่าวคือประกอบด้วย พริก หอมแดง ข่า กระเทียม ผิวมะกรูด ตะไคร้ และ ยี่หร่า ซึ่งสารที่พบตรงกันมีดังนี้

α-Thujene(0.02%), Camphene(0.03%), β-Pinene(0.25%), β-Myrcene(0.04%), Limonene (0.35%), Copaene (9.13%), β-cubebene(2.21%), β-Elemene (0.51), isocaryophyllene(0.60%), Caryophyllene (0.60%), γ-Muurolene (0.23%) ที่พบในพริกแกงแดงเป็นสารตัวเดียวกับที่พบในพริก

Diallyl disulphide (0.13%) Trisulfide, methyl 2-propenyl (9.20%) และ 3-Vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene(1.22%) เป็นสารตัวเดียวกับที่พบในหอมแดง

α-Thujene (0.10), α-Pinene (1.19%), β-Pinene (1.50%), β-Myrcene(0.90%), α-Terpinene (0.80%), Caryophyllene (1.20%), Eucalyptol (0.53%), Linalool (0.10%), Terpinen-4-ol (0.03%), α-Terpineol (0.02%) และ α-Muurolol (0.50%) เป็นสารตัวเดียวกับที่พบในข่า

3H-1,2-Dithiole (1.47%), Diallyl disulphide (26.67%), Trisulfide, methyl 2-propenyl (3.37%) และ 3-Vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene (0.70%) โดยเฉพาะสารประเภทซัลไฟด์เป็นสารตัวเดียวกับที่พบในกระเทียม

α-Thujene (0.23%), α-Pinene (3.15%), Camphene (0.15%), β-Pinene (19.6%), β-Myrcene (1.81%), Limonene (19.83%), γ-Terpinene (0.02%), Linalool (0.01%), Citronellol (1.12%), Citronellal (7.82%) และ Citronellol acetate (0.14%) เป็นสารตัวเดียวกับที่พบในผิวมะกรูด

Linalool (3.00%), Citronellal (3.80%), β-Citral (19.70%) และ Citral (23.90%) มาจากตะไคร้

α-Thujene (0.90%), α-Pinene (0.2%), β-Pinene (9.5%), β-Myrcene (0.1%), α-Phellandrene (0.6%), α-Terpinene (0.1%), Limonene (0.1%), γ-Terpinene (10.5%), isoterpinolene (0.5%) และ Linalool (0.1%) เป็นสารตัวเดียวกับที่พบในยี่หร่า

สำหรับตัวอย่างพริกแกงตราอื่น ๆ ได้แก่ ตราแม่ศรี และ ตรา Blue elephant ซึ่งไม่สามารถทำการทดลองได้ด้วยสาเหตุในข้อชี้แจงที่ 3.0 หากแต่สามารถคาดเดาผลการทดลองได้ว่า เมื่อทำการทดลองระบุชนิดสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบในพริกแกงแดงตัวอย่างทั้ง 2 ยี่ห้อแล้ว ชนิดของสารระเหยที่ได้จะมีความแตกต่างกันเพราะมีสูตรส่วนผสมที่ต่างกัน และอาจมีสารบางชนิดร่วมกันเพราะมาจากการประกอบด้วยสมุนไพรเครื่องเทศชนิดเดียวกัน เช่น สารประกอบประเภทซัลไฟด์บางชนิดที่คาดว่ามาจากทั้งกระเทียมและหอมแดง หรือ สารประกอบจำพวก citral citronellal ซึ่งคาดว่ามาจาก ตะไคร้ และ มะกรูด เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการยืนยันและเปรียบเทียบความแตกต่างของสารระเหยง่ายหลักที่พบได้ในพริกแกงแดงตัวอย่างจากต่างแหล่งที่มาทั้ง 3 แหล่ง ควรที่จะมีการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ต่อไป

หลักการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์

นำผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงทั้ง 3 แหล่ง โดยแต่ละแหล่งอาจทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้งเป็นอย่างต่ำ รวมทั้งสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงทั้ง 7 ชนิดได้แก่ พริก กระเทียม หอมแดง ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด และ ยี่หร่า มาทำการทดลองซ้ำอย่างละ 6 ครั้ง ผลที่ได้แสดงข้อมูลโครมาโทแกรมร่วมกับข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารเทียบจาก ฐานข้อมูล NIST Library จากนั้นรวมพื้นที่ใต้พีกและคิดเป็น %Normalization แล้วนำมาวิเคราะห์โดยวิธีเคโมเมทริกซ์ ชนิด PCA ด้วยโปรแกรม XLSTAT 2019

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสารระเหยง่ายในพริกแกงแดงทั้ง 3 แหล่งแล้ว อาจจะสามารถแยกข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มได้ ซึ่งแสดงว่าน้ำพริกแกงแดงทั้ง 3 แหล่งจากผลทดลองซ้ำ 6 ครั้ง มีองค์ประกอบและจำนวนของสารระเหยง่ายสำคัญแตกต่างกัน หรืออาจจะมีบางส่วนของแต่ละกลุ่มข้อมูลที่ไม่สามารถแยกออกจากกันอย่างชัดเจนด้วยมีสารระเหยง่ายสำคัญบางตัวที่เป็นองค์ประกอบร่วมกันกับพริกแกงชนิดอื่นนั่นเอง

บทที่ 4
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบุเอกลักษณ์สารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างพริกแกงแดงสำเร็จรูปจากต่างแหล่งที่มา 3 แหล่ง และสมุนไพรเครื่องเทศที่เป็นส่วนผสมของน้ำพริกแกงแดง 7 ชนิด ได้แก่ พริก กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด หอมแดง และ ยี่หร่า เริ่มจากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมสารตัวอย่างด้วยการสกัดโดยใช้เทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟส ไมโครเอ็กซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (HS-SPME-GC-MS) ที่สภาวะอุณหภูมิการสกัด และ สภาวะระยะเวลาการสกัดต่างกัน ผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทำการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างน้ำพริกแกงแดงคือ 60 $^{\circ}$C เป็นระยะเวลา 60 นาที เนื่องจากให้พื้นที่รวมใต้พีกมากที่ที่สุด ที่ระยะเวลาการปลดปล่อยสารลงส่วนฉีดสารของเครื่องมือ GC-MS 5 นาทีและมีการให้ความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิก่อนการสกัด 10 นาที

หลังจากที่ได้สภาวะที่ดีที่สุดในการการเตรียมสารตัวอย่างแล้วจึงทำการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายหลักในตัวอย่างพริกแกงแดงโดยใช้ข้อมูลโครมาโทแกรมร่วมกับข้อมูลแมสสเปกตรัมเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST Library เพื่อระบุชนิดองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยหายที่ตรวจพบและเป็นการยืนยันการระบุชนิดของสารด้วยค่า LRI (Linear Retention Index) ของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐานคาร์บอน C_8 – C_{20} ผลจากการวิเคราะห์พบว่ามีสารระเหยง่ายสำคัญทั้งหมด 95 สาร เป็นของพริก 17 สาร หอมแดง 2 สาร ข่า 11 สาร กระเทียม 4 สาร ผิวมะกรูด 11 สาร ตะไคร้ 4 สาร และ ยี่หร่า 10 สาร เป็นสารกลุ่มแอลกอฮอลล์ อัลดีไฮด์ ซัลไฟด์ เอสเทอร์ อีเทอร์ คีโตน ซึ่งสารระเหยง่ายหลักสำคัญของพริกแกงแดงได้แก่ กระเทียมและหอมแดงที่พบเป็นสารประกอบกลุ่มซัลไฟด์ พริกที่พบเป็น ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอลล์ เอสเทอร์ และ อัลดีไฮด์ ตะไคร้ที่พบเป็นสารกลุ่มไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ แอลกอฮอลล์ และ เอสเทอร์ ตามลำดับ

หากนำพื้นที่ใต้พีกของสารระเหยง่ายของน้ำพริกแกงแดงจากต่างแหล่งที่มา ทั้ง 3 แหล่ง มาคำนวณหาค่า % Normalization เพื่อใช้ในการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA ด้วยโปรแกรม XLSTAT 2019 ต่อไปจะทำให้สามารถแบ่งกลุ่มสารตัวอย่างออกจากกันเพื่อเทียบความแตกต่างของข้อมูลได้

เอกสารอ้างอิง

1. Panipa, J.; Thumnoon, N.; Chadin, K.; Characterization of Aroma-Active Volatile Compounds in Tom Yum Soup By Gas Chromatography-Mass Spectrometry combined with Sensory Evaluation Techniques. http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream, **2017**.
2. สุดารัตน์ หอมหวล, ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร. February 21, **2019**. http://www.medplant.mahidol.ac.th
3. Pongsetkul, J.; Benjakul, S.; Sampavapol, P.; Osako, K.; Faithong, N., Chemical compositions sensory and antioxidative properties of salted shrimp paste (Ka-pi) in Thailand. *Interna -tional Food Research Journal* **2015,** 22(4), 1454-1465
4. Leonés, A.; Durán-Guerrero, E.; Carbú, M.; Cantoral, J. M.; Barroso, C. G.; Castro, R., Development of vinegar obtained from lemon juice: Optimization and chemical characterization of the process. *LWT-Food Science and Technology* **2019**, 100, 314-321.
5. Giri, A.; Osako, K.; Okamoto, A.; Ohshima, T., Olfactometric characterization of aroma active compounds in fermented fish paste in comparison with fish sauce, fermented soy paste and sauce products. *Food Research International* **2010**, 43(4), 1027-1040.
6. Songsuda, Solid Phase Microextraction (SPME), http://www.sec.psu.ac.th/web-board
7. Jirasawat, P.; Siree C.; Volatile Compounds in Thai Robusta Coffee. http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF, **2556**
8. Akkad, R.; Kharraz, E.; Han, J.; House, J. D.; Curtis, J. M., Characterisation of the volatile flavour compounds in low and high tannin faba beans (Vicia faba var. minor) grown in Alberta, Canada. *Food Research International*, **2019**, 120, 285-294.
9. Jin Y.; Yuangong Z.; Zhenmin L.; Yafang L., Characterization of Volatile Compounds in Microfiltered Pasteurized Milk Using Solid-Phase Microextraction and GC×GC-TOFMS. International Jornal of Food Properties, **2014**, 2193-2212
10. Ziolkowska, A.; Wasowicz, E.; Jelen, H. H., Differentiation of wines according to grape variety and geographical origin based on volatiles profiling using SPME-MS and SPME-GC/MS methods. *Food Chemistry* **2016**, 213, 714-720.
11. Jin L.; Zong-cai T.; Lu Z., Characterization of Volatile Compounds in Grass Carp (Ctenopharyngodon idellus) Soup Cooked Using a Traditional Chinese Method by GC–MS, Jornal of Food Processing and Preservation, **2016**, 1565-1571.

12. Arthur, C.L.; Pawliszyn, J., Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical Chemistry* **1990**, 62, 2145-2148.
13. ภัทรสุภา พานิชนก, แกงแดง แกงเผ็ด, 1 สิงหาคม พ.ศ. **2549**, อาหารไทยภาคกลาง
14. ณวรา เปลี่ยนบุญเลิศ, ถอดรหัสพริกแกงไทย, 2019, https://krua.co/cooking/cook-to-know/
15. สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุ, ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสมุนไพร, **2541** http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Food_Engineering
16. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, คู่มือพริก , **2525** , 9, http://www.srbr.in.th:81/Health/Capsicum.htm
17. ประโยชน์ของพริก, R & D News & letter ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เดือนเม.ย. - มิ.ย., **2541**, 1-3
18. Michael A.; Janet A., Herb That Heal Prescription For Herbal Healing. USA, Quantum Books 6 Knoll Lane Mill Valley, **1994**, CA94941.
19. กระเทียมสมุนไพรที่ให้ประโยชน์ทางยา, Nutrilite, **2019**, https://www.nutrilite.co.th/th/article
20. วรวุฒิ สมศักดิ์, สุกัญญา ชาชิโย, สมเดช ศรีชัยรัตนกุล, ฤทธิ์ของสารสกัดหอมแดงต่อความเสียหายของตับและไตจากการติดเชื้อมาลาเรีย Plasmodium berghei ในหนูทดลอง. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติครั้งที่ 6, **2558**
21. ตะไคร้, Review Article, Thai J Pharmacol, **2012**, Department of Pharmacology, https://www.tci-thaijo.org/index.php/TJP/article
22. ผลการศึกษาความเป็นพิษของพืช 13 ต้นที่อยู่ในบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, มหาวิทยาลัยมหิดล, http://www.phargarden.com/main.phpactionviewpagepid=22
23. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=99)
24. Ara D.; John A.; Eighth edition, edited by Ara DerMarderosian and John A. Beutler., The Review of Natural Products. **2004**, Pages 291-292
25. ยี่หร่าขับสารพิษ, https://prayod.com/ยี่หร่า-ขับสารพิษ, **2014.**
26. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวสมุนไพร, ยี่หร่า, หมอชาวบ้าน, http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/, **2014**
27. สารระเหยง่าย, กองความปลอดภัยแรงงาน https://www.si.mahidol.ac.th/th/research-academics/
28. การแบ่งกลุ่มน้ำมันหอมระเหย, http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Food_Engineering/, **2015**
29. Kung Krabaen Bay Royal Development Study Center, “Herbal Processing,” Kung Krabaen Bay Royal Development Study Center, Chanthaburi, Thailand, **2013** (in Thai).

30. Jeevan K.; Stephen B.; Studies in Natural Products Chemistry, **2016**, Volume 47, Pages 201-214
31. Junior, S. B.; de Marchi Tavares de Melo, A.; Zini, C. A.; Godoy, H. T., Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction. *Journal of Chromatography A* **2011**, 1218 (21), 3345-50.
32. Patel, K.; Ruiz, C.; Calderon, R.; Marcelo, M.; Rojas, R., Characterisation of volatile profiles in 50 native Peruvian chili pepper using solid phase microextraction-gas chromatography mass spectrometry (SPME-GCMS). *Food Research International* **2016**, 89 (Pt 1), 471-475.
33. Tyagi, A. K.; Gottardi, D.; Malik, A.; Guerzoni, M. E., Chemical composition, in vitro anti-yeast activity and fruit juice preservation potential of lemon grass oil. *LWT-Food Science and Technology* **2014**, 57(2), 731-737.
34. Annick D.; Edwige A.; Guy S.; Ewout R., Characterization of volatile compounds from three *Cymbopogon* species and *Eucalyptus citriodora* from Benin and their insecticidal activities against *Tribolium castaneum* Volume 76, 15 December **2015**, Pages 306-317
35. Molina-Calle, M.; Priego-Capote, F.; Luque de Castro, M. D., Headspace–GC–MS volatile profile of black garlic vs fresh garlic: Evolution along fermentation and behavior under heating. *LWT-Food Science and Technology* **2017**, 80, 98-105.
36. Prabohd S.; Jonathan D., The Chemical Compositions of the Volatile Oils of Garlic (Allium sativum) and Wild Garlic (Allium vineale). MDPI, **2017**
37. Dima M.; Anne S., Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Six Essentials Oils from the Alliaceae Family. Molecules **2014**, 19, 20034-20053.
38. Rana V.; Mercedes V., GC and GC/MS Analysis of the Volatile Constituents of the Oils of Alpinia galanga (L.) Willd and A. officinarum Hance Rhizomes. Journal of Essential Oil Research, **2010**
39. Nurhani K.; Sakariya M., Extraction of Citrus hystrix D.C. (Kaffir Lime) essential oil using automated steam distillation process: Analysis of volatile compounds. Malaysian Journal of Analytical Sciences, **2013**, 17(3):359-369
40. Hichum B., Characterization of Aroma Active Compounds of Cumin (Cuminum Cyminum L.) Seed Essential Oil. Juniper Publisher, **2019**

41. แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. Principles and techniques of instrumental analysis. ชวนพิมพ์, **2539**, 921-928.
42. อภิญญา นวคุณ, วิธีการเตรียมตัวอย่างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการสกัดระดับจุลภาค Environmental Friendly Sample Preparation Method by Microextraction. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา Department of Chemistry, Faculty of Science, Burapha University, **2019**
43. Arthur, C.L.; Pawliszyn, J., Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical Chemistry* **1990**, 62, 2145-2148.
44. เครื่องตรวจจับมวลรวม โดยการเตรียมตัวอย่างแบบ Headspace, ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(STDB), มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง **2559**-07-21
45. Yanling H., GC-MS Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, http://cste.sut.th/cste, **2012**-07-20
46. Applications of Chromatography Hyphenated Techniques in the Field of Lignin Pyrolysis Shubin Wu, Gaojin Lyu, Rui Lou, Applications of Gas Chromatography, March **2012**
47. คู่คิดพิชิต GC-MS คณะกรรมการจัดการความรู้ (KM) ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์, http://nakhonsawan.dmsc.moph.go.th/2017/file/คู่คิดพิชิต, **2556**
48. แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. Principles and techniques of instrumental analysis. ชวนพิมพ์, **2539**, 921-928.
49. Ramnatee N., 2 สิ่งสำคัญก่อนใช้เครื่องGC, https://www.slideshare.net/ramnareenetvichian/ **2016**

ภาคผนวก

ตาราง ก-1 : แสดงค่า %Normalization ของการทดลองระบุชนิดสารระเหยง่ายในเครื่องแกงตัวอย่าง Brand I

Peak	RT	RI lit	RI EXP	%N Brand I	%N 1	%N 2	%N 3	%N 4	%N 5	%N 6
1H	10.18	929	926	0.11	0.078	0.099	0.159	0.065	0.071	0.190
2H	10.4	937	933	0.58	0.430	0.442	0.897	0.338	0.374	1.017
3H	10.9	952	948	0.10	0.081	0.095	0.100	0.094	0.096	0.105
4S	11.29	952	960	0.24	0.074	0.086	0.419	0.092	0.090	0.707
5H	11.89	979	978	4.83	3.600	3.925	7.169	3.621	3.396	7.292
6H	12.22	986	988	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083
7H	12.29	991	990	0.97	0.755	0.792	1.631	0.643	0.653	1.350
8H	12.78	1005	1005	0.19	0.279	0.181	0.207	0.146	0.127	0.193
9H	13.19	1017	1016	0.57	0.418	0.484	0.856	0.310	0.325	1.051
10H	13.74	1030	1032	9.04	6.403	7.446	13.308	5.664	5.702	######
11A	13.78	1032	1033	0.52	0.858	0.541	0.201	0.507	0.457	0.554
12H	14.65	1060	1058	0.93	0.457	0.740	1.525	0.507	0.567	1.755
13A	15.16	1074	1073	2.41	2.615	2.157	1.866	3.215	2.727	1.884
14S	15.39	1081	1079	0.44	0.271	0.319	0.789	0.160	0.228	0.882
15H	15.68	1086	1088	1.82	1.850	1.581	1.707	2.225	2.063	1.515
16A	16.07	1099	1099	0.79	0.722	0.652	0.986	0.677	0.626	1.053
17A	16.89	1122	1123	0.09	0.110	0.106	0.032	0.151	0.125	0.045
18S	17.43	1142	1138	0.24	0.127	0.119	0.431	0.123	0.129	0.514
19A	17.69	1146	1146	1.60	1.746	1.814	1.615	1.544	1.526	1.381
20D	17.91	1153	1152	7.01	9.019	8.712	1.983	10.190	9.904	2.282
21A	18.07	1163	1157	0.58	0.641	0.710	0.552	0.539	0.541	0.507

Peak	RT	RI lit	RI EXP	%N Brand I	%N 1	%N 2	%N 3	%N 4	%N 5	%N 6
22A	18.4	1166	1166	0.09	0.094	0.096	0.073	0.099	0.101	0.068
23	18.51	1168	1170	0.10	0.093	0.103	0.109	0.102	0.114	0.065
24A	18.88	1177	1180	10.72	11.199	10.799	10.252	11.860	#####	9.656
25H	19.16	1198	1188	0.09	0.036	0.056	0.151	0.000	0.000	0.276
26A	19.28	1189	1192	4.57	5.048	4.512	3.538	5.619	5.393	3.281
27A	19.84	1192	1209	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043
28E	20.34	1224	1224	0.07	0.086	0.079	0.047	0.098	0.116	0.022
29A	20.45	1228	1227	1.34	1.381	1.228	1.273	1.406	1.543	1.225
30D	20.9	1240	1241	0.33	0.259	0.118	0.561	0.191	0.224	0.616
31A	21.4	1255	1256	0.24	0.178	0.208	0.163	0.311	0.345	0.223
32D	21.86	1270	1270	1.63	1.809	1.607	1.459	1.943	1.666	1.287
33D	22.25	1276	1282	0.10	0.120	0.111	0.053	0.156	0.124	0.020
34E	22.36	1285	1285	0.02	0.011	0.017	0.029	0.000	0.004	0.036
35H	24	1338	1337	1.68	4.738	1.076	0.882	1.224	1.438	0.699
36E	24.15	1343	1341	4.27	4.738	4.150	2.993	5.640	5.405	2.681
37H	24.4	1351	1349	0.15	0.134	0.153	0.213	0.134	0.113	0.171
38E	24.45	1354	1351	1.18	1.156	1.282	1.479	0.910	0.926	1.345
39E	24.83	1364	1363	0.19	0.182	0.185	0.118	0.295	0.215	0.138
40H	25.28	1376	1377	1.77	1.223	1.336	3.166	0.884	0.893	3.108
41E	25.4	1382	1381	0.44	0.329	0.462	0.558	0.417	0.361	0.514
42H	25.69	1389	1390	0.21	0.158	0.121	0.394	0.139	0.114	0.345
43H	25.75	1391	1392	1.62	1.465	1.651	2.155	1.143	1.220	2.114
44H	25.88	1396	1396	0.03	0.028	0.025	0.037	0.014	0.035	0.037

Peak	RT	RI lit	RI EXP	%N Brand I	%N 1	%N 2	%N 3	%N 4	%N 5	%N 6
45H	26.25	1406	1409	1.45	1.046	1.145	2.224	0.857	0.893	2.557
46H	26.25	1406	1409	1.45	1.046	1.145	2.224	0.857	0.893	2.557
47H	26.43	1411	1415	0.02	0.017	0.020	0.080	0.000	0.000	0.019
48H	26.65	1419	1422	2.50	2.155	2.404	3.876	1.618	1.682	3.247
49H	26.87	1422	1430	0.13	0.109	0.116	0.199	0.069	0.081	0.229
50H	26.98	1433	1433	1.04	1.119	1.135	1.119	0.864	0.970	1.039
51H	27.14	1439	1439	0.09	0.067	0.072	0.177	0.050	0.058	0.135
52H	27.22	1440	1442	0.06	0.070	0.046	0.077	0.037	0.032	0.104
53H	27.51	1454	1452	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
54H	27.63	1457	1456	3.26	3.282	3.561	3.614	2.877	2.996	3.254
55H	27.91	1463	1465	0.04	0.036	0.042	0.046	0.026	0.063	0.034
56H	28.2	1477	1475	0.07	0.045	0.089	0.109	0.044	0.091	0.052
57H	28.3	1477	1478	0.33	0.345	0.330	0.379	0.249	0.323	0.349
58P	28.45	1483	1484	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
59H	28.52	1490	1486	0.22	0.216	0.234	0.249	0.205	0.227	0.207
60N	28.64	1486	1490	1.70	1.705	1.811	1.927	1.454	1.506	1.790
61H	28.73	1493	1493	0.81	0.711	0.977	0.490	0.993	1.180	0.535
62H	28.88	1494	1498	7.44	8.977	9.394	2.756	10.203	#####	2.549
63H	28.97	1499	1501	0.24	0.159	0.185	0.453	0.101	0.150	0.418
64H	29.22		1510	3.93	3.875	4.569	3.843	3.758	4.037	3.507
65H	29.41	1513	1517	0.44	0.407	0.488	0.428	0.418	0.455	0.424
66	29.53	1527	1521	0.16	0.140	0.179	0.165	0.139	0.168	0.155
67H	29.69	1524	1527	5.25	5.434	5.800	5.374	5.019	5.184	4.687
68H	29.86	1533	1533	0.06	0.030	0.069	0.073	0.049	0.059	0.068

Peak	RT	RI lit	RI EXP	%N	%N 1	%N 2	%N 3	%N 4	%N 5	%N 6
				Brand I						
69H	29.92	1533	1535	0.05	0.047	0.058	0.043	0.038	0.073	0.053
70H	30.06	1542	1540	0.32	0.237	0.374	0.266	0.358	0.387	0.293
71H	30.24	1542	1547	0.20	0.129	0.180	0.185	0.239	0.182	0.268
72H	30.3	1555	1549	0.13	0.098	0.164	0.168	0.098	0.125	0.145
73A	30.38	1549	1552	0.86	0.641	1.009	0.513	1.142	1.387	0.448
74A	30.62		1560	0.02	0.017	0.026	0.024	0.020	0.032	0.026
75H	30.79	1563	1566	0.46	0.292	0.396	0.446	0.462	0.598	0.565
76	31.33	1586	1586	0.04	0.028	0.033	0.029	0.054	0.047	0.024
77	31.44	1581	1590	0.04	0.022	0.039	0.054	0.027	0.043	0.051
78A	31.96	1591	1609	0.15	0.102	0.202	0.096	0.175	0.206	0.099
79A	32.35	1636	1623	0.84	0.663	0.830	0.407	1.585	1.310	0.249
80H	32.4	1623	1625	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060
81A	32.59	1627	1632	0.06	0.053	0.063	0.054	0.069	0.070	0.052
82A	32.69	1631	1636	0.04	0.027	0.037	0.028	0.048	0.054	0.018
83A	32.78	1642	1639	0.01	0.004	0.017	0.005	0.008	0.018	0.010
84A	32.96	1640	1646	0.35	0.285	0.399	0.266	0.467	0.505	0.197
85A	33.05	1645	1649	0.02	0.018	0.027	0.010	0.019	0.039	0.017
86A	33.3	1653	1659	0.41	0.300	0.514	0.289	0.500	0.626	0.246
87A	33.44	1667	1664	0.07	0.062	0.080	0.043	0.094	0.123	0.041
88D	33.74	1673	1675	0.43	0.351	0.488	0.337	0.447	0.594	0.363
89	33.85	1674	1679	0.01	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.029
90A	33.98	1688	1684	0.04	0.010	0.028	0.069	0.014	0.025	0.064
91E	34.16	1687	1691	0.01	0.004	0.018	0.008	0.016	0.021	0.011
92H	34.32	1700	1697	0.20	0.178	0.232	0.126	0.230	0.330	0.122
93K	34.43	1692	1701	0.01	0.005	0.014	0.009	0.018	0.023	0.009
94S	35.51	1744	1744	0.54	0.429	0.565	0.482	0.584	0.690	0.461
95E	40	1926	1929	0.01	0.010	0.018	0.010	0.009	0.016	0.012
					100	100	100	100	100	100

ตาราง ก-2 : แสดงตัวย่อและความหมายตัวย่อภาษาอังกฤษหลังเลขลำดับพีก

A	Alcohol
D	Aldehyde
E	Ester
F	Ether
H	Hydrocarbon
K	Ketone
P	Phenolic compound
N	Heterocyclic N compound
S	Sulfur compound

ประวัติ

นางสาวสุริวิภา เชื้อไชยนา เกิดเมื่อวันที่ 14 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2540 ที่จังหวัดสุโขทัย สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา จังหวัดสุโขทัย เมื่อปีการศึกษา 2558 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2559 ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ บ้านเลขที่ 37/7 ม.5 ตำบลวัดเกาะ อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย รหัสไปรษณีย์ 64120 อีเมล suriwipa902@gmail.com