



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	การวิเคราะห์สารระเหยง่ายในผักชีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรีร่วมกับเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอ็กซ์แทรกชัน Analysis of volatile compounds in coriander using gas chromatography-mass spectrometry combined with headspace solid phase microextraction
ชื่อนิสิต	นางสาวประไพศรี กระจ่างวุฒิชัย
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2560

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์สารระเหยง่ายในผักชีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-
แมสสเปกโตรเมตรีร่วมกับเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน

Analysis of volatile compounds in coriander using gas
chromatography-mass spectrometry combined with headspace
solid phase microextraction

โดย
นางสาวประไพศรี กระจ่างวุฒิชัย

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560


โครงการ การวิเคราะห์สารระเหยง่ายในผักซีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรีร่วมกับ
เฮคสเปซโซลิตเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน


โดย นางสาวประไพศรี กระจ่างวุฒิชัย

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบโครงการ


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ วรรณสุภากุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมบุญ หนูจักร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาณุวัฒน์ มุ่งรส)

รายงานฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติโดยหัวหน้าภาควิชาเคมี

..... หัวหน้าภาควิชาเคมี
(รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พาราสุข)

วันที่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561

คุณภาพของการเขียนรายงานเล่มนี้อยู่ในระดับ ดีมาก ดี พอใช้

ชื่อโครงการ การวิเคราะห์สารระเหยง่ายในผักชีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรีร่วมกับเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน

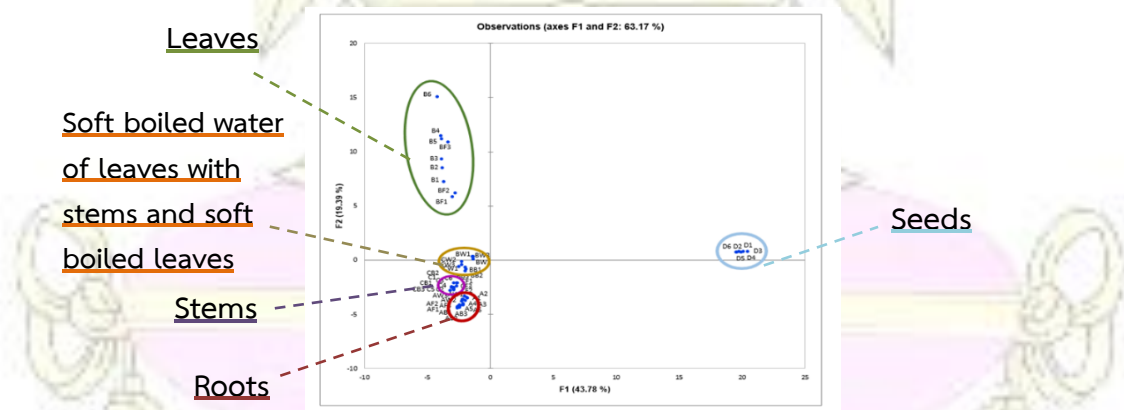
ชื่อนิสิตในโครงการ นางสาวประไพศรี กระจ่างวุฒิชัย เลขประจำตัว 5733126023

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนุญ หนูจักร

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์สารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีซึ่งเป็นพืชที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ ราก ใบ ลำต้น และเมล็ดด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) โดยใช้เทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME) ในการสกัดสารระเหยง่าย สภาวะของเครื่อง GC-MS ได้แก่ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ที่เหมาะสม คือ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที และอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ ที่ทำให้สารแยกออกจากกันได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 5:1 อุณหภูมิ HS-SPME ที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี คือ 60 องศาเซลเซียส และเวลา HS-SPME ที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี คือ 30 นาที จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน เพื่อพิสูจน์ทราบเอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในผักชีโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST14 สามารถพิสูจน์ทราบเอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายได้ทั้งหมด 120 สาร จากนั้นนำพื้นที่ใต้พีคของสารระเหยง่ายในโครมาโทแกรมจากตัวอย่างผักชีมาคำนวณหา % Normalization เพื่อใช้ในประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA ด้วยโปรแกรม XLSTAT 2018 พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ตัวอย่างผักชีส่วนใบสด น้ำที่ผ่านการลวกจากส่วนใบและลำต้นผักชีกับใบที่ถูกนำไปลวกแล้ว ลำต้นผักชีสดและที่ถูกนำไปลวกแล้ว ตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด และตัวอย่างผักชีส่วนราก



คำสำคัญ: ผักชี, แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี, เฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน, สารระเหยง่าย, วิธีเคโมเมทริกซ์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมบุญ หนูจักร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ท่านได้ใส่ใจ ดูแล ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งท่านได้ให้คำปรึกษาในการเขียนรายงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ วรรณสุภากุล ที่กรุณาสละเวลาเพื่อตรวจทาน แก้ไข และให้เกียรติเป็นประธานกรรมการในการสอบงานวิจัยในครั้งนี้

อีกทั้งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาณุวัฒน์ ผดุงรส ที่ท่านได้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ อีกทั้งท่านยังได้กรุณาสละเวลาเพื่อตรวจทาน แก้ไข และให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณกวาดล ธรรมราษฎร์ ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะ ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือ และให้ความช่วยเหลือทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณภาคีวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือโดยตลอดมา

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	ค
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.4 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน.....	4
1.4.1 เทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME)	4
1.4.2 เคมีเมทริกซ์.....	6
1.4.3 Principal component analysis (PCA).....	7
บทที่ 2 การทดลอง	9
2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์.....	9
2.2 รายการสารเคมี.....	10
2.3 วิธีการทดลอง.....	10
2.3.1 การหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 (rate temperature 1).....	10
2.3.2 การหาอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ (splitless and split ratio).....	11
2.3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการวิเคราะห์ที่ ละตัวแปร (single factor optimization).....	12
2.3.4 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีในแต่ละส่วน.....	13
2.3.5 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีจากการทำ cooking process	13
2.3.6 การประมวลผลโดยวิธีเคมีเมทริกซ์.....	15
2.3.7 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในตัวอย่างผักชี	15
บทที่ 3 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	16
3.1 การหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 (rate temperature 1).....	16

3.2 การหาอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ (splitless and split ratio).....	18
3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการวิเคราะห์ที่ละตัวแปร (single factor optimization)	21
3.4 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีในแต่ละส่วน	25
3.5 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีจากการทำ cooking process	30
3.6 การประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์.....	36
3.7 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในผักชีแต่ละส่วน	39
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	47
เอกสารอ้างอิง.....	48
ภาคผนวก.....	50
ประวัติผู้วิจัย.....	92



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.4 สารระเหยง่ายที่สำคัญทั้งหมดที่สกัดได้จากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน.....	25
ตารางที่ 3.5 ก) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชีส่วน ราก.....	32
ตารางที่ 3.5 ข) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชีส่วน ใบ.....	33
ตารางที่ 3.5 ค) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชีส่วน ลำต้น.....	35
ตารางที่ 3.6 ก) สัญลักษณ์ที่ใช้ในการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ของผักชีทั้ง 4 ส่วน.....	36
ตารางที่ 3.6 ข) สัญลักษณ์ที่ใช้ในการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ของผักชีจากการทำ cooking process.....	37
ตารางที่ 3.7 ระบุสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นและลักษณะกลิ่นจากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน.....	40

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 ส่วนประกอบอุปกรณ์โพลีเมอร์ไมโครเอกซ์แทรกชัน.....	5
รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการสกัดสาร.....	5
รูปที่ 1-3 ขั้นตอนการปลดปล่อยสาร.....	6
รูปที่ 1-4 รูปแสดงการวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์ของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ PCA.....	7
รูปที่ 1-5 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วย PCA.....	7
รูปที่ 1-6 loading plot ของ PCA.....	8
รูปที่ 1-7 score plot ของ PCA.....	8
รูปที่ 3-1 ก) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนราก.....	16
รูปที่ 3-1 ข) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนใบ.....	17
รูปที่ 3-1 ค) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น.....	17
รูปที่ 3-1 ง) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด.....	18
รูปที่ 3-2 ก) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนราก.....	19
รูปที่ 3-2 ข) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนใบ.....	19
รูปที่ 3-2 ค) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น.....	20
รูปที่ 3-2 ง) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด.....	20
รูปที่ 3-3 ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนราก กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	21
รูปที่ 3-3 ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนใบ กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	22
รูปที่ 3-3 ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	22
รูปที่ 3-3 ง) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	23
รูปที่ 3-3 จ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนราก กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	23
รูปที่ 3-3 ฉ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนใบ กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	24
รูปที่ 3-3 ช) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....	24

รูปที่ 3-3 ซ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย.....25

รูปที่ 3-4 โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายที่สำคัญทั้งหมดที่สกัดได้จากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน.....29

รูปที่ 3-5 ก) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วน ราก.....30

รูปที่ 3-5 ข) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วน ใบ.....31

รูปที่ 3-5 ค) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วน ลำต้น.....31

รูปที่ 3.6 ก) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน และจากการทำ cooking process.....38

รูปที่ 3.6 ข) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนรากจากการทำ cooking process38

รูปที่ 3.6 ค) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนใบจากการทำ cooking process.....39

รูปที่ 3.6 ง) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนจากการทำ cooking process.....39



สัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ

HS-SPME = headspace–solid phase microextraction

GC-MS = gas chromatography-mass spectrometry

GC-O = gas chromatography-olfactometry

PCA = principal component analysis



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักชี เป็นพืชสมุนไพรพื้นเมืองซึ่งอยู่ในวงศ์ Apiaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Coriandrum sativum* L. โดยในแถบเมดิเตอร์เรเนียนและทวีปฝั่งตะวันออกมีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะใช้ในการประกอบอาหาร¹ โดยในส่วนของผักชีนิยมใช้เป็นเครื่องปรุงรสในซอส ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ รวมทั้งใช้ทำเบเกอรี่และขนมหวาน ส่วนใบของผักชีหรือมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า cilantro หรือ Chinese parsley ซึ่งใบของผักชีจะมีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวจึงนิยมใช้กลบกลิ่นไม่พึงประสงค์ในอาหารบางประเภท² ส่งผลให้ผักชีมีการเพาะปลูกที่กว้างขวางในอินเดีย รัสเซีย ยุโรปกลาง เอเชีย และเม็กซิโก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอินเดียเป็นประเทศที่มีการจำหน่ายผักชีที่ใหญ่ที่สุดในโลก ซึ่งมีจัดจำหน่ายไปยังสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป ภูมิภาคตะวันออกกลาง และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้³ โดยผักชีมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) มีสรรพคุณช่วยรักษาโรคเบาหวาน (anti-diabetic) ต้านการก่อกลายพันธุ์ (anti-mutagenic) ช่วยการคลายตัวของกล้ามเนื้อ (anti-spasmodic) และลดไขมันในเส้นเลือด (anti-lipidemic)⁴ รวมทั้งประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญ อันได้แก่ โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์และวิตามินกับแร่ธาตุหลากหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินบี1 วิตามินบี2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก⁵

ผักชีนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการประกอบอาหารโดยเฉพาะอาหารไทย เนื่องจากเป็นผักที่มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่เกิดจากองค์ประกอบของสารระเหยง่าย (volatile compounds) หลายชนิด ซึ่งจากงานวิจัยของ Kamel M. และคณะ⁶ ได้วิเคราะห์หาสารระเหยง่าย (volatile compounds) โดยใช้เทคนิคการกลั่นด้วยน้ำร้อน (Hydrodistillation) พบว่าในแต่ละส่วนของผักชีจะมีสารระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันรวมทั้งปริมาณของแต่ละองค์ประกอบมีไม่เท่ากัน ทำให้กลิ่นของผักชีจากแต่ละส่วนไม่เหมือนกัน ดังนั้นการสกัดสารระเหยง่ายจากผักชี และตรวจสอบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบผักชีซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ทำให้สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในผักชีได้ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ และจัดกลุ่มข้อมูลซึ่งจะช่วยบอกส่วนของผักชีได้

เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในผักชีที่มาจากแต่ละส่วน และผักชีที่ผ่านกระบวนการการทำอาหาร รวมทั้งการระบุสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในผักชียังไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นในการวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบสารระเหยง่ายในแต่ละส่วนของผักชีรวมทั้งเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารระเหยง่ายระหว่างผักชีสด ผักชีที่ผ่านกระบวนการการทำอาหาร (cooking process) และน้ำที่ผ่านกระบวนการการทำอาหาร โดยเลือกใช้เทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอ็กซ์แทรกชัน (headspace-solid phase microextraction, HS-SPME) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้งาน

ง่าย และไม่มีการใช้ตัวทำละลายจึงเหมาะแก่การวิเคราะห์สารระเหยง่าย จากนั้นวิเคราะห์สารระเหยง่าย โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC) ซึ่งสามารถแยกสารที่สนใจออกจากกัน ได้ดีก่อนที่จะส่งไปตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดต่างๆ เช่น เฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (flame ionization detector, FID) แมสสเปกโทเมตรี (mass spectrometry, MS) ซึ่งสามารถให้ข้อมูลด้าน โครงสร้างและชนิดของสารได้ และยังได้นำวิธีเคโมเมทริกซ์ (chemometrics) ซึ่งเป็นวิธีที่เกี่ยวข้องข้อง กับสถิติหลายตัวแปร (multivariate statistical analysis) มาช่วยในการออกแบบการทดลอง การ ประมวลผลการทดลอง และการจัดกลุ่มข้อมูล เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก GC-MS มีจำนวนมาก และซับซ้อน การนำเทคนิคเคโมเมทริกซ์มาประยุกต์ใช้จะทำให้สามารถระบุส่วนของผักชีได้อย่างถูกต้อง มากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในผักชีแต่ละส่วนด้วยเทคนิคแก๊สโคร มาโทกราฟี-ออลแฟกโตเมตรี (gas chromatography-olfactometry, GC-O)

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบสารระเหยง่ายในผักชีแต่ละส่วน โดยเทคนิค headspace solid phase microextraction-gas chromatography mass spectrometry (HS-SPME GC-MS) ร่วมกับวิธีเคโมเมทริกซ์

1.2.2 ขอบเขตงานวิจัยประกอบด้วย

- หาสถานะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์สารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
- วิเคราะห์ตัวอย่างผักชีจาก 4 ส่วน ได้แก่ ใบ ราก ลำต้น และเมล็ด โดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
- ประมวลผลการทดลอง และจัดกลุ่มข้อมูลผักชีโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA
- วิเคราะห์สารระเหยง่ายให้กลิ่นที่สำคัญในผักชี โดยเทคนิค GC-O

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีนั้นมีหลายวิธี Kamel M. และคณะ⁶ ใช้เทคนิคการกลั่นด้วยน้ำร้อน (Hydrodistillation) ในการสกัดสาร ซึ่งเป็น เทคนิคการสกัดดั้งเดิมที่ใช้วิเคราะห์สารระเหยง่าย โดยทำการวิเคราะห์ส่วนดอก ใบ ลำต้น และราก พบว่าทั้ง 4 ส่วนมีสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ (E)-2-dodecenal, (E)-2-tridecenal, γ -cadinene, (Z)-myroxide, neryl acetate และ eugenol

ต่อมาได้มีการเพิ่มอายุการเก็บรักษาผักชีโดยการทำให้แห้ง ในงานวิจัยของ A. G. Pirbaloutia และคณะ⁷ ได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของสารระเหยง่ายระหว่างวิธีการทำให้แห้งในผักชีซึ่งใช้ ส่วนลำต้นและใบ โดยวิธีการทำให้แห้งในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยใช้แสงแดด ฝืนในร่มเงา ตู้อบที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส เตาอบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 500 และ 700 วัตต์ และการทำให้แห้งด้วยการแช่ เยือกแข็ง (freeze-dried) พบว่าจากสารระเหยง่ายทั้งหมด 39 ชนิด มีสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบ

หลักคือ decanal, cis-phytol, 1-tetradecanol, 2-(E)-dodecenal, dodecanal, n-decanol, trans-2-undecen-1-ol, 2-(E)-decenal, 1-eicosanol, และ methyl chavicol โดยวิธีการทำให้แห้งในผักชีที่ให้ปริมาณของสารระเหยง่ายมากที่สุดคือการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง ซึ่งจะให้ปริมาณของสารระเหยง่าย 0.18 มิลลิลิตรต่อผักชีแห้ง 100 กรัม

จากนั้น Branimir P. และคณะ⁸ ได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคการสกัด 4 เทคนิค คือ การกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดด้วยซอกเลต (Soxhlet extraction) การสกัดแบบซูเปอร์คริติคอลลฟลูอิด (Supercritical fluid extraction) และการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤติ (Subcritical water extraction) โดยใช้ส่วนเมล็ดในการวิเคราะห์สารระเหยง่าย พบว่าเทคนิค Soxhlet extraction มีปริมาณของสารระเหยง่าย (% extraction yield) มากที่สุดถึง 14.45%

ต่อมา Arthur และ Pawliszyn ได้พัฒนาเทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME) ขึ้นมา⁹ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย ไม่มีการใช้ตัวทำละลายจึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารระเหยง่าย โดยในตอนแรกเทคนิค HS-SPME ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์สิ่งเจือปนในน้ำ แต่ภายหลังได้มีการพัฒนาเทคนิคขึ้นจนประสบความสำเร็จในการวิเคราะห์องค์ประกอบสารระเหยง่ายในอาหาร¹⁰ เช่น Susan B.W. และคณะ¹¹ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของ geosmin และ MIB (2-methylisoborneol) ในน้ำดื่มโดยใช้เทคนิค HS-SPME ร่วมกับ GC-MS ในงานวิจัยของ Elena I. และคณะ¹² ได้ใช้เทคนิค HS-SPME ร่วมกับ GC-FID วิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในราสเบอร์รี่ สตรอว์เบอร์รี่ แบล็คเบอร์รี่ กล้วย และมะม่วง

ในบางครั้งการวิเคราะห์สารระเหยง่าย ต้องมีจัดแบ่งกลุ่มตามความเหมือน และความต่างกันของสารตัวอย่างจากข้อมูลของสารเคมีที่ตรวจวัดได้จาก GC-MS เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มีจำนวนมากและซับซ้อน จึงมีการใช้เทคนิคทางเคโมเมทริกซ์มาช่วยในการจำแนกข้อมูล ซึ่งเคโมเมทริกซ์เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับหลายตัวแปร เพื่อใช้ในการจัดแบ่งกลุ่มสารตัวอย่างจากข้อมูลของสารเคมีที่ตรวจวัดได้จาก GC-MS

งานวิจัยของ Laura M. และคณะ¹³ มีการใช้เทคนิค static headspace GC-MS ร่วมกับวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA เพื่อจำแนกสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นและรสในกาแฟเอสเปรสโซทั้ง 3 แบบ คือ Arabica coffee, Robusta natural blend และ Robusta Torrefacto blend หรือในงานวิจัยของ Alessandra C. และคณะ¹⁴ ได้ศึกษาสารระเหยง่ายในเมล็ดผักชีจากแหล่งผลิต ฤดูกาลเพาะปลูก และกระบวนการการผลิตที่แตกต่างกัน โดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยง่ายในเมล็ดผักชีร่วมกับการใช้วิธีเคโมเมทริกซ์ในการออกแบบการทดลอง ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ามีสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ α -pinene, p-cymene, γ -terpinene และ linalool และในงานวิจัยของ Chunhui D. และคณะ¹⁵ นำเทคนิค HS-SPME-GC-MS มาวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในใบและลำต้นผักชีพบว่ามีสารระเหยง่ายที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ decanal, 1-decanol, trans-2-decen-1-ol และ trans-2-dodecen-1-ol

นอกจากนี้ S.T. Chin และคณะ¹⁶ ยังได้ศึกษาองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในทุเรียนที่ต่างชนิดกันทั้งหมด 3 ชนิด คือ พันธุ์ D2 D24 และ D101 โดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS แล้วนำข้อมูลของสารระเหยง่ายที่ได้จากการวิเคราะห์มาประมวลผลด้วยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA เพื่อบอกความแตกต่างของทุเรียนในแต่ละชนิด พบว่าทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างในเรื่องของกลิ่นคือ พันธุ์ D2 ให้กลิ่น sweet และ fruity พันธุ์ D24 ให้กลิ่น pungent onion ผสมกับกลิ่น garlic sulphur-like และพันธุ์ D101 ให้กลิ่นผสมกันระหว่างกลิ่น fruity และกลิ่น sulphur-like

Graham E. และคณะ¹⁷ ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์หาสารที่ให้กลิ่นในผักชีส่วนใบที่มาจากการเพาะปลูก (*C. sativum*) และผักชีป่า (*E. foetidum*) โดยใช้เทคนิค GC-O ซึ่งเทคนิคการสกัดสารระเหยง่ายที่ใช้คือ การกลั่นด้วยไอน้ำ โดยจากงานวิจัยพบว่าในผักชีที่มาจากการเพาะปลูกมีสารประกอบให้กลิ่นที่สำคัญคือ (Z)-2-decenal ซึ่งให้กลิ่น aldehydic แต่ผักชีป่ามีสารประกอบให้กลิ่นที่สำคัญคือ (E)-2-dodecenal ซึ่งให้กลิ่น pungent

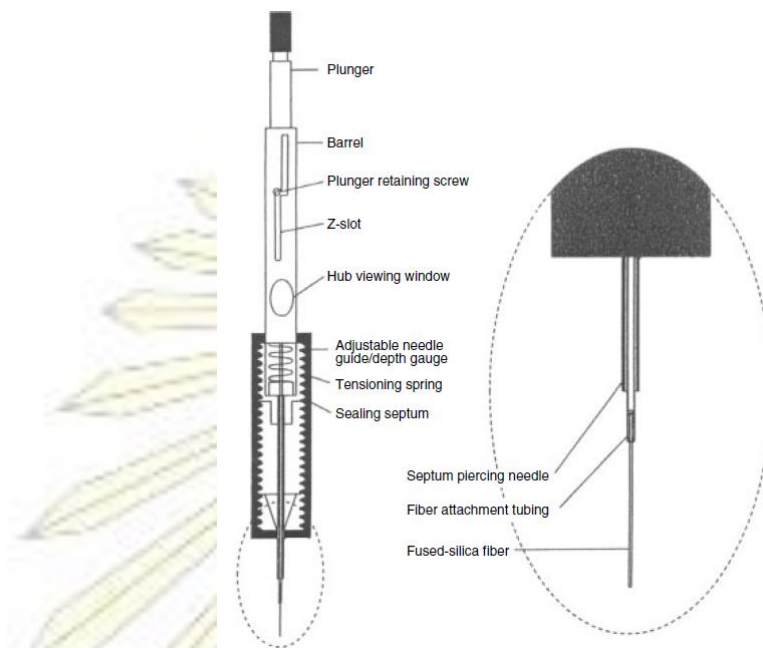
1.4 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน

1.4.1 เทคนิคเฮดสเปซ-โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (HS-SPME)

ในปี ค.ศ. 1990 โดย Arthur C.L. และ Pawliszyn J.¹⁸ ได้พัฒนาเทคนิค HS-SPME ขึ้นซึ่งเป็นเทคนิคการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่าง (ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ที่บรรจุอยู่ในขวดเก็บตัวอย่างให้ออกมาอยู่ในเฮดสเปซ (headspace, HS) เพื่อให้ไฟเบอร์ของ SPME ดูดซับสารระเหยง่ายจากเฮดสเปซ แล้วจึงปล่อยสารระเหยง่ายดังกล่าวเข้าสู่ส่วนปล่อยสารของเครื่อง GC ดังนั้นหลักการของ HS-SPME ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน¹⁹ คือ (1) Extraction Step โดยพอลิเมอร์ที่เคลือบอยู่บนไฟเบอร์จะทำหน้าที่ดูดซับสารระเหยง่ายจากตัวอย่างบริเวณเฮดสเปซในขวดเก็บตัวอย่าง (2) Desorption Step นำไฟเบอร์ที่ดูดซับสารตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อปลดปล่อยสารตัวอย่างออกจากไฟเบอร์ที่บริเวณส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS

ข้อดีของการเตรียมสารโดยเทคนิค HS-SPME คือ เป็นเทคนิคที่ง่าย มีประสิทธิภาพสูง และไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัดสาร

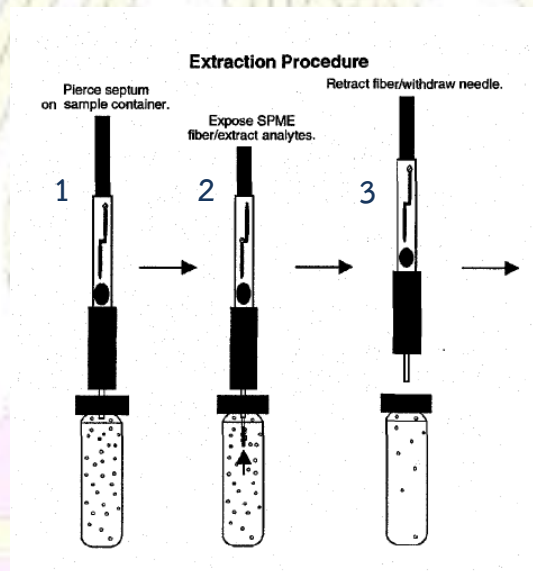
ข้อด้อยของการเตรียมสารโดยเทคนิค HS-SPME คือ เป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง การใช้งานต้องระมัดระวัง เนื่องจากไฟเบอร์ค่อนข้างเปราะ หักง่าย และในตัวอย่างที่เป็นของแข็งผลของสารรบกวน (matrix effect) จะส่งผลต่อการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก²⁰



รูปที่ 1-1 ส่วนประกอบอุปกรณ์โซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน²¹

หลักการทำงานของ SPME ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสกัดสาร และขั้นตอนการปลดปล่อยสาร

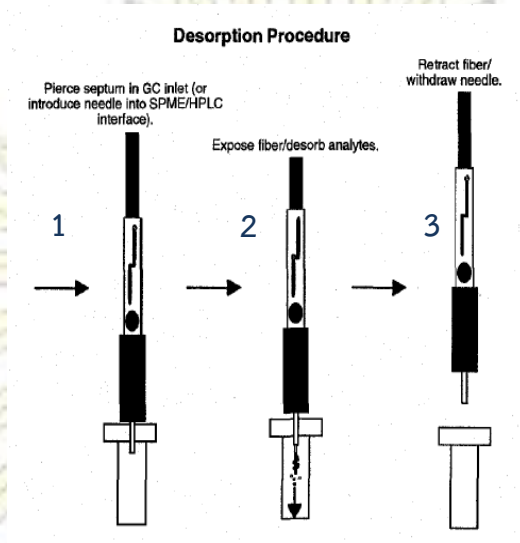
ขั้นตอนการสกัดสารประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการสกัดสาร²²

- 1) เจาะเข็ม SPME ผ่าน septum ของขวดบรรจุสารตัวอย่าง
- 2) ปลดปล่อยไฟเบอร์ออกจาก septum piercing needle ลงไปในบริเวณเฮดสเปซเพื่อให้เกิดการดูดซับของสารระเหยง่ายบนไฟเบอร์

3) เก็บไฟเบอร์เข้าไปใน septum piercing needle และดึงเข็ม SPME ออกจากขวดบรรจุสารตัวอย่าง เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการปลดปล่อยสาร
ขั้นตอนการปลดปล่อยสารประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 ขั้นตอนการปลดปล่อยสาร²²

- 1) เจาะเข็ม SPME ผ่าน septum ผ่านเข้าไปยังส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS
- 2) ปล่อยให้ไฟเบอร์ออกมาจาก septum piercing needle เพื่อปลดปล่อยสารที่ต้องการวิเคราะห์ให้เข้าสู่ส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS
- 3) เมื่อครบกำหนดเวลาที่ปลดปล่อยสารออกจากไฟเบอร์ทั้งหมด ให้เก็บไฟเบอร์เข้าไปใน septum piercing needle และนำเข็ม SPME ออกจากส่วนฉีดสารของเครื่อง GC-MS

1.4.2 เคโมเมทริกซ์

เคโมเมทริกซ์ คือ วิธีการประมวลผลข้อมูลที่นิยมใช้มากในทางเคมีวิเคราะห์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้จัดกลุ่มผลการทดลองที่มีปริมาณมาก และกรองข้อมูลที่สำคัญออกมาโดยใช้ความรู้พื้นฐานสถิติ การนำเสนอข้อมูลของเคโมเมทริกซ์สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่ unsupervised method และ supervised method²³

1.) Unsupervised method

เป็นหลักการที่สามารถประยุกต์ใช้ทางเคมีได้โดยตรง โดยเป็นหลักการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ ซึ่งสามารถใช้จัดกลุ่มของตัวอย่าง แบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่ hierarchical cluster analysis (HCA) และ principal component analysis (PCA)

2.) Supervised method

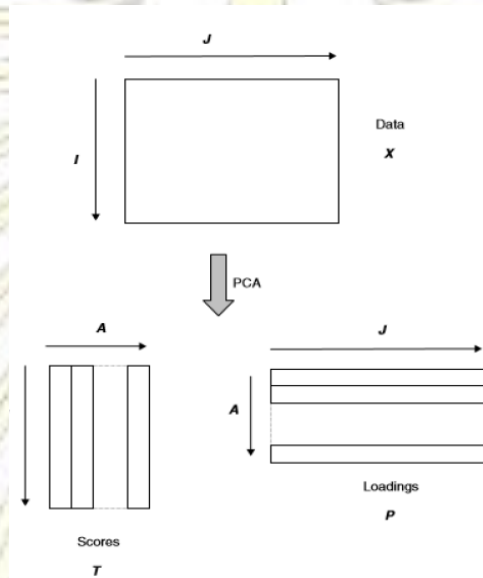
หลักการของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Supervised นั้น จะต้องมียุทธ์ของข้อมูลก่อนแล้ว จากนั้นจึงจะสามารถจัดกลุ่มของข้อมูลในระดับของคลาส (class) ได้ อีกทั้งยังเป็นวิธีการทำนาย และจัดกลุ่มของข้อมูลที่ยังไม่ทราบกลุ่มได้อีกด้วย

1.4.3 Principal component analysis (PCA)

เป็นวิธีการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่คล้ายคลึง และแตกต่างกันของชุดข้อมูล วิธีนี้สามารถลดปริมาณตัวแปรเมื่อข้อมูลนั้นมีความสัมพันธ์กัน โดย PCA จะประมวลผลข้อมูลในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ คือ เมทริกซ์ โดยที่มีรูปแบบของสมการคือ

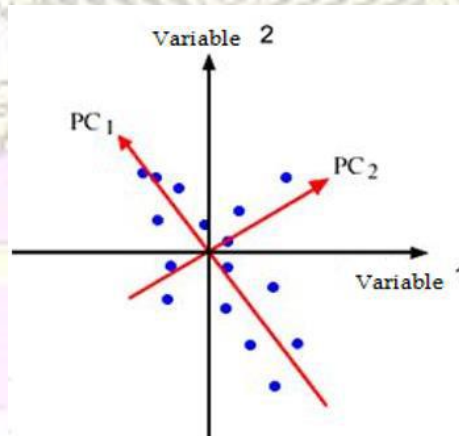
$$X = T \cdot P + E$$

โดยที่ T เรียกว่า score คือ ข้อมูลที่อยู่ในแนวแถว P เรียกว่า loading คือ ข้อมูลที่อยู่ในแนวคอลัมน์ และจำนวนคอลัมน์ในเมทริกซ์ T จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนแถวในเมทริกซ์ P ดังรูปที่ 1-4



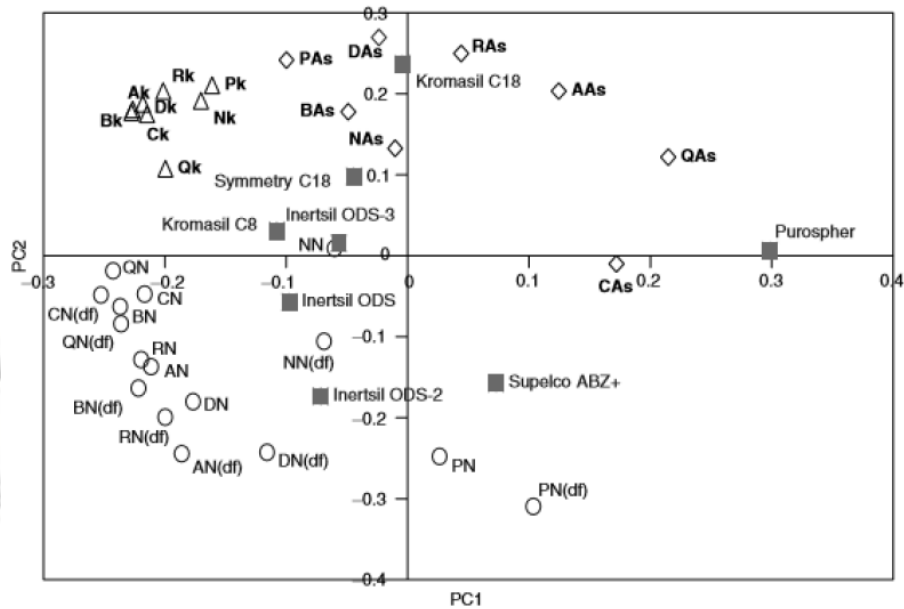
รูปที่ 1-4 การวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์ของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ PCA²⁴

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สิ่งที่จำเป็น คือ ชุดข้อมูลที่อยู่ในแนวคอลัมน์เรียกว่าตัวแปร (variable) เป็นปริมาณของสารชนิดต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ และข้อมูลที่อยู่ในแนวแถวเรียกว่าตัวอย่าง (sample) ซึ่งเป็นชนิดของตัวอย่างที่ใช้ศึกษา และต้องใช้แกน PC1 และ PC2 ที่ลากผ่านจุดสำคัญขององค์ประกอบหลักในการอธิบายจุดสำคัญในกราฟ ดังรูปที่ 1-5

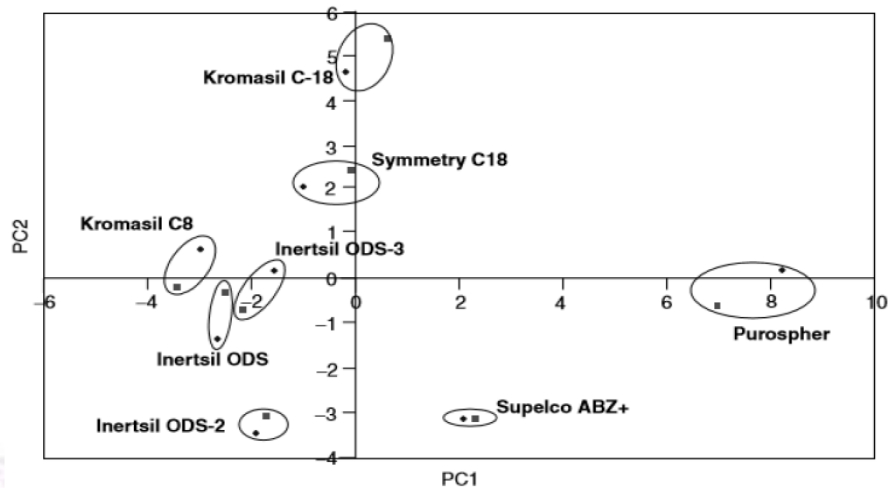


รูปที่ 1-5 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วย PCA²⁵

การประมวลผลด้วย PCA ข้อมูลจากการประมวลผลของตัวอย่างจะแทนด้วยจุดหนึ่งจุด ดังนั้นข้อมูลที่มีองค์ประกอบคล้ายกันจะมีตำแหน่งใกล้เคียงกัน และข้อมูลที่แตกต่างกันจะมีตำแหน่งที่กระจายตัวออกไป ซึ่งสามารถแบ่งกราฟผลของ PCA ออกได้ 2 แบบ ได้แก่ loading plot และ score plot ดังรูปที่ 1-6 และรูปที่ 1-7 ตามลำดับ โดย loading plot จะแสดงว่าตัวแปรใดที่มีผลต่อข้อมูลมากที่สุด แต่สำหรับ score plot ใช้สำหรับจัดกลุ่มและตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูล



รูปที่ 1-6 loading plot ของ PCA²⁴



รูปที่ 1-7 score plot ของ PCA²⁴

บทที่ 2

การทดลอง

2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในทดลอง

- 1.) เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ประกอบด้วย
 - 1.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟของ Agilent รุ่น 7890A
 - 1.2 ตัวตรวจวัดแมสสเปกโตรมิเตอร์ของ Agilent รุ่น 7000
- 2.) คอลัมน์ที่มีรูขนาดเล็ก (capillary column) ของ HP-5MS (30m × 0.25mm × 0.25 μ m)
- 3.) อุปกรณ์โซลิดเฟสไมโครเอ็กซ์แทรกชัน (solid phase microextraction) ของ Supelco (50/30 μ m DVB/CAR/PDMS)
- 4.) เครื่องฉีกฝาอลูมิเนียม (crimper)
- 5.) เครื่องให้ความร้อน (hot plate)
- 6.) เครื่องปั่นอลูมิเนียม (blender)
- 7.) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- 8.) เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.1.2 วัสดุพื้นฐานภายใน

- 1.) ปีกเกอร์
- 2.) กระจกนาฬิกา
- 3.) ซ้อนตักสารสแตนเลส
- 4.) ขวด (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร
- 5.) ฝาอะลูมิเนียม (crimp)
- 6.) เทอร์โมมิเตอร์
- 7.) กระจกตวงปริมาตร 100ml
- 8.) ไมโครปิเปต
- 9.) คีมคีบสแตนเลส
- 10.) มีด
- 11.) เชียงพลาสติก

2.2 รายการสารเคมี

- 1.) แก๊สฮีเลียม
- 2.) สารละลายมาตรฐานอัลเคนไฮโดรเจน C₆-C₂₀
- 2.) น้ำบริสุทธิ์ (milli-q)
- 3.) น้ำ De-Ionization (DI)
- 4.) ตัวอย่างผักชีไทยจากเทศบาล โลกทัศน์ สาขาจามจุรีสแควร์

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 (rate temperature 1)

2.3.1.1 กำหนดสภาวะของเครื่อง GC-MS (ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใช้ในห้องปฏิบัติการ)

อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature)	: 40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร (injection temperature)	: 260 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของแหล่งกำเนิดไอออน (ion source temperature)	: 230 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของ quadrupole (MS quadrupole temperature)	: 150 องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน (nitrogen flow)	: 1.50 มิลลิลิตรต่อนาที
อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม (quench flow)	: 2.25 มิลลิลิตรต่อนาที
อัตราการไหลของแก๊สตัวพา (carrier gas flow)	: 35.0 เซนติเมตรต่อนาที

2.3.1.2 กำหนดสภาวะอุณหภูมิของเครื่อง GC-MS (ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใช้ในห้องปฏิบัติการ)

อุณหภูมิเริ่มต้น (initial temperature)	: 40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิมกกลาง (intermediate temperature)	: 200 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย (final temperature)	: 250 องศาเซลเซียส
เวลาเริ่มต้น (initial time)	: 5 นาที
เวลากลาง (intermediate time)	: 1 นาที
เวลาสุดท้าย (final time)	: 4 นาที
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 (rate temperature 2)	: 50 องศาเซลเซียสต่อนาที

- 2.3.1.3 ซั่งผักซีตัวอย่างโดยใช้ส่วนของรากที่ทุบหยาบๆและหั่นเป็นชิ้น 0.5000 ± 0.0005 กรัม ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาอลูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาอลูมิเนียม แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นใช้ HS-SPME ในการดูดซับสารระเหยง่ายในระหว่างที่ให้ความร้อนและปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสาร (injector) ของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที
- 2.3.1.4 ตั้งอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS เป็น split ratio 10:1
- 2.3.1.5 ทหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักซี โดยเริ่มอัตราที่ 3 5 และ 7 องศาเซลเซียสต่อนาที
- 2.3.1.6 นำส่วนของใบ ลำต้น และเมล็ดผักซีมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนราก ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.1.1 ถึง 2.3.1.5 โดยส่วนของใบกับลำต้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก และส่วนของเมล็ดปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอลูมิเนียม
- 2.3.1.7 เลือกอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ของสารที่ฉีดเข้าคอลัมน์ที่ให้โครมาโทแกรมที่มีลักษณะของพีคแยกออกจากกันได้มากที่สุด เห็นพีคชัดเจน รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.3.2 การหาอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ (splitless and split ratio)

- 2.3.2.1 ซั่งผักซีตัวอย่างโดยส่วนของรากที่ทุบหยาบๆและหั่นเป็นชิ้น 0.5000 ± 0.0005 กรัม ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาอลูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาอลูมิเนียม แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นใช้ HS-SPME ในการดูดซับสารระเหยง่ายในระหว่างที่ให้ความร้อนและปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสาร (injector) ของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที
- 2.3.2.2 ตั้งสถานะของเครื่อง GC-MS เป็น split ratio และทดลองฉีดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักซีเข้าเครื่อง GC-MS โดยเริ่มการทดลองจากค่า split ratio 30:1 10:1 และ 5:1 ตามลำดับ
- 2.3.2.3 ตั้งสถานะของเครื่อง GC-MS เป็น splitless และทดลองฉีดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักซีเข้าเครื่อง GC-MS จากนั้นพิจารณาโครมาโทแกรมที่ได้ของแต่ละอัตราส่วนแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

split ratio คำนวณได้จากสูตร

$$\text{split ratio} = \frac{(\text{อัตราการไหลเข้าคอลัมน์ของแก๊สตัวพา} + \text{อัตราการไหลออก split vent ของแก๊สตัวพา})}{\text{อัตราการไหลเข้าของแก๊สตัวพา}}$$

- 2.3.2.4 นำส่วนของใบ ลำต้น และเมล็ดผักซีมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนราก ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.2.1 ถึง 2.3.2.3 โดยส่วนของใบกับลำต้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก และส่วนของเมล็ดปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอลูมิเนียม

2.3.2.5 เลือกอัตราส่วนของสารที่ฉีดเข้าคอลัมน์ที่ให้โครมาโทแกรมที่มีลักษณะของพีคแยกออกจากกัน ได้มากที่สุด จำนวนของพีคที่ต้องการมากที่สุด และเห็นพีคชัดเจน เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.3.3 การหาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮตสเปซ โดยการวิเคราะห์ที่ละตัวแปร (single factor optimization)

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

- 2.3.3.1 กำหนดสถานะของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.1 และกำหนดสถานะอุณหภูมิในคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.2
- 2.3.3.2 ชั่งตัวอย่างผักชีโดยใช้ส่วนของรากที่ทุบหยาบๆและหั่นเป็นชิ้นเล็ก 0.5000 ± 0.0005 กรัม ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาอลูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาอลูมิเนียม
- 2.3.3.3 จากนั้นนำขวดบรรจุไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยเริ่มสกัดที่อุณหภูมิ 45 60 และ 75 องศาเซลเซียส ซึ่งจะกำหนดเวลาในการสกัดไว้ที่ 45 นาที โดยแต่ละอุณหภูมิทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งสถานะของเครื่อง GC-MS เป็นอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.2.5 และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.1.7 นำสารระเหยง่ายที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสาร (injector) ของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นพิจารณาโครมาโทแกรมของแต่ละอุณหภูมิ
- 2.3.3.4 นำส่วนของใบ ลำต้น และเมล็ดผักชีมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนราก ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.3.1 ถึง 2.3.3.3 โดยส่วนของใบกับ ลำต้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก และส่วนของเมล็ดปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอลูมิเนียม
- 2.3.3.5 หาพื้นที่ใต้พีคของสารทั้งหมดที่ต้องการ (total peak area) ในแต่ละโครมาโทแกรม และเลือกอุณหภูมิในการสกัดที่ให้โครมาโทแกรมจากพื้นที่ใต้พีคของสารทั้งหมดที่ต้องการและพีคของสารที่ต้องการครบถ้วน

การหาเวลาที่ที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่าย

- 2.3.3.6 ชั่งตัวอย่างผักชีโดยใช้ส่วนของรากที่ทุบหยาบๆและหั่นเป็นชิ้นเล็ก 0.5000 ± 0.0005 กรัม ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาอลูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาอลูมิเนียม
- 2.3.3.7 จากนั้นนำขวดบรรจุไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยเริ่มสกัดที่เวลา 15 30 และ 45 นาที ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิในการสกัดไว้ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.3.5 โดยแต่ละเวลาทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งสถานะของเครื่อง GC-MS เป็นอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.2.5 และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิตามที่เลือกจากการทดลองที่

- 2.3.1.7 นำสารระเหยง่ายที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสารของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นพิจารณาโครมาโทแกรมของแต่ละเวลา
- 2.3.3.8 นำส่วนของใบ ลำต้น และเมล็ดผักชีมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนราก ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.3.6 ถึง 2.3.3.7 โดยส่วนของใบกับลำต้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก และส่วนของเมล็ดป่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอคูมิเนียม
- 2.3.3.9 หาพื้นที่ใต้พีกของสารทั้งหมดที่ต้องการ (total peak area) ในแต่ละโครมาโทแกรม และเลือกเวลาในการสกัดที่ให้โครมาโทแกรมจากพื้นที่ใต้พีกของสารทั้งหมดที่ต้องการและพีกของสารที่ต้องการครบถ้วน

2.3.4 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีในแต่ละส่วน

- 2.3.4.1 นำโครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีที่ได้จากการสกัดในสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2.3.3.5 และ 2.3.3.9 มาเลือกพีกของสารระเหยง่ายที่สำคัญ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีในแต่ละส่วน
- 2.3.4.2 ระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญโดยเปรียบเทียบข้อมูลสารดังกล่าวกับ mass spectrum library NIST08 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งไว้กับเครื่อง GC-MS และเปรียบเทียบค่า linear retention index (LRI) ของสารระเหยง่ายที่สำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบค่า retention time (RT) ของสารดังกล่าวกับสารละลายมาตรฐานอัลเคนโซ่ตรง C₈-C₂₀ ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตรในเฮกเซน กับงานวิจัยอื่น ๆ

$$\text{โดย LRI} = 100n + 100 \left[\frac{t - t_n}{(t_{n+1}) - t_n} \right]$$

t คือ retention time ของสาร (อยู่ระหว่าง C_n และ C_{n+1})

t_n คือ retention time ของ C_n

t_{n+1} คือ retention time ของ C_{n+1}

2.3.5 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีจากการทำ cooking process

การทำ cooking process ในส่วนรากผักชี

- 2.3.5.1 กำหนดสภาวะของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.1 และกำหนดสภาวะอุณหภูมิในคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.2
- 2.3.5.2 ชั่งตัวอย่างรากผักชีประมาณ 10 กรัม จากนั้นทำการแบ่งรากผักชีออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งนำมาทุบหยาบๆ และหั่นเป็นชิ้นเล็กประมาณ 3 กรัม ชั่งตัวอย่างผักชีที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก

0.5000 ± 0.0005 กรัม ในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม

- 2.3.5.3 ตัวอย่างรากผักชีอีกส่วนหนึ่งนำมาทุบหยาบๆแล้วนำไปต้มกับน้ำ Milli Q ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแยกรากผักชีออกจากน้ำต้มโดยใช้คีมคีบสแตนเลส นำรากผักชีที่ต้มแล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งแบ่งใส่ขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร 0.5000 ± 0.0005 กรัม จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม
- 2.3.5.4 ส่วนน้ำต้มตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเปิดน้ำต้มปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม
- 2.3.5.5 จากนั้นนำขวดบรรจุไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการสกัดไว้ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.3.5 และ 2.3.3.9 ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งสภาวะของเครื่อง GC-MS เป็นอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.2.5 นำสารระเหยง่ายที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสารของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที

การทำ cooking process ในส่วนใบและลำต้นผักชี

- 2.3.5.6 กำหนดสภาวะของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.1 และกำหนดสภาวะอุณหภูมิในคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS ดังการทดลองที่ 2.3.1.2
- 2.3.5.7 ชั่งตัวอย่างใบผักชีประมาณ 8 กรัม จากนั้นทำการแบ่งใบผักชีออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งหั่นเป็นชิ้นเล็กประมาณ 4 กรัม ชั่งตัวอย่างผักชีที่หั่นเป็นชิ้นเล็กแล้ว 0.5000 ± 0.0005 กรัม ในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม
- 2.3.5.8 ตัวอย่างใบผักชีอีกส่วนหนึ่งนำมาลวกกับน้ำ Milli Q ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นแยกใบผักชีออกจากน้ำต้ม โดยใช้คีมคีบสแตนเลส นำใบผักชีที่ลวกแล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งแบ่งใส่ขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร 0.5000 ± 0.0005 กรัม จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม
- 2.3.5.9 ส่วนน้ำที่ใช้ลวกตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 นาที จากนั้นเปิดน้ำต้มปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลอคูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลอคูมิเนียม
- 2.3.5.10 จากนั้นนำขวดบรรจุไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการสกัดไว้ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.3.5 และ 2.3.3.9 ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งสภาวะของเครื่อง GC-MS เป็นอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ตามที่เลือกจากการ

ทดลองที่ 2.3.2.5 นำสารระเหยง่ายที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสารของเครื่อง GC-MS เป็นเวลา 5 นาที

2.3.5.11 นำส่วนของลำต้นมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนใบ ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.5.6 ถึง 2.3.5.10

2.3.6 การประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์

2.3.6.1 นำโครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายในผักชีตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับข้อมูลสารจาก NIST Library โดยดูที่ค่า Linear Retention Index (LRI) และ % probability เพื่อเลือกพีคที่สำคัญในผักชี

2.3.6.2 นำพื้นที่ใต้พีคของสารระเหยง่ายที่สำคัญมาคำนวณ %Normalization

2.3.6.3 นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลด้วยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA โดยใช้โปรแกรม Excel add-in Multibase package (Numerical Dynamics, Japan) เพื่อจัดกลุ่มผักชีที่มาจากส่วนที่ต่างกัน

2.3.7 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในตัวอย่างผักชี

2.3.7.1 ชั่งตัวอย่างผักชีโดยใช้ส่วนของรากที่ทุบหยาบๆและหั่นเป็นชิ้นเล็ก 0.5000 ± 0.0005 กรัม ลงในขวดบรรจุ (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดขวดด้วยฝาลูมิเนียมด้วยเครื่องผนึกฝาลูมิเนียม

2.3.7.2 จากนั้นนำขวดบรรจุไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิและ เวลาในการสกัดไว้ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.3.5 และ 2.3.3.9 ตามลำดับ ตั้งสภาวะของเครื่อง GC-O เป็นอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ตามที่เลือกจากการทดลองที่ 2.3.2.5 นำสารระเหยง่ายที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง GC-O ปลดปล่อยสารในส่วนปลดปล่อยสารของเครื่อง GC-O เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นพิจารณาสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในผักชี ระบุลักษณะของกลิ่น

2.3.7.3 นำส่วนของใบ ลำต้น และเมล็ดผักชีมาทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนราก ตั้งแต่ข้อที่ 2.3.7.1 ถึง 2.3.7.2 โดยส่วนของใบกับลำต้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก และส่วนของเมล็ดปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นลูมิเนียม

บทที่ 3

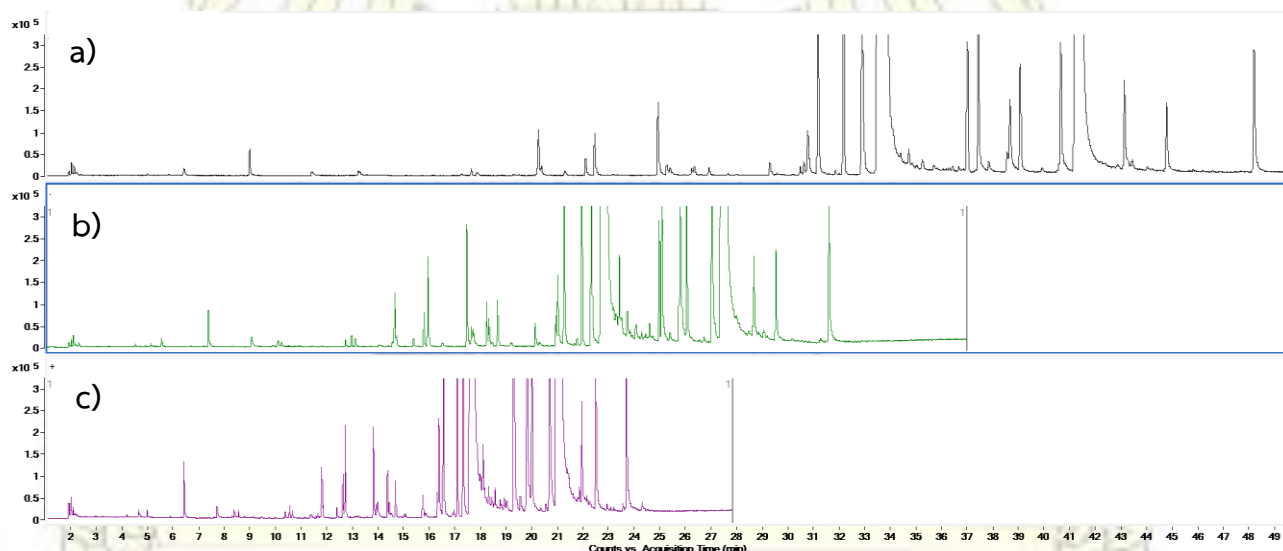
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สารระเหยง่ายในผักชีทั้ง 4 ส่วน คือ ราก ใบ ลำต้น และเมล็ด ที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค HS-SPME แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยในตอนแรกจะทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแยกสารออกจากกัน พื้นที่ใต้กราฟ และจำนวนของสารในโครมาโทแกรม ได้แก่

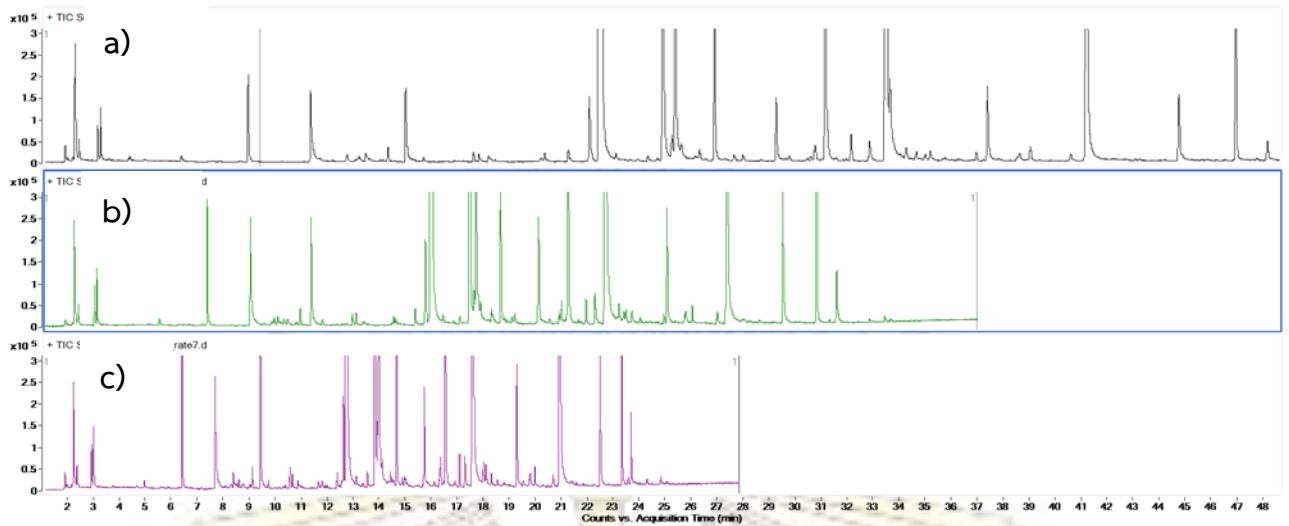
3.1 การหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 (rate temperature 1)

วิเคราะห์ตัวอย่างผักชีแต่ละส่วน โดยใช้การทดลองที่ 2.3.1 และสภาวะของ HS-SPME ดังนี้ อุณหภูมิเฮดสเปซ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 45 นาที และเวลาที่ใช้ในการปลดปล่อยสารระเหยง่ายในเครื่อง GC-MS 5 นาที ตั้งสภาวะของเครื่อง GC-MS โดยอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ของเครื่อง GC-MS เป็น split ratio 10:1 โดยเปลี่ยนอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ที่อัตรา 3, 5 และ 7 องศาเซลเซียสต่อนาที

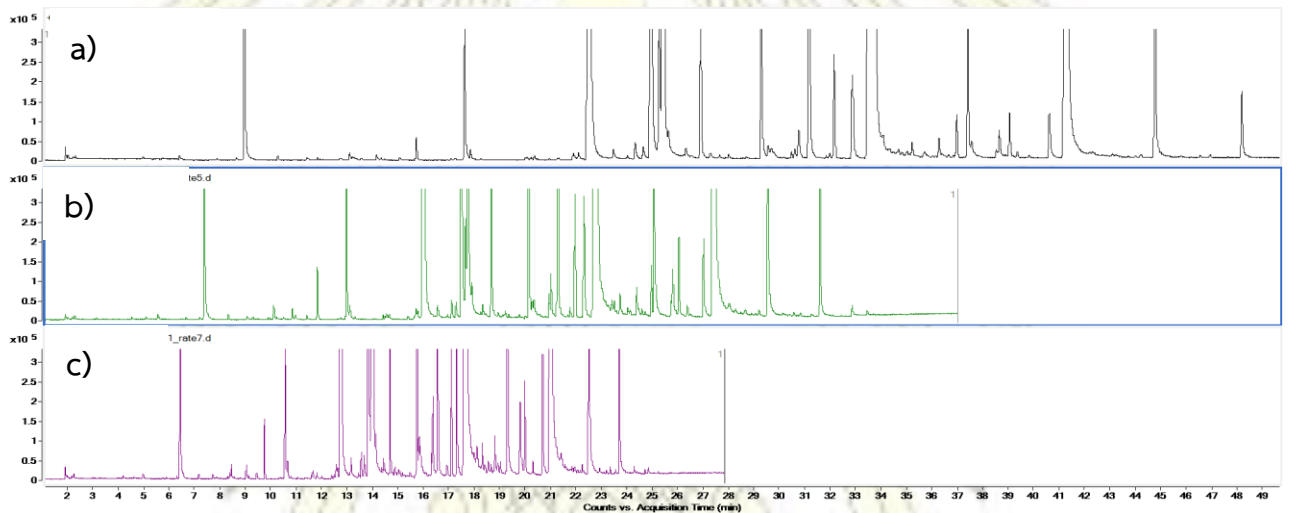
จากโครมาโทแกรมที่ได้พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ทั้ง 4 ส่วนของผักชี อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ที่เหมาะสม คือ ที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เนื่องจากจำนวนของสารที่ได้ และโครมาโทแกรมของสารแยกออกจากกันใกล้เคียงกับที่อัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที รวมทั้งระยะเวลาที่สารทั้งหมดใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ (retention time) เหมาะสม แสดงดังรูปที่ 3-1 ก) – ง)



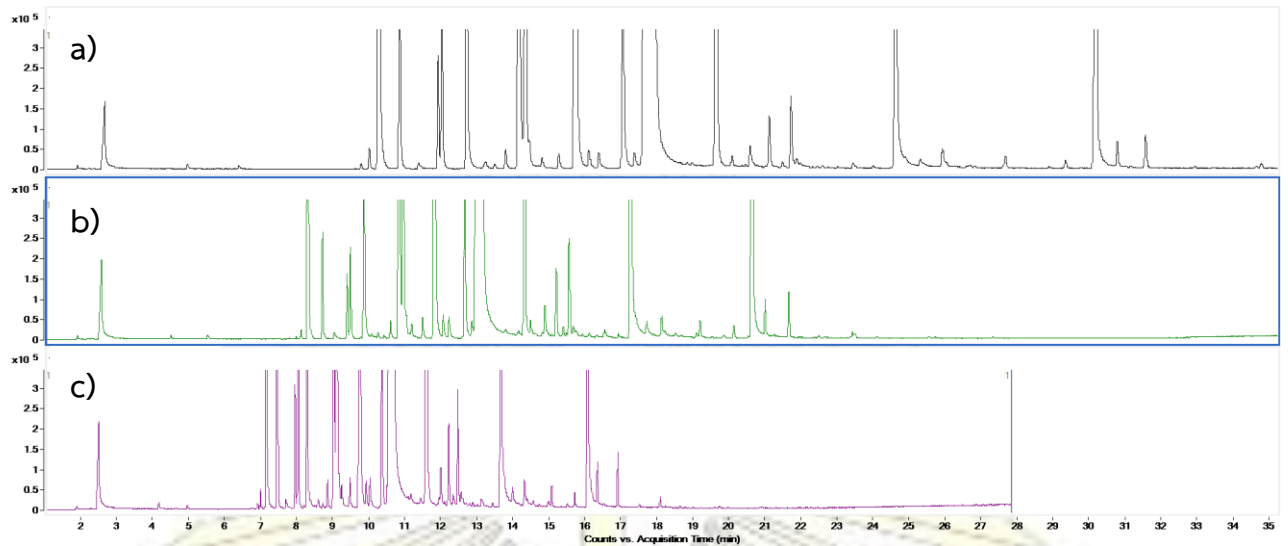
รูปที่ 3-1 ก) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนราก โดย a) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 3 °C/min b) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 5 °C/min และ c) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 7 °C/min



รูปที่ 3-1 ข) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนใบ โดย a) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 3 °C/min b) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 5 °C/min และ c) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 7 °C/min



รูปที่ 3-1 ค) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น โดย a) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 3 °C/min b) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 5 °C/min และ c) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 7 °C/min

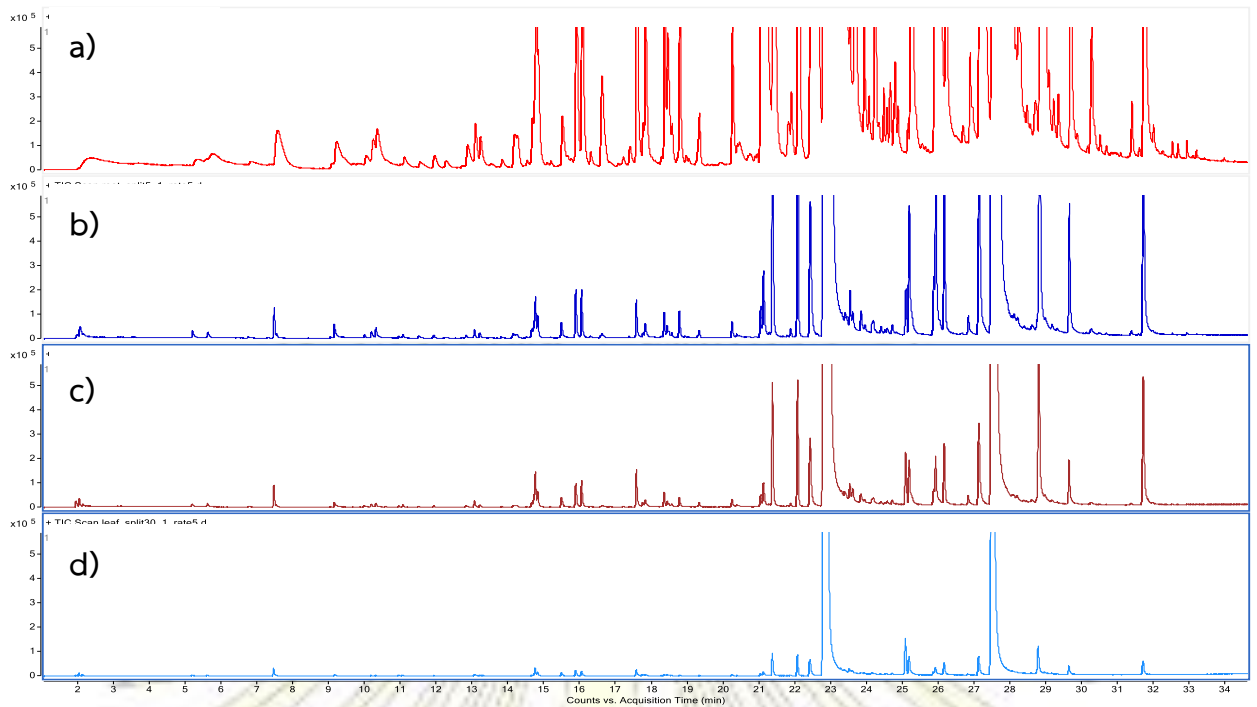


รูปที่ 3-1 ง) โครมาโทแกรมของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ในตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด โดย a) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 3 °C/min b) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 5 °C/min และ c) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ที่อัตรา 7 °C/min

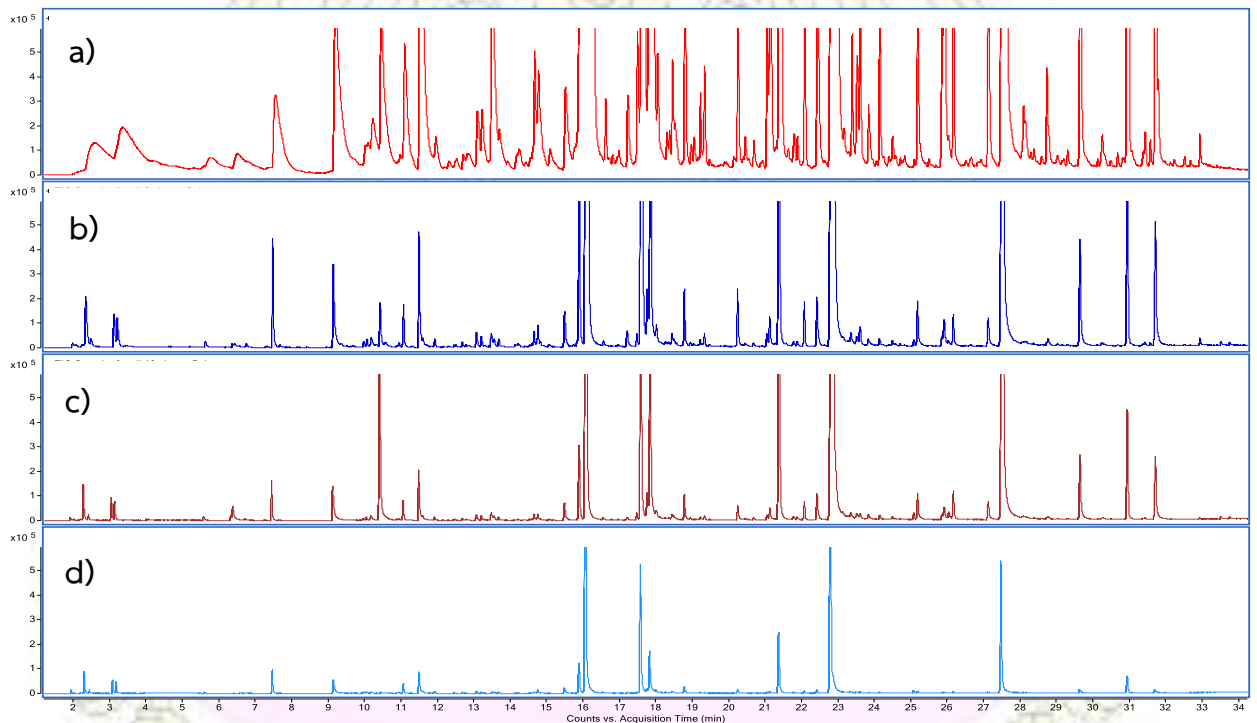
3.2 การหาอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ (splitless and split ratio)

วิเคราะห์ตัวอย่างผักชีแต่ละส่วน โดยใช้การทดลองที่ 2.3.1 และสภาวะของ HS-SPME ดังนี้ อุณหภูมิเฮดสเปซ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 45 นาที และเวลาที่ใช้ในการปลดปล่อยสารระเหยง่ายในเครื่อง GC-MS 5 นาที โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio อัตราส่วน 30:1 10:1 และ 5:1 และ splitless ตามลำดับ

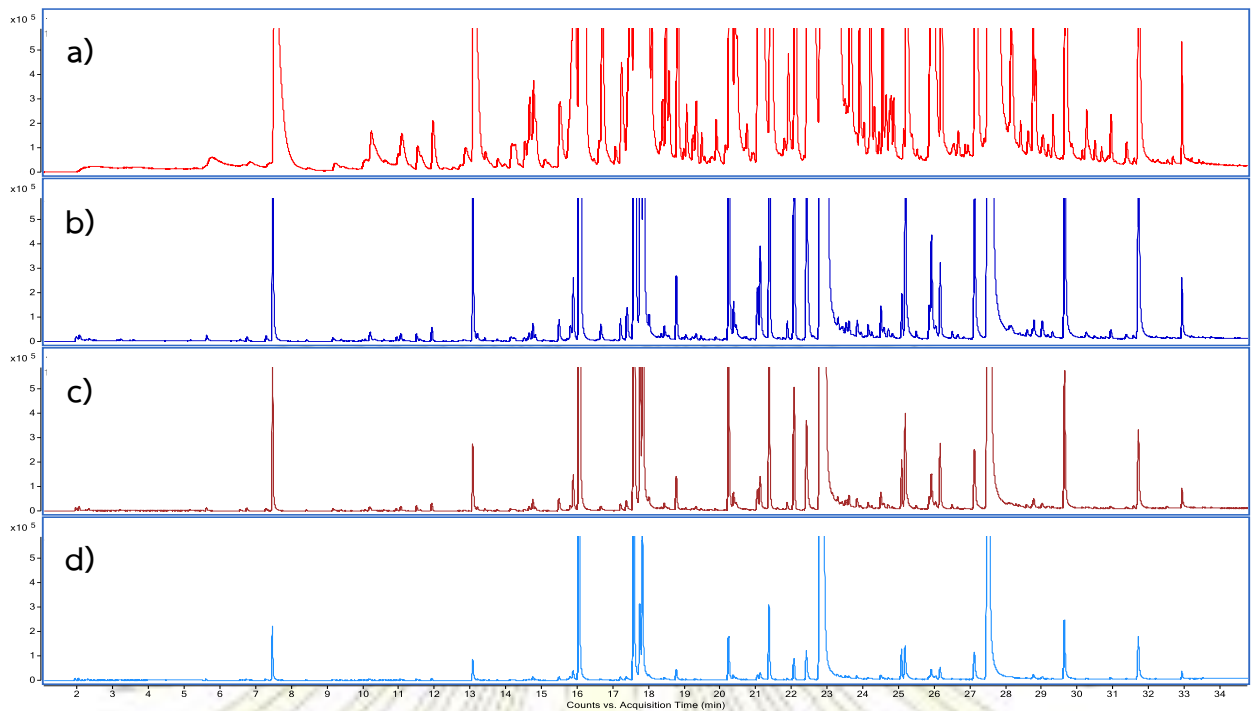
จากโครมาโทแกรมทั้ง 4 ส่วนที่วิเคราะห์ด้วยสภาวะ splitless ซึ่งเป็นสภาวะที่สารระเหยง่ายทั้งหมดจะถูกพาเข้าสู่คอลัมน์ พบว่าโครมาโทแกรมของสารไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เนื่องจากมีปริมาณของสารระเหยง่ายที่ถูกพาเข้าสู่คอลัมน์มาก และจากโครมาโทแกรมที่วิเคราะห์ด้วยสภาวะ split ratio พบว่า อัตราส่วนที่ 30:1 สารที่เข้าสู่คอลัมน์น้อยมากเกินไป ทำให้ตรวจวัดสารไม่ครบถ้วน จากนั้นทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนที่ 5:1 และ 10:1 พบว่าอัตราส่วนที่ทำให้สารแยกออกจากกันได้ดีที่สุดได้คือ อัตราส่วน 5:1 หมายความว่าถ้าฉีดสารเข้าเครื่อง GC-MS 5 ส่วน จะมีสารที่เข้าคอลัมน์ 1 ส่วน



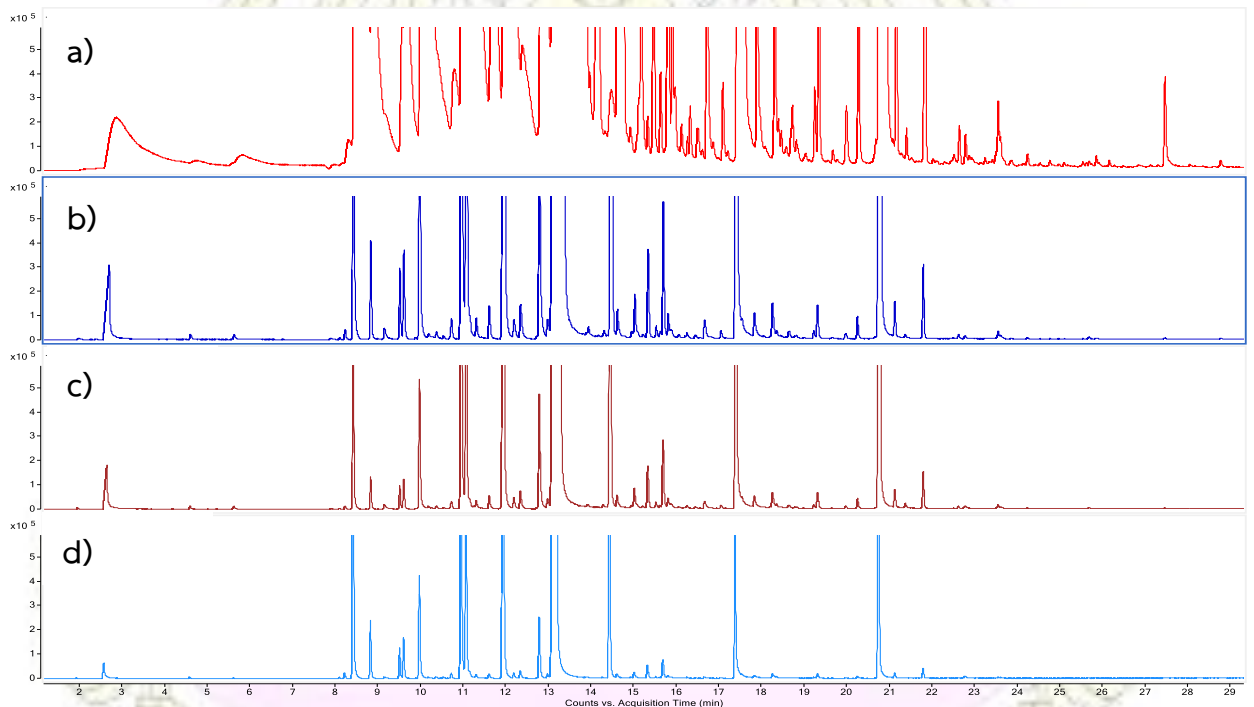
รูปที่ 3-2 ก) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนราก โดย a) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ splitless b) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 5:1 c) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 10:1 และ d) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 30:1



รูปที่ 3-2 ข) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนใบ โดย a) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ splitless b) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 5:1 c) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 10:1 และ d) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 30:1



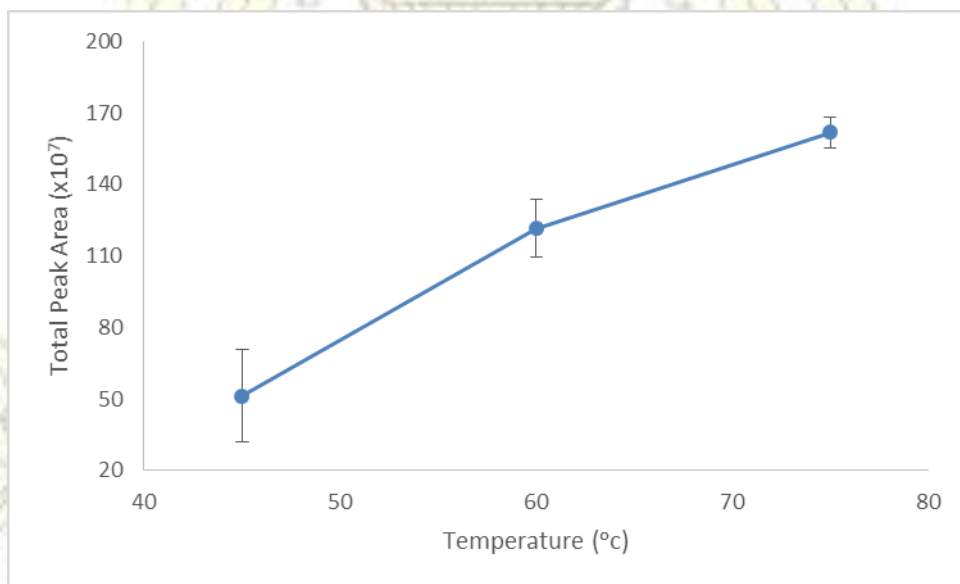
รูปที่ 3-2 ค) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น โดย a) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ splitless b) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 5:1 c) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 10:1 และ d) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 30:1



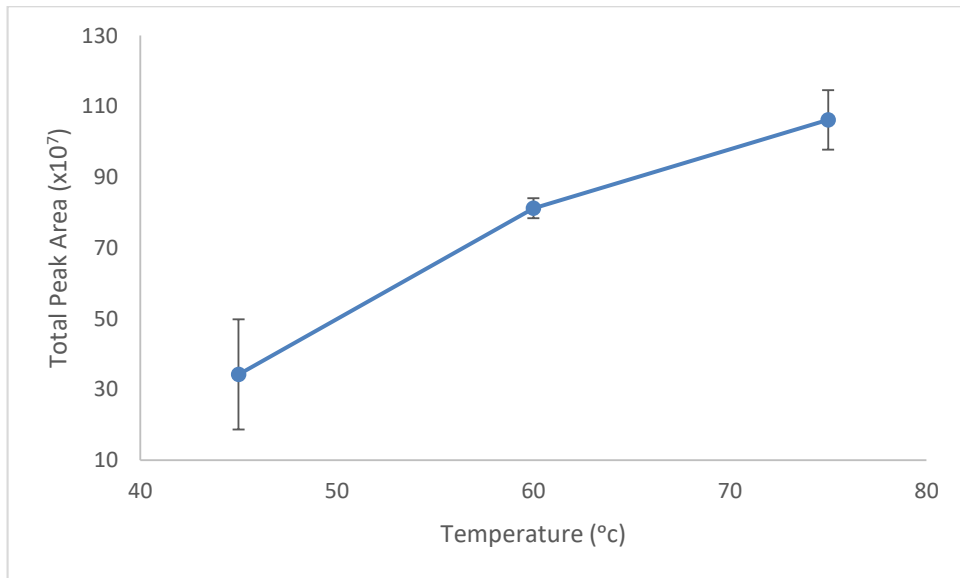
รูปที่ 3-2 ง) โครมาโทแกรมของอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ในตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด โดย a) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ splitless b) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 5:1 c) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 10:1 และ d) อัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ด้วยสภาวะ split ratio 30:1

3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการวิเคราะห์ที่ละตัวแปร (single factor optimization)

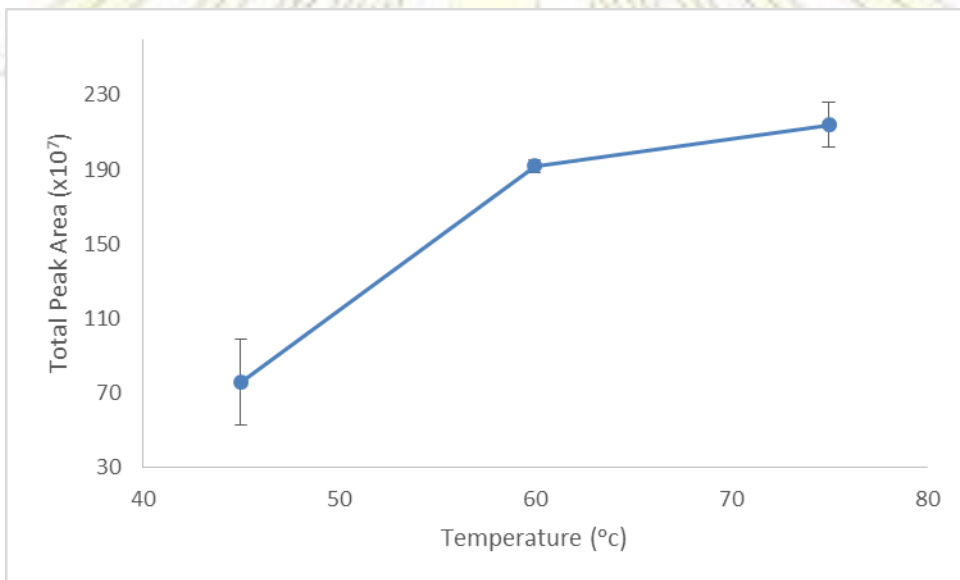
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีแต่ละส่วน โดยใช้การทดลองที่ 2.3.3 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการวิเคราะห์ที่ละตัวแปร (single factor optimization) ซึ่งเริ่มจากการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี โดยเริ่มสกัดที่อุณหภูมิ 45 60 และ 75 องศาเซลเซียสตามลำดับ กำหนดเวลาในการสกัดไว้ที่ 45 นาที แต่ละอุณหภูมิทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำพื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมมาเฉลี่ย พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี คือ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบโครมาโทแกรมทั้ง 4 ส่วน ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จะให้พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ยมากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีสารที่พบในโครมาโทแกรมครบถ้วนมากกว่าที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส รวมทั้งจากการทดลองซ้ำทั้ง 3 ครั้งมีความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ใต้กราฟรวมของสารน้อยที่สุด แสดงดังรูปที่ 3-3 ก) - ง) โดยการทดลองจะเห็นว่าในส่วนเมล็ด พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมที่ 60 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยกว่า 45 องศาเซลเซียส ทางผู้วิจัยคิดว่าสารระเหยง่ายในผักชีส่วนเมล็ดบางส่วนมีจุดเดือดต่ำ รวมทั้งการเตรียมตัวอย่างส่วนเมล็ดแตกต่างจากส่วนอื่นคือมีการใช้เครื่องปั่นอลูมิเนียม ตัวอย่างที่ได้จึงละเอียดกว่าการหั่นด้วยมีด ทำให้ระหว่างทำการทดลองอาจมีสารระเหยง่ายระเหยออกไปบางส่วน แต่ที่ 75 องศาเซลเซียส พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมมีพื้นที่มากขึ้นอาจเป็นผลมาจากเมื่อตัวอย่างผักชีได้รับความร้อนที่สูงมากพอที่จะทำให้สารระเหยที่มีจุดเดือดสูงระเหยออกมา จึงส่งผลให้ปริมาณของสารระเหยง่ายมากขึ้นตามไปด้วย



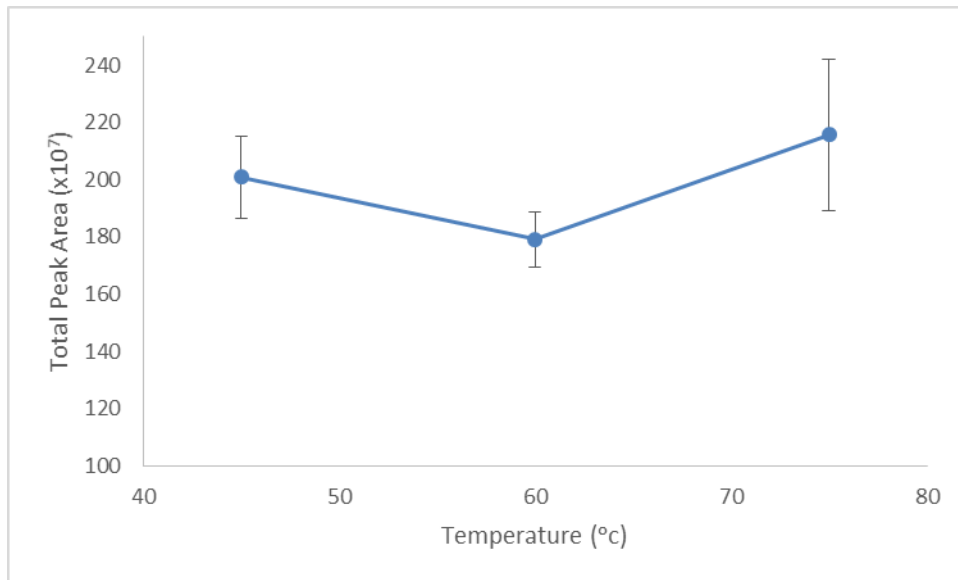
รูปที่ 3-3 ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนราก กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย



รูปที่ 3-3 ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนใบ กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย

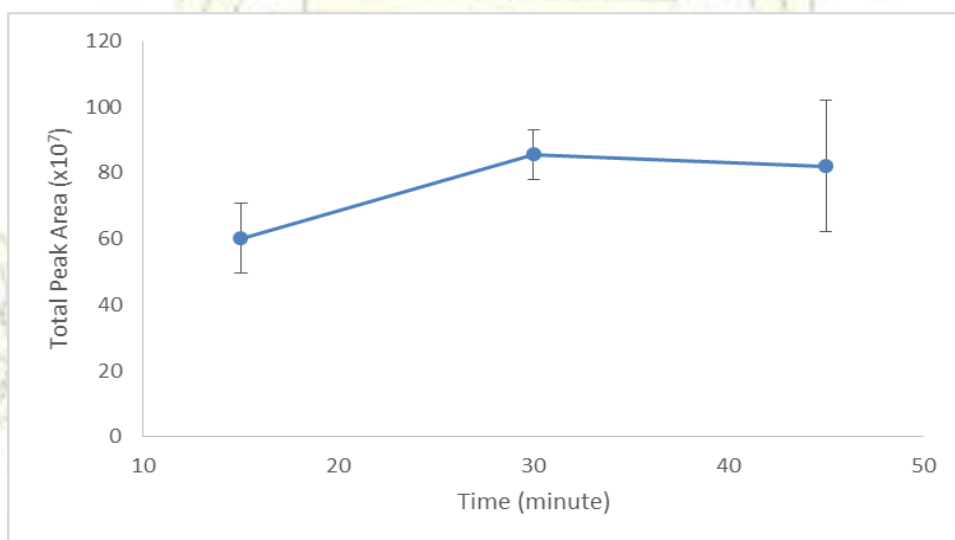


รูปที่ 3-3 ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย

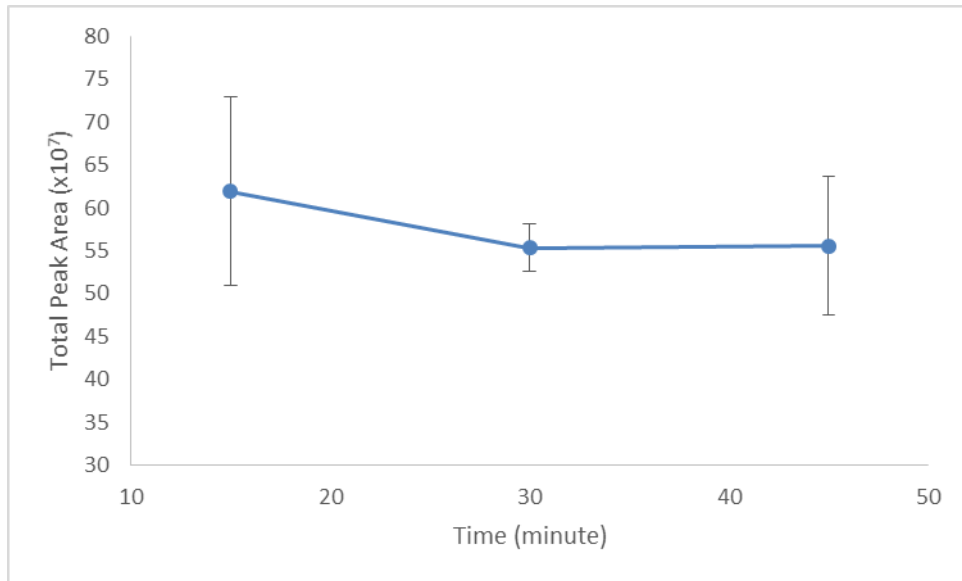


รูปที่ 3-3 ง) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย

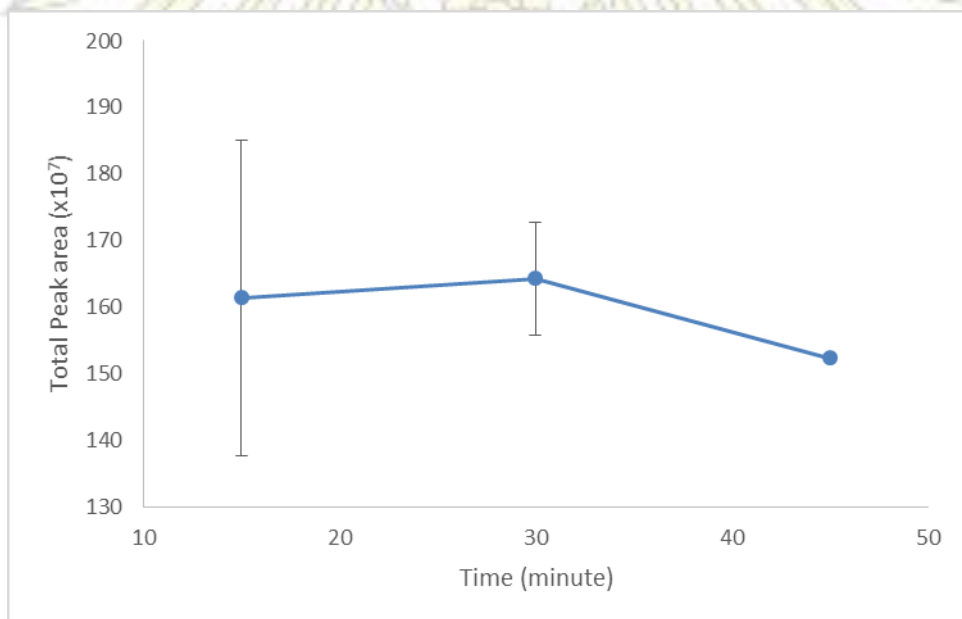
จากนั้นหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี โดยเริ่มสกัดที่เวลา 15 30 และ 45 นาทีตามลำดับ ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิในการสกัดที่ได้จากการทดลองก่อนหน้าคือ ที่ 60 องศาเซลเซียส แต่ละเวลาทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำพื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมมาเฉลี่ยพบว่าที่เวลา 30 นาทีให้พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ยมากที่สุด สารที่พบในโครมาโทแกรมครบถ้วนมากที่สุด และจากการทดลองซ้ำทั้ง 3 ครั้ง พื้นที่ใต้กราฟรวมของสารมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีที่ 30 นาที แสดงดังรูปที่ 3-3 จ) - ข) และจากรูปที่ 3-3 จ) - ข) จะเห็นว่าที่เวลา 15 นาที มีระยะเวลาในการสกัดสารระเหยง่ายค่อนข้างน้อยทำให้สมดุลระหว่างสารตัวอย่างกับไอของสารในบริเวณเสตสเปซยังไม่มีดี ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมมีค่าค่อนข้างมาก



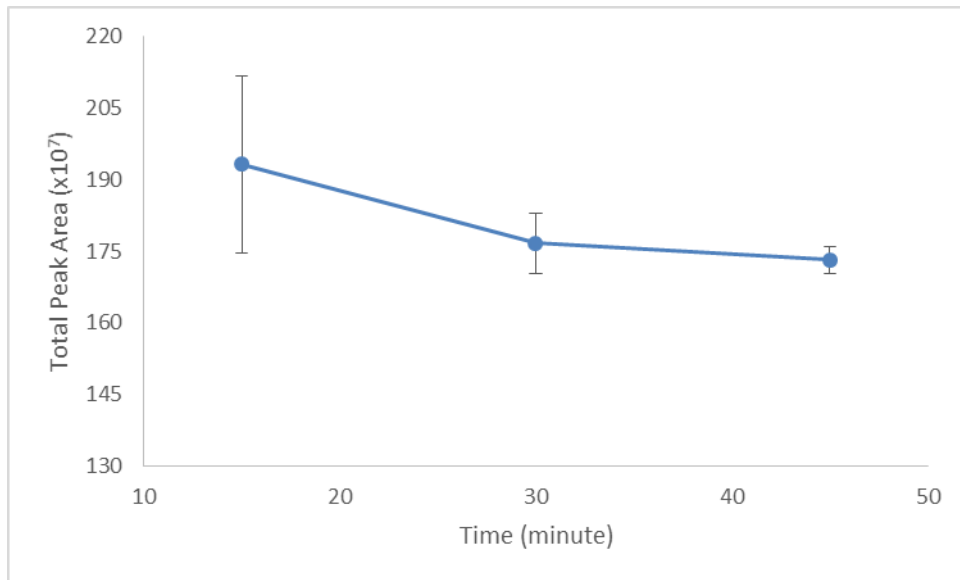
รูปที่ 3-3 จ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนราก กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย



รูปที่ 3-3 ฉ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนใบ กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย



รูปที่ 3-3 ช) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย



รูปที่ 3-3 (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด กับ พื้นที่ใต้พีกรวมของสารในโครมาโทแกรมเฉลี่ย

3.4 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีในแต่ละส่วน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีแต่ละส่วนโดยการสกัดใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้างต้น คือ อุณหภูมิในการสกัด 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการสกัด 30 นาที แต่ละส่วนทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง เมื่อนำโครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน มาพิจารณาเลือกพีคของสารระเหยง่ายที่สำคัญ พบว่ามีสารระเหยง่ายที่สำคัญทั้งหมด 120 สาร ดังตารางที่ 3-4 และมีลักษณะโครมาโทแกรมของสารระเหยทั้งหมดดังรูปที่ 3-4 ซึ่งจากการทดลองที่ได้สารระเหยหลักสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alessandra C. และคณะ¹⁴ กับ Chunhui D. และคณะ¹⁵ ที่ได้ทำวิจัยก่อนหน้านี้ คือ ส่วนราก ใบ และลำต้น มีสารระเหยหลักเหมือนกันคือ (E)-2-dodecenal และ (E)-2-tetradecenal ซึ่งในส่วนใบนอกจากสารระเหยที่กล่าวมาข้างต้นยังมี Decanal เป็นสารระเหยหลักอีกด้วย แต่สำหรับตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด มีสารระเหยหลักคือ linalool และ γ -Terpinene

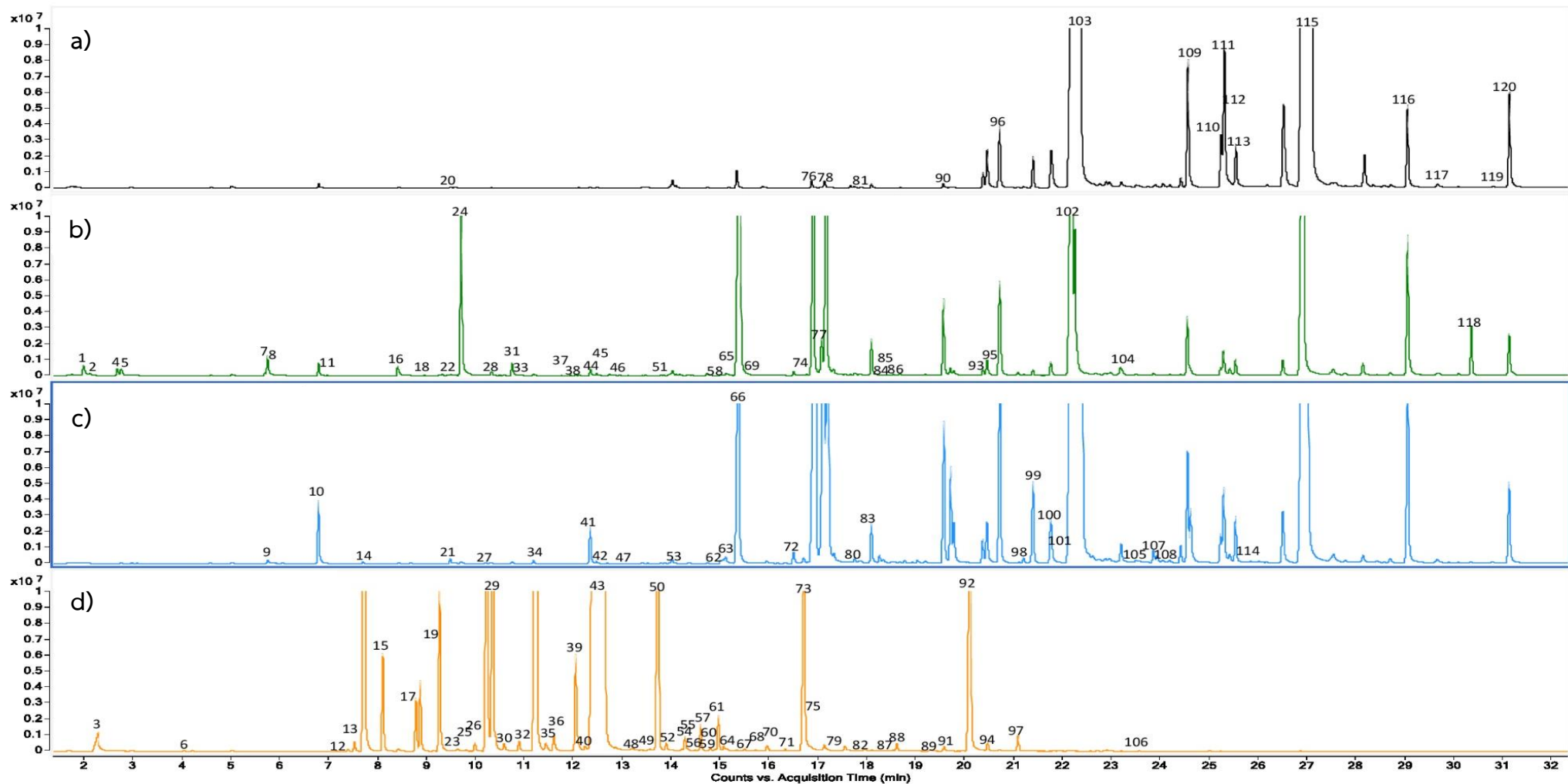
ตารางที่ 3.4 สารระเหยง่ายที่สำคัญทั้งหมดที่สกัดได้จากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LRI	
				Exp	Database
1	1.98	Dimethyl sulfide	75-18-3	< 600	520±7(53)
2	2.10	isobutyraldehyde	78-84-2	< 600	552±4(67)
3	2.28	Acetic acid	64-19-7	601	610±10(91)
4	2.66	3-methylbutanal	590-86-3	646	652±5(214)
5	2.75	2-methylbutanal	96-17-3	656	662±8(146)
6	4.03	Toluene	108-88-3	764	763±8(328)
7	5.68	(E)-2-hexenal	6728-26-3	852	854±3(243)
8	5.74	(E)-3-Hexen-1-ol	928-97-2	854	852±3(41)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LRI	
				Exp	Database
9	6.06	1,3-Dimethylbenzene	108-38-3	868	866±7(170)
10	6.78	Nonane	111-84-2	900	900
11	6.96	3-(Methylthio)propanal	3268-49-3	907	907±3(193)
12	7.38	1,7,7-Trimethyltricyclo[2.2.1.0,2,6]heptane	508-32-7	923	925±2(220)
13	7.51	2-Methyl-5-(1-methylethyl)-bicyclo(3.1.0)hex-2-ene	2867-05-2	928	929±2(489)
14	7.70	α -Pinene	80-56-8	935	937±3(996)
15	8.09	Camphene	79-92-5	950	952±2(610)
16	8.40	Benzaldehyde	100-52-7	961	962±3(416)
17	8.77	Sabinene	3387-41-5	975	974±2(619)
18	8.86	β -Pinene	127-91-3	978	979±2(849)
19	9.25	β -Mycene	123-35-3	991	991±2(841)
20	9.26	2-pentylfuran	3777-69-3	992	993±2(178)
21	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	995	990±6(83)
22	9.58	Octanal	124-13-0	1004	1003±2(364)
23	9.63	α -Phellandrene	99-83-2	1006	1005±2(509)
24	9.70	(Z)-3-Hexen-1-ol acetate	3681-71-8	1007	1005±2(74)
25	9.79	3-Carene	13466-78-9	1012	1011±2(336)
26	9.97	α -Terpinene	99-86-5	1018	1017±2(534)
27	10.20	p-Cymene	99-87-6	1026	1025±2(819)
28	10.32	Limonene	138-86-3	1030	1030±2(1005)
29	10.38	Eucalyptol	470-82-6	1033	1032±2(580)
30	10.57	(3Z)-3,7-dimethylocta-1,3,6-triene	3338-55-4	1039	1038±2(446)
31	10.73	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	1045	1045±4(378)
32	10.87	(E)- β -ocimene	3779-61-1	1049	1049±2(548)
33	10.96	1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	1052	1047±5(27)
34	11.19	γ -Terpinene	99-85-4	1061	1060±3(739)
35	11.42	(1R,4R,5S)-4-methyl-1-propan-2-ylbicyclo[3.1.0]hexan-4-ol	15537-55-0	1069	1070±4(50)
36	11.59	2-(5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl)propan-2-ol	5989-33-3	1075	1074±4(179)
37	11.70	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	1758-88-9	1078	1074±12(7)
38	11.74	1-Ethyl-2,4-dimethylbenzene	874-41-9	1080	1075±6(24)
39	12.03	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	586-62-9	1090	1088±2(607)
40	12.23	methylbenzoate	93-58-3	1097	1094±3(86)
41	12.33	Undecane	1120-21-4	1100	1100
42	12.46	Nonanal	124-19-6	1105	1104±2(556)
43	12.64	linalool	78-70-6	1111	1099±2(976)
44	12.73	Phenylethyl Alcohol	60-12-8	1115	1116±5(261)
45	12.80	1,2,4,5-tetramethyl-benzene	95-93-2	1117	1116±9(32)
46	12.93	1,2,3,5-tetramethyl-benzene	527-53-7	1122	1117±9(24)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LRI	
				Exp	Database
47	13.03	3-Octyl acetate	4864-61-3	1125	1123±1(15)
48	13.21	alloocimene	673-84-7	1131	1131±2(89)
49	13.56	(E,E)-2,6-alloocimene	3016-19-1	1144	1144±1(4)
50	13.72	Camphor	76-22-2	1151	1145±2(386)
51	13.79	4-Methylindane	824-22-6	1152	1145±7(12)
52	13.86	Citronellal	106-23-0	1153	1153±2(103)
53	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	56318-84-4	1160	1161±N/A(1)
54	14.20	Pinocarpone	30460-92-5	1167	1164±N/A(1)
55	14.27	endo-Borneol	507-70-0	1170	1167±2(422)
56	14.47	linalool oxide	14049-11-7	1177	1178±6(4)
57	14.59	(R)-1-Isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol	20126-76-5	1182	1182±0(3)
58	14.72	Naphthalene	91-20-3	1186	1182±8(183)
59	14.78	1-Methyl-4-(1-hydroxy-1-methylethyl)benzene	1197-01-9	1188	1183±2(237)
60	14.88	3,7-dimethyl-octa-1,5-diene-3,7-diol	13741-21-4	1191	1190±7(14)
61	14.95	L- α -Terpineol	10482-56-1	1194	1190±3(2)
62	15.00	cis-4-Decenal	21662-09-9	1195	1193±1(12)
63	15.05	Methyl salicylate	119-36-8	1198	1192±2(145)
64	15.12	(6,6-dimethyl-4-bicyclo[3.1.1]hept-3-enyl)methanol	515-00-4	1200	1195±2(203)
65	15.13	Estragole	140-67-0	1200	1196±1(86)
66	15.36	Decanal	112-31-2	1208	1206±2(406)
67	15.49	Berbenone	80-57-9	1214	1205±2(185)
68	15.71	trans-Carveol	1197-07-5	1221	1217±2(216)
69	15.81	2,6,6-trimethylcyclohex-1-ene-1-carbaldehyde	432-25-7	1225	1220±3(75)
70	15.94	3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol	106-22-9	1229	1228±3(181)
71	16.32	(Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dienal	106-26-3	1243	1240±3(168)
72	16.48	(Z)-2-Decenal	2497-25-8	1249	1252±2(23)
73	16.70	Geraniol	106-24-1	1257	1255±3(343)
74	16.79	2-Phenylethyl acetate	103-45-7	1259	1258±3(76)
75	16.83	3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol	624-15-7	1262	1260±N/A(1)
76	16.89	(E)-2-Decenal	3913-81-3	1264	1263±3(117)
77	17.07	9-decen-1-ol	13019-22-2	1270	1262±5(3)
78	17.15	1-Decanol	112-30-1	1273	1273±2(70)
79	17.54	Anethole	104-46-1	1288	1286±2(6)
80	17.65	1-Tridecene	2437-56-1	1291	1292±1(42)
81	17.87	tridecane	629-50-5	1300	1300
82	17.95	Methyl-5-(1-methylethyl)phenol	499-75-2	1303	1299±2(278)
83	18.08	Undecanal	112-44-7	1308	1307±2(152)
84	18.25	1-ethylideneindene	2471-83-2	1314	1315±N/A(1)

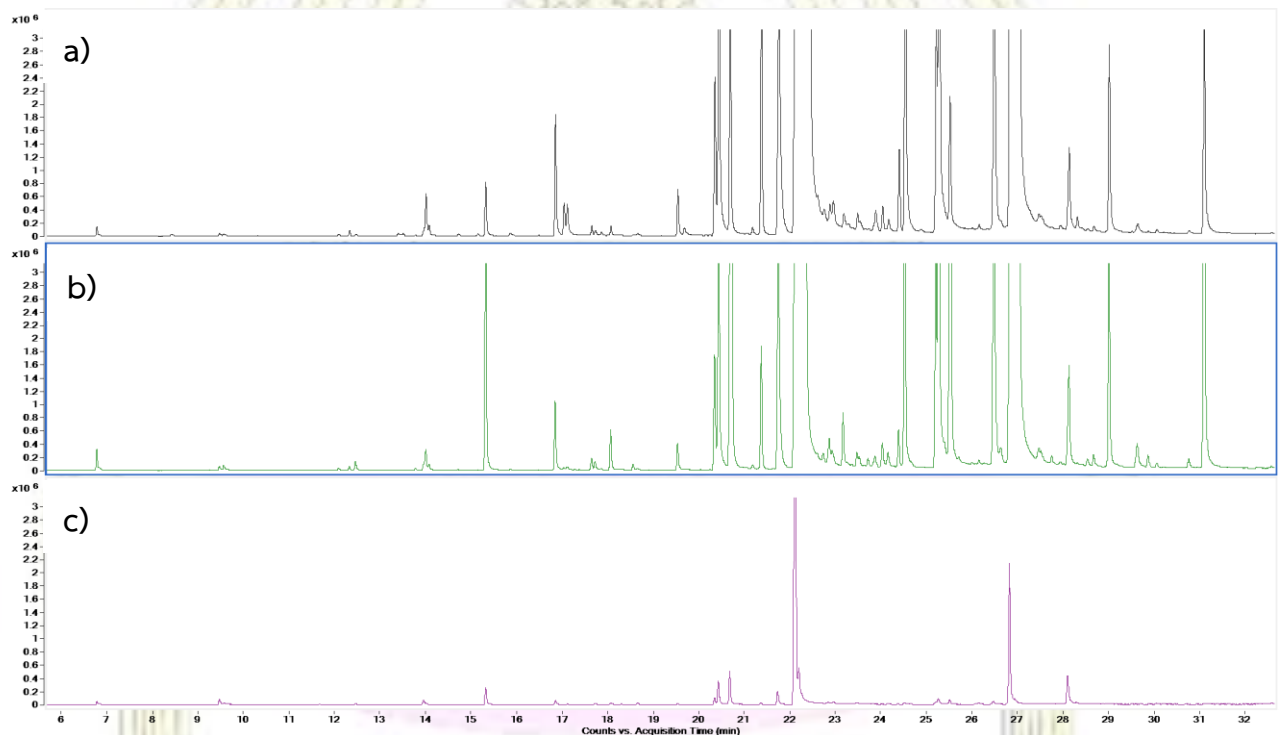
No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LRI	
				Exp	Database
85	18.33	(E,E)-2,4-decadienal	25152-84-5	1318	1317±3(248)
86	18.52	Methyl Decanoate	110-42-9	1325	1325±1(48)
87	18.52	E-Methylgeranate	1189-09-9	1325	1324±2(13)
88	18.60	Myrtenyl acetate	1079-01-2	1329	1327±4(22)
89	19.28	3,7-Dimethyl-6-octenyl acetate	150-84-5	1355	1354±2(99)
90	19.55	2-Undecenal	2463-77-6	1365	1367±7(24)
91	19.55	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	141-12-8	1365	1364±4(151)
92	20.10	geranyl acetate	105-87-3	1387	1382±3(206)
93	20.35	β -Elemene	515-13-9	1396	1391±2(521)
94	20.45	Tetradecane	629-59-4	1400	1400
95	20.59	Methyl eugenol	93-15-2	1405	1402±3(166)
96	20.69	Dodecanal	112-54-9	1410	1409±4(141)
97	21.07	Caryophyllene	87-44-5	1427	1419±3(983)
98	21.19	γ -elemene	29873-99-2	1430	1433±3(118)
99	21.38	α -Guaiene	3691-12-1	1438	1439±2(126)
100	21.74	2-Dodecenal	4826-62-4	1453	1465±1(2)
101	21.90	α -Caryophyllene	6753-98-6	1461	1454±3(792)
102	22.25	(E)-2-dodecenal	20407-84-5	1474	1468±5(17)
103	22.35	trans-2-Dodecen-1-ol	69064-37-5	1478	1478±5(4)
104	22.51	Tridecanal	10486-19-8	1511	1512±5(55)
105	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	21662-16-8	1525	1524±N/A(1)
106	23.54	(+)- δ -Cadinene	483-76-1	1529	1524±2(751)
107	23.91	(1S,2R,5R)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	58319-05-4	1544	1543±3(17)
108	24.03	Elemol	639-99-6	1549	1549±2(169)
109	24.54	(E)-2-tridecenal	7069-41-2	1570	1571±3(3)
110	25.21	(Z)-7-tetradecenal	65128-96-3	1599	1597±N/A(1)
111	25.28	(Z)-9-tetradecenal	53939-27-8	1602	1603±N/A(1)
112	25.39	13-Tetradecenal	85896-31-7	1607	1608±N/A(1)
113	25.52	Tetradecanal	124-25-4	1613	1613±2(111)
114	25.82	epicubenol	19912-67-5	1628	1627±2(144)
115	26.99	(E)-2-tetradecenal	51534-36-2	1679	1673±N/A(1)
116	29.03	cis-9-Hexadecenal	56219-04-6	1776	1780±21(4)
117	29.64	cis-11-Hexadecenal	53939-28-9	1805	1805±5(2)
118	30.33	Neophytadiene	504-96-1	1840	1837±5(19)
119	30.78	10-Octadecenal	56554-92-8	1862	1863±N/A(1)
120	31.11	(E)-2-Hexadecenal	22644-96-8	1879	1878±N/A(1)



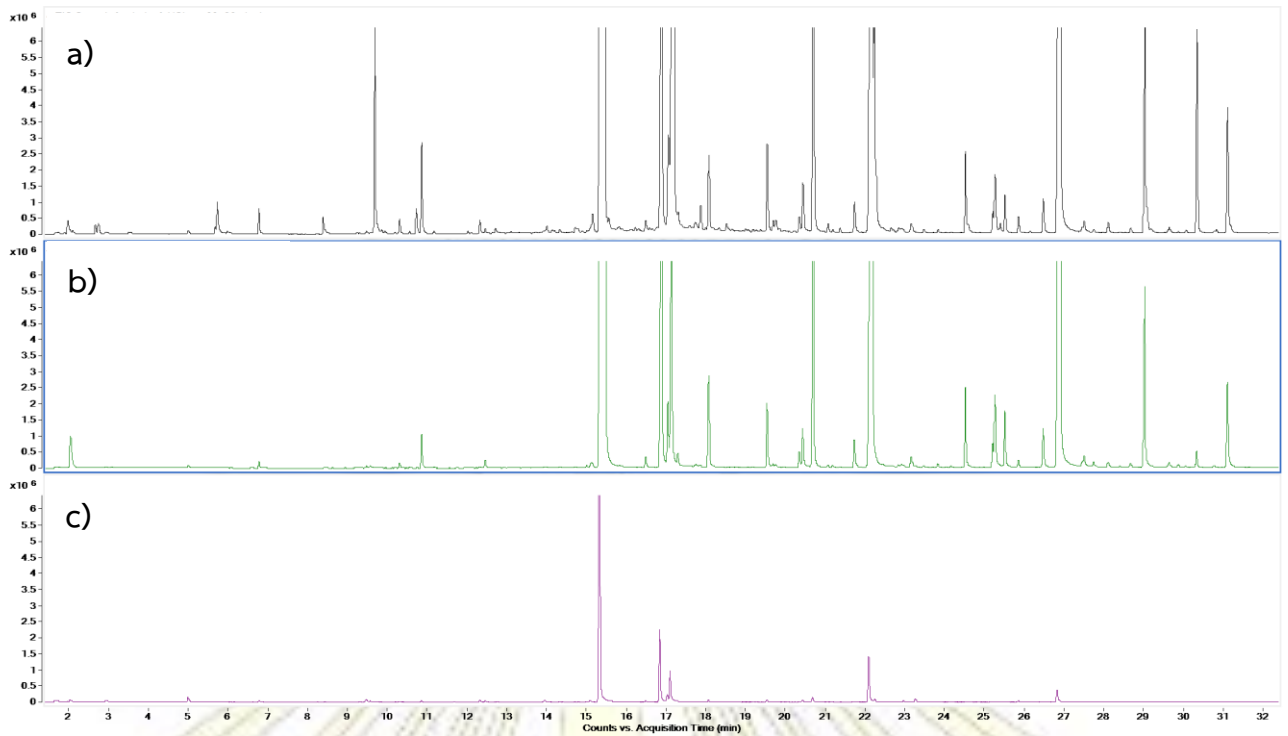
รูปที่ 3-4 โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายที่สำคัญทั้งหมดที่สกัดได้จากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน โดย a) ราก b) ใบ c) ลำต้น และ d) เม็ด

3.5 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่สำคัญซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีจากการทำ cooking process

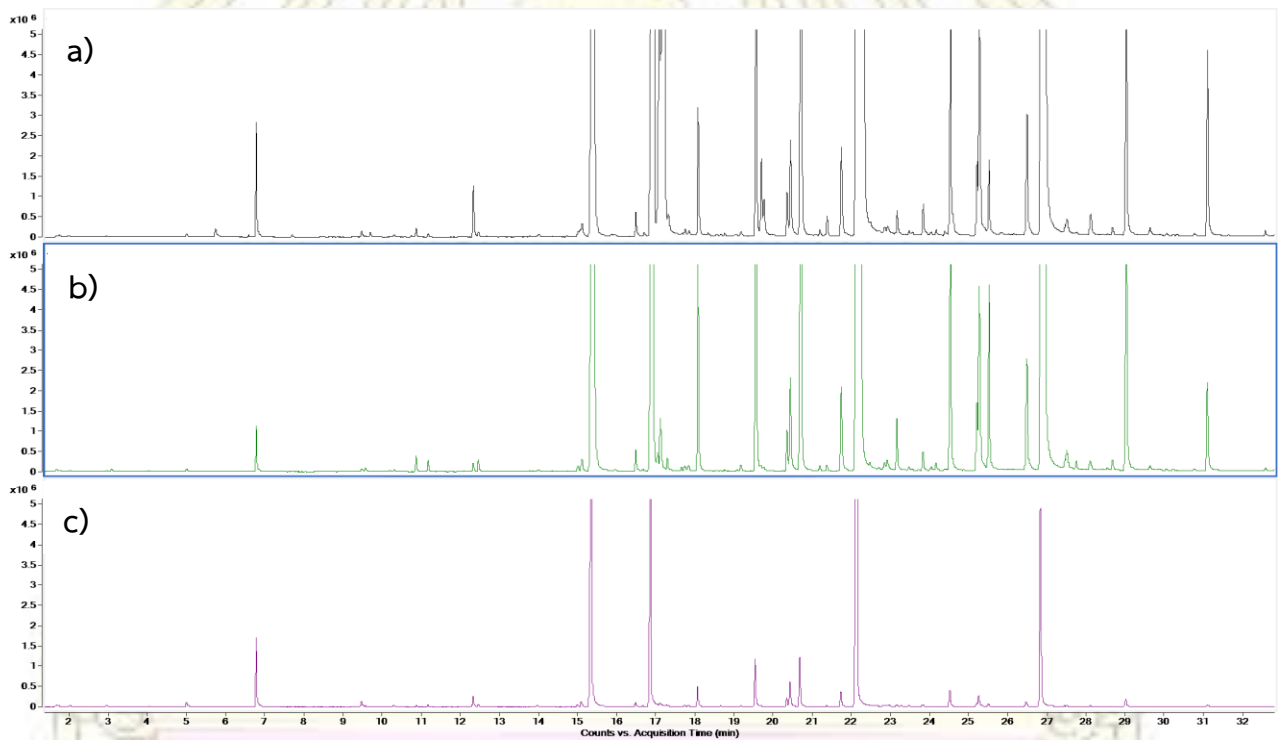
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชีแต่ละส่วน โดยใช้การทดลองที่ 2.3.5 ซึ่งทำการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในผักชีสด ผักชีที่ถูกนำไปต้มหรือลวก และน้ำที่ผ่านการต้มหรือลวกผักชีแล้ว โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งโครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายทั้งหมดที่ได้มีลักษณะ ดังรูปที่ 3-5 ก) – ค) โดยการเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีเมื่อผ่านกระบวนการ cooking process มากขึ้นหรือน้อยลงนั้นสามารถแสดงได้โดยใช้ค่า %change เป็นตัวบ่งบอก ซึ่งหาจากการนำพื้นที่ใต้พีกของสารระเหยง่ายในโครมาโทแกรมจากตัวอย่างผักชีสด ผักชีที่ถูกนำไปต้มหรือลวก และน้ำที่ผ่านการต้มหรือลวกผักชีแล้วมาคำนวณหา % Normalization โดย %change ของการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-5 ก) – ค) โดยถ้าหาก %change มีค่าเป็นลบ อาจเกิดจากสารระเหยง่ายในผักชีระเหยออกไปบางส่วน เนื่องจากมีการให้ความร้อน แต่ถ้า %change มีค่าเป็นบวก เกิดจากสารระเหยง่ายตัวนั้นสามารถละลายน้ำได้ดี จึงส่งผลให้การสกัดสารระเหยง่ายออกจากผักชีดีขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณของสารระเหยในผักชีส่วนใบส่วนใหญ่ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการ cooking process เพราะส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ แต่สำหรับผักชีส่วนใบและลำต้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารระเหยในผักชีเมื่อผ่านกระบวนการ cooking process มีปริมาณมากขึ้นและลดลงใกล้เคียงกัน โดยสำหรับค่า %change ที่มีค่าเท่ากับ -100 หมายความว่า ไม่ตรวจพบสารระเหยง่าย ในผักชีหรือน้ำที่ผ่านกระบวนการ cooking process แล้ว



รูปที่ 3-5 ก) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วนราก โดย a) รากผักชีสด b) รากผักชีที่ถูกนำไปต้ม และ c) น้ำที่ผ่านการต้มรากผักชีแล้ว



รูปที่ 3-5 ข) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วนใบ โดย a) ใบผักชีสด b) ใบผักชีที่ถูกนำไปลวก และ c) น้ำที่ผ่านการลวกใบผักชีแล้ว



รูปที่ 3-5 ค) โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายของการทำ cooking process จากตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น โดย a) ลำต้นผักชีสด b) ลำต้นผักชีที่ถูกนำไปลวก และ c) น้ำที่ผ่านการลวกลำต้นผักชีแล้ว

ตารางที่ 3.5 ก) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชิ้นส่วน
ราก

No.	Compound	Roots			%change	
		Fresh	Boiled	Water	Boiled	Water
1	Nonane	0.0371	0.0830	0.2172	124	485
2	2-pentylfuran	0.0026	0.0017	0.0249	-32.1	871
3	Octanal	0.0104	0.0156	0.1087	49.5	945
4	p-Cymene	0.0008	0.0004	0.0222	-47.1	2832
5	Limonene	0.0034	0.0008	0.1642	-75.5	4668
6	γ -Terpinene	0.0025	0.0021	0.0000	-16.8	-100
7	Undecane	0.0181	0.0165	0.0000	-9.00	-100
8	Nonanal	0.0083	0.0348	0.4404	318	5195
9	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	0.0803	0.0346	0.0000	-56.9	-100
10	Naphthalene	0.0100	0.0025	0.0000	-75.3	-100
11	Estragole	0.0065	0.0000	0.0000	-100	-100
12	Decanal	0.1594	0.7326	1.9478	360	1122
13	(E)-2-Decenal	0.3027	0.2130	0.4797	-29.6	58.5
14	9-decen-1-ol	0.0687	0.0126	0.0233	-81.7	-66.1
15	1-Decanol	0.0970	0.0178	0.0461	-81.6	-52.5
16	1-Tridecene	0.0547	0.0423	0.0230	-22.7	-58.0
17	tridecane	0.0129	0.0068	0.0000	-47.1	-100
18	Undecanal	0.0383	0.1224	0.4014	220	948
19	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	0.1100	0.0835	0.0761	-24.2	-30.9
20	β -Elemene	0.3788	0.3730	0.6401	-1.50	69.0
21	Dodecanal	0.8196	4.0929	4.1385	399	405
22	Caryophyllene	0.0181	0.0139	0.1133	-23.4	525
23	α -Guaiene	0.5981	0.4254	0.0000	-28.9	-100
24	2-Dodecenal	0.9428	1.0114	1.4814	7.30	57.1
25	(E)-2-dodecenal	40.166	42.840	66.174	6.70	64.8
26	trans-2-Dodecen-1-ol	12.537	0.0000	5.1949	-100	-58.6
27	Tridecanal	0.0476	0.1495	0.0000	214	-100
28	(E,E)-2,4-dodecadial	0.0373	0.0382	0.1942	2.30	420
29	(E)-2-tridecenal	1.2465	1.1102	0.2071	-10.9	-83.4
30	(Z)-7-tetradecenal	0.6109	0.6320	0.2173	3.40	-64.4
31	(Z)-9-tetradecenal	1.8975	1.9064	0.7261	0.50	-61.7
32	13-Tetradecenal	0.1204	0.0935	0.0000	-22.3	-100
33	Tetradecanal	0.4257	3.1966	0.5388	651	26.6
34	(E)-2-tetradecenal	37.685	40.071	16.293	6.30	-56.8
35	cis-9-Hexadecenal	0.5227	0.6648	0.0441	27.2	-91.6
36	cis-11-Hexadecenal	0.0425	0.1003	0.0000	136	-100

No.	Compound	Roots			%change	
		Fresh	Boiled	Water	Boiled	Water
37	10-Octadecenal	0.0104	0.0294	0.0000	181	-100
38	(E)-2-Hexadecenal	0.8701	1.8284	0.0621	110	-92.9

ตารางที่ 3.5 ข) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชีส่วนใบ

No.	Compound	Leaves			%change	
		Fresh	Soft boiled	Water	Soft boiled	Water
1	Dimethyl sulfide	0.3471	0.0000	0.1045	-100	-69.9
2	isobutyraldehyde	0.0507	0.4316	0.4097	751	708
3	3-methylbutanal	0.1117	0.0000	0.0000	-100	-100
4	2-methylbutanal	0.1657	0.0000	0.0000	-100	-100
5	(E)-2-hexenal	0.0279	0.0000	0.0000	-100	-100
6	(E)-3-Hexen-1-ol	0.1479	0.0000	0.0000	-100	-100
7	Nonane	0.3003	0.0706	0.1866	-76.5	-37.9
8	3-(Methylthio)propanal	0.0020	0.0000	0.0000	-100	-100
9	Benzaldehyde	0.2690	0.0131	0.0000	-95.1	-100
10	Sabinene	0.0008	0.0000	0.0000	-100	-100
11	β -Pinene	0.0011	0.0000	0.0000	-100	-100
12	β -Mycene	0.0208	0.0053	0.0000	-74.4	-100
13	1,2,4-trimethylbenzene	0.0130	0.0042	0.0000	-67.8	-100
14	Octanal	0.0031	0.0223	0.0000	616	-100
15	(Z)-3-Hexen-1-ol acetate	0.9822	0.0000	0.0000	-100	-100
16	p-Cymene	0.0159	0.0049	0.0000	-69.4	-100
17	Limonene	0.2172	0.0627	0.1519	-71.1	-30.1
18	Benzeneacetaldehyde	0.3654	0.0122	0.0000	-96.6	-100
19	(E)- β -ocimene	1.2367	0.3583	0.2052	-71.0	-83.4
20	γ -Terpinene	0.0287	0.0084	0.0000	-70.7	-100
21	1-methyl-2-propylbenzene	0.0011	0.0000	0.0000	-100	-100
22	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	0.0029	0.0000	0.0000	-100	-100
23	1-Ethyl-2,4-dimethylbenzene	0.0039	0.0000	0.0000	-100	-100
24	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	0.0291	0.0063	0.0000	-78.3	-100
25	Undecane	0.1634	0.0151	0.3177	-90.8	94.4
26	Nonanal	0.0480	0.0932	0.1982	94.1	313
27	Phenylethyl Alcohol	0.0864	0.0000	0.0000	-100	-100
28	1,2,4,5-tetramethyl-benzene	0.0300	0.0000	0.0000	-100	-100
29	1,2,3,5-tetramethyl-benzene	0.0084	0.0000	0.0000	-100	-100
30	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	0.0720	0.0000	0.0000	-100	-100
31	Naphthalene	0.0341	0.0181	0.0263	-47.0	-22.9

No.	Compound	Leaves			%change	
		Fresh	Soft boiled	Water	Soft boiled	Water
32	cis-4-Decenal	0.0208	0.0862	0.2810	314	1251
33	Estragole	0.2173	0.0000	0.0000	-100	-100
34	Decanal	34.362	40.651	58.496	18.3	70.2
35	2,6,6-trimethylcyclohex-1-ene-1-carbaldehyde	0.0630	0.0000	0.0000	-100	-100
36	(Z)-2-Decenal	0.1560	0.0816	0.2465	-47.7	58.0
37	2-Phenylethyl acetate	0.0266	0.0000	0.0000	-100	-100
38	(E)-2-Decenal	7.8622	4.8126	14.485	-38.8	84.2
39	9-decen-1-ol	1.2401	0.6493	1.5292	-47.6	23.3
40	1-Decanol	13.499	3.8230	6.6844	-71.7	-50.5
41	Undecanal	0.7150	0.9223	0.3330	29.0	-53.4
42	1-ethylideneindene	0.0031	0.0000	0.0000	-100	-100
43	(E,E)-2,4-decadienal	0.0260	0.0000	0.0000	-100	-100
44	Methyl Decanoate	0.0992	0.0000	0.0000	-100	-100
45	2-Undecenal	0.8446	0.5583	0.4186	-33.9	-50.4
46	β -Elemene	0.1222	0.1810	0.1054	48.1	-13.8
47	Methyl eugenol	0.0011	0.0000	0.0000	-100	-100
48	Dodecanal	3.5244	4.4332	1.0276	25.8	-70.8
49	Caryophyllene	0.1135	0.0000	0.0000	-100	-100
50	γ -elemene	0.0190	0.0211	0.0000	11.3	-100
51	α -Guaiene	0.0449	0.0081	0.0000	-81.9	-100
52	2-Dodecenal	0.3087	0.3961	0.1806	28.3	-41.5
53	(E)-2-dodecenal	11.799	16.711	10.801	41.6	-8.50
54	Tridecanal	0.0234	0.1215	0.0000	420	-100
55	(E,E)-2,4-dodecadienal	0.0384	0.0000	0.0000	-100	-100
56	(E)-2-tridecenal	0.7094	0.9968	0.1906	40.5	-73.1
57	(Z)-7-tetradecenal	0.1669	0.2818	0.0000	68.8	-100
58	(Z)-9-tetradecenal	0.5605	1.0172	0.0000	81.5	-100
59	13-Tetradecenal	0.0945	0.0000	0.0000	-100	-100
60	Tetradecanal	0.3010	0.7810	0.0000	160	-100
61	(E)-2-tetradecenal	12.834	19.481	3.6220	51.8	-71.8
62	cis-9-Hexadecenal	2.0103	2.6510	0.0000	31.9	-100
63	Neophytadiene	2.3720	0.2081	0.0000	-91.2	-100
64	10-Octadecenal	0.0044	0.0000	0.0000	-100	-100
65	(E)-2-Hexadecenal	1.0311	0.0000	0.0000	-100	-100

ตารางที่ 3.5 ค) สารระเหยง่ายของการทำ cooking process และค่า % change จากตัวอย่างผักชีส่วน
ลำต้น

No.	Compound	Stems			%change	
		Fresh	Soft boiled	Water	Soft boiled	Water
1	Dimethyl sulfide	0.0072	0.0052	0.0433	-28.2	498
2	1,3-Dimethylbenzene	0.0046	0.0007	0.0000	-8x5.4	-100
3	Nonane	0.5687	0.2597	2.5859	-54.3	355
4	α -Pinene	0.0093	0.0024	0.0105	-73.6	13.3
5	β -Mycene	0.0031	0.0025	0.0070	-20.0	125
6	1,2,4-trimethylbenzene	0.0009	0.0009	0.0106	2.70	1048
7	p-Cymene	0.0076	0.0057	0.0091	-25.4	19.9
8	Limonene	0.0188	0.0131	0.0635	-30.2	238
9	(E)- β -ocimene	0.0593	0.0830	0.0527	39.8	-11.2
10	γ -Terpinene	0.0258	0.0653	0.0960	153	272
11	Undecane	0.3423	0.0517	0.5451	-84.9	59.2
12	Nonanal	0.0401	0.0753	0.1493	87.9	273
13	Octan-3-yl acetate	0.0043	0.0000	0.0000	-100	-100
14	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	0.0178	0.0105	0.0236	-41.2	32.8
15	Naphthalene	0.0119	0.0040	0.0000	-66.5	-100
16	cis-4-Decenal	0.0342	0.0372	0.1212	8.50	254
17	Methyl salicylate	0.0502	0.0000	0.0000	-100	-100
18	Estragole	0.1244	0.0987	0.3519	-20.7	183
19	Decanal	12.751	14.403	30.373	13.0	138
20	3,7-dimethyl-octa-1,5-diene-3,7-diol	0.0182	0.0087	0.0163	-52.4	-10.6
21	(Z)-2-Decenal	0.1624	0.1449	0.2964	-10.8	82.6
22	Geraniol	0.0315	0.0179	0.0548	-43.3	73.8
23	(E)-2-Decenal	8.4947	7.0138	15.497	-17.4	82.4
24	9-decen-1-ol	3.1321	0.0959	0.2091	-96.9	-93.3
25	1-Decanol	10.273	0.2903	0.3800	-97.2	-96.3
26	1-Tridecene	0.0055	0.0126	0.0000	130	-100
27	Undecanal	0.6292	1.1916	0.9756	89.4	55.1
28	2-Undecenal	1.6201	2.2966	2.7993	41.8	72.8
29	β -Elemene	0.2134	0.2643	0.4228	23.9	98.2
30	Dodecanal	3.6521	4.1194	2.2375	12.8	-38.7
31	γ -elemene	0.0256	0.0297	0.0191	16.1	-25.7
32	α -Guaiene	0.1058	0.0336	0.0400	-68.3	-62.1
33	2-Dodecenal	0.5146	0.6662	0.7964	29.4	54.7

No.	Compound	Stems			%change	
		Fresh	Soft boiled	Water	Soft boiled	Water
34	(E)-2-dodecenal	21.772	26.578	30.865	22.1	41.8
35	Tridecanal	0.1373	0.3236	0.0585	136	-57.4
36	(E,E)-2,4-dodecadienal	0.0238	0.0237	0.0399	-0.6	67.8
37	(+)- δ -Cadinene	0.0258	0.0099	0.0000	-61.7	-100
38	(1S,2R,5R)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	0.0272	0.0000	0.0000	-100	-100
39	Elemol	0.0208	0.0277	0.0000	33.3	-100
40	(E)-2-tridecenal	1.2684	2.4965	0.7065	96.8	-44.3
41	(Z)-7-tetradecenal	0.4332	0.5015	0.1231	15.8	-71.6
42	(Z)-9-tetradecenal	1.3555	1.5691	0.5510	15.8	-59.3
43	13-Tetradecenal	0.0844	0.0000	0.0000	-100	-100
44	Tetradecanal	0.4631	1.5057	0.1215	225	-73.8
45	epicubenol	0.0174	0.0065	0.0000	-62.4	-100
46	(E)-2-tetradecenal	28.189	30.587	8.9599	8.50	-68.2
47	cis-9-Hexadecenal	2.0826	3.6390	0.3292	74.7	-84.2
48	cis-11-Hexadecenal	0.0611	0.0900	0.0000	47.3	-100
49	(E)-2-Hexadecenal	1.0793	1.3377	0.0594	23.9	-94.5

3.6 การประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างผักชี ทั้ง 4 ส่วนคือ ราก ใบ ลำต้น และเมล็ด โดยทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง รวมทั้งผักชีที่เข้าสู่กระบวนการ cooking process ซึ่งประกอบไปด้วย ผักชีสด ผักชีที่ถูกนำไปต้มหรือลวก และน้ำที่ผ่านการต้มหรือลวกผักชีแล้ว โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง รวมทั้งหมด 51 ตัวอย่าง ซึ่งมีการใช้สัญลักษณ์แทนตัวอย่างทั้ง 52 ตัวอย่างดังตารางที่ 3.6 ก) -ข)

Brand	Part_times	Brand	Part_times	Brand	Part_times	Brand	Part_times
A1	root_1	B1	leave_1	C1	stem_1	D1	seed_1
A2	root_2	B2	leave_2	C2	stem_2	D2	seed_2
A3	root_3	B3	leave_3	C3	stem_3	D3	seed_3
A4	root_4	B4	leave_4	C4	stem_4	D4	seed_4
A5	root_5	B5	leave_5	C5	stem_5	D5	seed_5
A6	root_6	B6	leave_6	C6	stem_6	D6	seed_6

ตารางที่ 3.6 ก) สัญลักษณ์ที่ใช้ในการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ของผักชีทั้ง 4 ส่วน

Brand	Part_times	Brand	Part_times	Brand	Part_times
AF1	root_fresh_1	BF1	leave_fresh_1	CF1	stem_fresh_1
AF2	root_fresh_2	BF2	leave_fresh_2	CF2	stem_fresh_2
AF3	root_fresh_3	BF3	leave_fresh_3	CF3	stem_fresh_3
AB1	root_boiled_1	BB1	leave_soft boiled_1	CB1	stem_soft boiled_1
AB2	root_boiled_2	BB2	leave_soft boiled_2	CB2	stem_soft boiled_2
AB3	root_boiled_3	BB3	leave_soft boiled_3	CB3	stem_soft boiled_3
AW1	root_water_1	BW1	leave_water_1	CW1	stem_water_1
AW2	root_water_2	BW2	leave_water_2	CW2	stem_water_2
AW3	root_water_3	BW3	leave_water_3	CW3	stem_water_3

ตารางที่ 3.6 ข) สัญลักษณ์ที่ใช้ในการประมวลผลโดยวิธีเคโมเมทริกซ์ของผักชีจากการทำ cooking process

แล้วนำไปประมวลผลด้วยวิธีเคโมเมทริกซ์ชนิด PCA ด้วยโปรแกรม XLSTAT 2018 พบว่า จากรูปที่ 3.6 ก) สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย B1, B2, B3, B4, B5, B6, BF1, BF2 และBF3

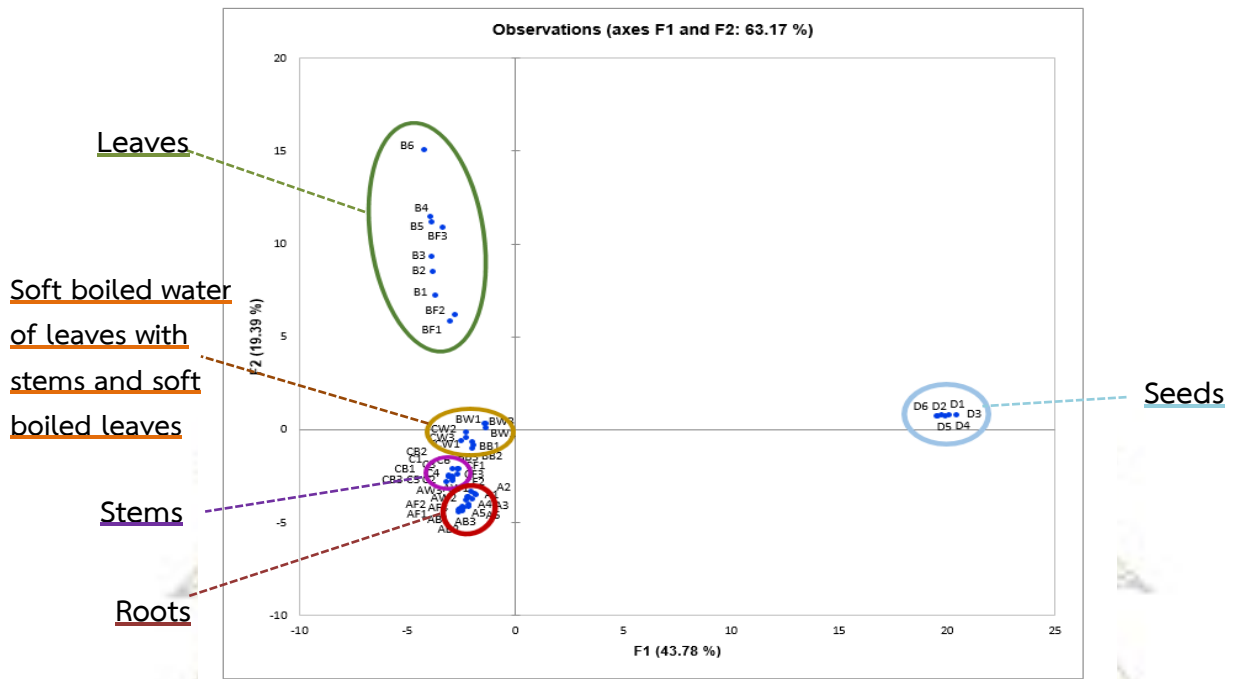
กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย BW1, BW2, BW3, CW1, CW2, CW3, BB1, BB2 และ BB3

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย C1, C2, C3, C4, C5, C6, CF1, CF2, CF3, CB1, CB2 และCB3

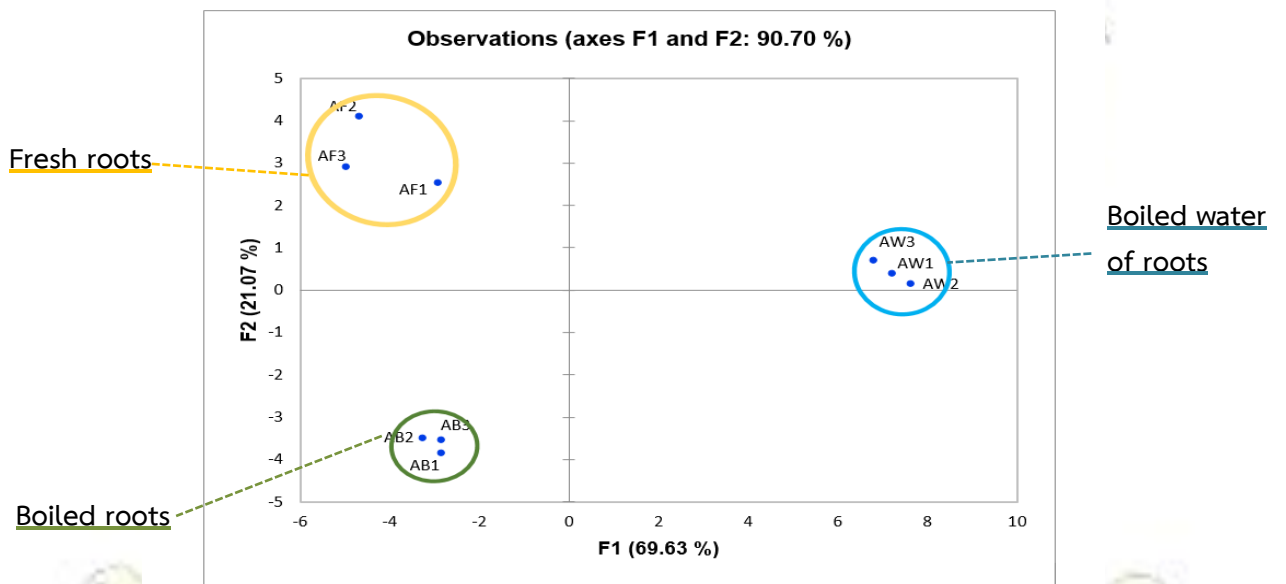
กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย D1, D2, D3, D4, D5 และD6

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย A1, A2, A3, A4, A5, A6, AF1, AF2, AF3, AB1, AB2, AB3, AW1, AW2 และAW3

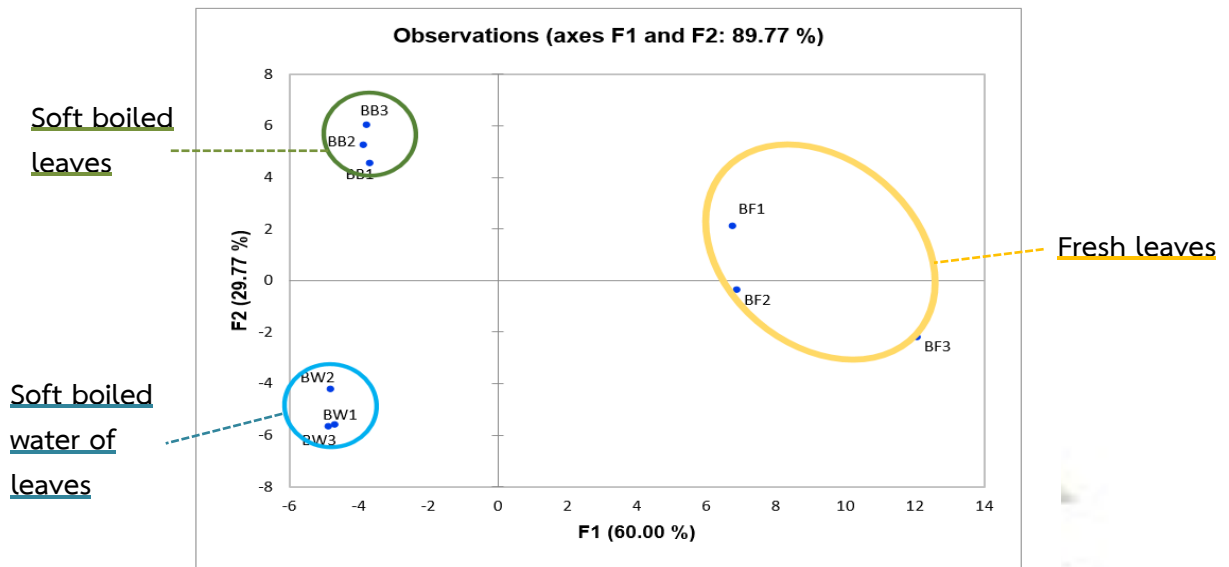
โดยจากผลการทดลองข้างต้นเป็นไปตามที่สันนิษฐานไว้ นั่นคือผักชีทั้ง 4 ส่วนต้องมีการแยกกลุ่มข้อมูลออกจากกัน เนื่องจากสารระเหยหลักทั้งหมดทั้ง 4 ส่วนมีความแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของสารระเหย ซึ่งเมื่อพิจารณาในแต่ละกลุ่มจะเห็นว่าผักชีสดจากการทำทดลองซ้ำ 6 ครั้ง และ ผักชีสดที่เข้าสู่กระบวนการ cooking process อยู่ภายในกลุ่มเดียวกันทุกส่วน แสดงว่าผักชีจากแหล่งจำหน่ายเดียวกันแต่ต่างวันมีองค์ประกอบของสารระเหยง่ายทั้งหมดไม่แตกต่างกัน และในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยน้ำที่ผ่านการลวกผักชีแล้วจากส่วนใบและลำต้นกับใบที่ถูกนำไปต้ม แสดงว่าสารระเหยทั้งหมดที่อยู่ในน้ำลวกจากทั้ง 2 ส่วนกับใบที่ถูกนำไปต้ม คล้ายคลึงกันจึงรวมอยู่ในกลุ่มข้อมูลเดียวกัน จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากผักชีที่เข้าสู่กระบวนการ cooking process ทั้งผักชีสด ผักชีที่ถูกนำไปต้มหรือลวก และน้ำที่ผ่านการต้มหรือลวกผักชีแล้ว ได้ผลแสดงดังรูปที่ 3.6 ข) – ง) จะเห็นว่าผักชีทั้ง 3 ตัวอย่างมีการแบ่งกลุ่มออกจากกันอย่างชัดเจนซึ่งเป็นไปตามที่สันนิษฐานไว้ เนื่องจากการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายของการทำ cooking process ให้หัวข้อ 3.5 สารระเหยง่ายทั้งหมดที่พบในผักชีทั้ง 3 ตัวอย่างแตกต่างกัน



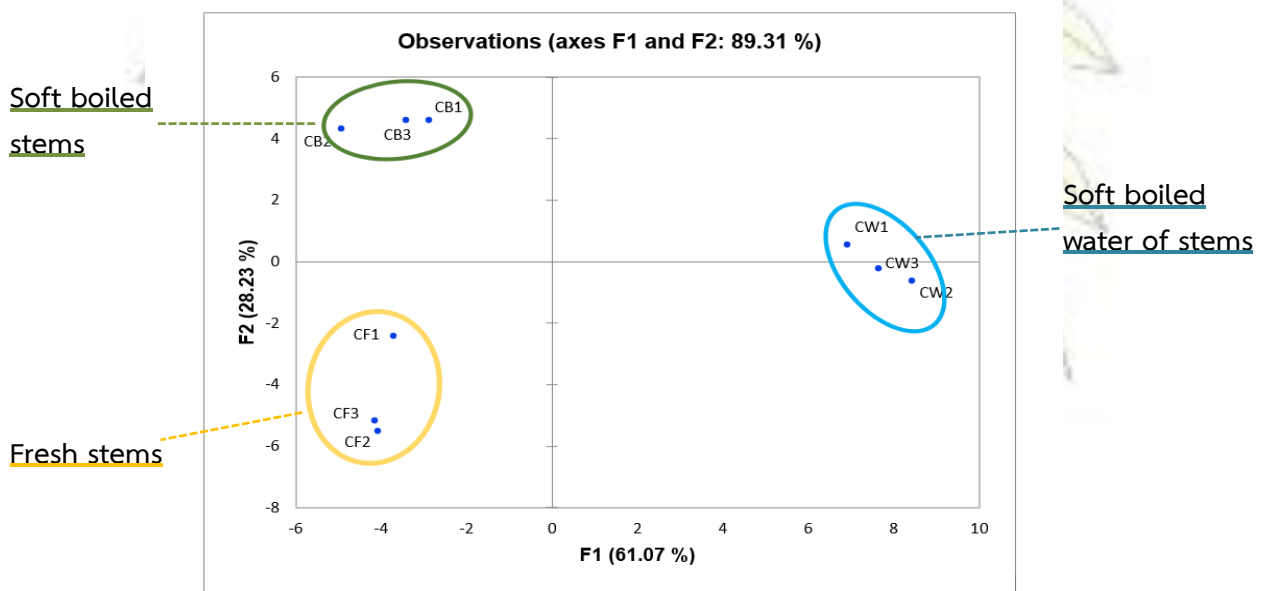
รูปที่ 3.6 ก) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน และจากการทำ cooking process



รูปที่ 3.6 ข) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนรากจากการทำ cooking process



รูปที่ 3.6 ค) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนใบจากการทำ cooking process



รูปที่ 3.6 ง) กราฟแสดงผล PCA ในการจัดกลุ่มตัวอย่างผักชีในส่วนลำต้นจากการทำ cooking process

3.7 การระบุชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในผักชีแต่ละส่วน

จากการวิเคราะห์ชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นโดยใช้เทคนิค GC-O ในตัวอย่างผักชีสดทั้ง 4 ส่วน แต่ละส่วนทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์โครมาโทแกรมของสารระเหยง่ายที่ได้ พบว่า ในตัวอย่างผักชีแต่ละส่วนมีสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นไม่เหมือนกัน รวมทั้งความเข้มข้นของกลิ่นในแต่ละสารมีความแตกต่างกัน ดังนั้นทำให้กลิ่นที่เรารับรู้ในแต่ละส่วนของตัวอย่างผักชีมีความแตกต่างกัน โดยสารระเหยหลักที่ให้กลิ่นในผักชี คือ (E)-2-dodecenal β -Elemene และ Dodecanal โดยเฉพาะ Dodecanal ซึ่งกลิ่น soapy สามารถพบได้ในทุกส่วนของผักชี ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3.7 ระบุสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นและลักษณะกลิ่นจากตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
1	1.98	Dimethyl sulfide	75-18-3	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2.10	isobutyraldehyde	78-84-2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2.28	Acetic acid	64-19-7	-	-	-	-	-	-	-	-
4	2.66	3-methylbutanal	590-86-3	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2.75	2-methylbutanal	96-17-3	-	-	-	-	-	-	-	-
6	4.03	Toluene	108-88-3	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5.68	(E)-2-hexenal	6728-26-3	-	-	-	-	-	-	-	-
8	5.74	(E)-3-Hexen-1-ol	928-97-2	-	-	-	-	-	-	-	-
9	6.06	1,3-Dimethylbenzene	108-38-3	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.78	Nonane	111-84-2	-	-	-	-	-	-	-	-
11	6.96	3-(Methylthio)propanal	3268-49-3	-	-	musty	2	-	-	-	-
12	7.38	1,7,7-trimethyltricyclo[2.2.1.0,2,6]heptane	508-32-7	-	-	-	-	-	-	-	-
13	7.51	2-methyl-5-(1-methylethyl)-bicyclo(3.1.0)hex-2-ene	2867-05-2	-	-	-	-	-	-	-	-
14	7.70	α -Pinene	80-56-8	-	-	-	-	-	-	fresh	1
15	8.09	Camphene	79-92-5	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
16	8.40	Benzaldehyde	100-52-7	-	-	-	-	-	-	-	-
17	8.77	Sabinene	3387-41-5	-	-	-	-	-	-	-	-
18	8.86	β -Pinene	127-91-3	-	-	-	-	-	-	-	-
19	9.25	β -Myrcene	123-35-3	-	-	-	-	-	-	-	-
20	9.26	2-pentylfuran	3777-69-3	-	-	-	-	-	-	-	-
21	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	-	-	-	-	-	-	-	-
22	9.58	Octanal	124-13-0	-	-	-	-	-	-	-	-
23	9.63	α -Phellandrene	99-83-2	-	-	-	-	-	-	-	-
24	9.70	(Z)-3-Hexen-1-ol acetate	3681-71-8	-	-	-	-	-	-	-	-
25	9.79	3-Carene	13466-78-9	-	-	-	-	-	-	-	-
26	9.97	α -Terpinene	99-86-5	-	-	-	-	-	-	-	-
27	10.20	p-Cymene	99-87-6	-	-	-	-	-	-	-	-
28	10.32	Limonene	138-86-3	-	-	-	-	-	-	citrus	1
29	10.38	Eucalyptol	470-82-6	-	-	-	-	-	-	-	-
30	10.57	(3Z)-3,7-dimethylocta-1,3,6-triene	3338-55-4	-	-	-	-	-	-	-	-
31	10.73	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	-	-	green	1	-	-	-	-
32	10.87	(E)- β -ocimene	3779-61-1	-	-	-	-	sweet	1	-	-
33	10.96	1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
34	11.19	γ -Terpinene	99-85-4	-	-	-	-	-	-	-	-
35	11.42	(1R,4R,5S)-4-methyl-1-propan-2-ylbicyclo[3.1.0]hexan-4-ol	15537-55-0	-	-	-	-	-	-	-	-
36	11.59	2-(5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl)propan-2-ol	5989-33-3	-	-	-	-	-	-	-	-
37	11.70	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	1758-88-9	-	-	-	-	-	-	-	-
38	11.74	1-Ethyl-2,4-dimethylbenzene	874-41-9	-	-	-	-	-	-	-	-
39	12.03	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	586-62-9	-	-	-	-	-	-	fresh	1
40	12.23	methylbenzoate	93-58-3	-	-	-	-	-	-	phenolic	3
41	12.33	Undecane	1120-21-4	-	-	-	-	-	-	-	-
42	12.46	Nonanal	124-19-6	-	-	-	-	-	-	-	-
43	12.64	linalool	78-70-6	-	-	-	-	-	-	-	-
44	12.73	Phenylethyl Alcohol	60-12-8	-	-	floral	1	-	-	-	-
45	12.80	1,2,4,5-tetramethyl-benzene	95-93-2	-	-	-	-	-	-	-	-
46	12.93	1,2,3,5-tetramethyl-benzene	527-53-7	-	-	-	-	-	-	-	-
47	13.03	3-Octyl acetate	4864-61-3	-	-	-	-	-	-	-	-
48	13.21	alloocimene	673-84-7	-	-	-	-	-	-	-	-
49	13.56	(E,E)-2,6-alloocimene	3016-19-1	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
50	13.72	Camphor	76-22-2	-	-	-	-	-	-	-	-
51	13.79	4-Methylindane	824-22-6	-	-	-	-	-	-	-	-
52	13.86	Citronellal	106-23-0	-	-	-	-	-	-	-	-
53	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	56318-84-4	-	-	-	-	-	-	-	-
54	14.20	Pinocarpone	30460-92-5	-	-	-	-	-	-	minty	1
55	14.27	endo-Borneol	507-70-0	-	-	-	-	-	-	-	-
56	14.47	linalool oxide	14049-11-7	-	-	-	-	-	-	-	-
57	14.59	(R)-1-Isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol	20126-76-5	-	-	-	-	-	-	-	-
58	14.72	Naphthalene	91-20-3	-	-	-	-	-	-	-	-
59	14.78	1-Methyl-4-(1-hydroxy-1-methylethyl)benzene	1197-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-
60	14.88	3,7-dimethyl-octa-1,5-diene-3,7-diol	13741-21-4	-	-	-	-	-	-	-	-
61	14.95	L- α -Terpineol	10482-56-1	-	-	-	-	-	-	-	-
62	15.00	cis-4-Decenal	21662-09-9	-	-	citrus	2	-	-	-	-
63	15.05	Methyl salicylate	119-36-8	-	-	-	-	-	-	-	-
64	15.12	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	515-00-4	-	-	-	-	-	-	-	-
65	15.13	Pinocarpone	140-67-0	-	-	-	-	-	-	-	-
66	15.36	endo-Borneol	112-31-2	sweet	2	-	-	sweet	2	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
67	15.49	Berbenone	80-57-9	-	-	-	-	-	-	-	-
68	15.71	trans-Carveol	1197-07-5	-	-	-	-	-	-	-	-
69	15.81	2,6,6-trimethylcyclohex-1-ene-1-carbaldehyde	432-25-7	-	-	-	-	-	-	-	-
70	15.94	3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol	106-22-9	-	-	-	-	-	-	floral	1
71	16.32	(Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dienal	106-26-3	-	-	-	-	-	-	sweet	4
72	16.48	(Z)-2-Decenal	2497-25-8	-	-	tallow	3	tallow	3	-	-
73	16.70	Geraniol	106-24-1	-	-	-	-	-	-	-	-
74	16.79	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	103-45-7	-	-	-	-	-	-	-	-
75	16.83	3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol	624-15-7	-	-	-	-	-	-	-	-
76	16.89	(E)-2-Decenal	3913-81-3	-	-	waxy	3	-	-	-	-
77	17.07	9-decen-1-ol	13019-22-2	-	-	-	-	-	-	-	-
78	17.15	1-Decanol	112-30-1	-	-	-	-	fatty	1	-	-
79	17.54	Anethole	104-46-1	-	-	-	-	-	-	-	-
80	17.65	1-Tridecene	2437-56-1	-	-	-	-	-	-	-	-
81	17.87	tridecane	629-50-5	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
82	17.95	Methyl-5-(1-methylethyl)phenol	499-75-2	-	-	-	-	-	-	-	-
83	18.08	Undecanal	112-44-7	-	-	waxy	1	waxy	2	-	-
84	18.25	1-ethylideneindene	2471-83-2	-	-	-	-	-	-	-	-
85	18.33	(E,E)-2,4-decadienal	25152-84-5	-	-	oily	2	-	-	-	-
86	18.52	Methyl Decanoate	110-42-9	-	-	oily	1	-	-	-	-
87	18.52	E-Methylgeranate	1189-09-9	-	-	-	-	-	-	-	-
88	18.60	Myrtenyl acetate	1079-01-2	-	-	-	-	-	-	herbal	1
89	19.28	3,7-Dimethyl-6-octenyl acetate	150-84-5	-	-	-	-	-	-	-	-
90	19.55	2-Undecenal	2463-77-6	-	-	fresh	2	fresh	2	-	-
91	19.55	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	141-12-8	floral	2	-	-	-	-	-	-
92	20.10	geranyl acetate	105-87-3	-	-	-	-	-	-	-	-
93	20.35	β -Elemene	515-13-9	sweet	4	sweet	1	sweet	3	-	-
94	20.45	Tetradecane	629-59-4	-	-	-	-	-	-	-	-
95	20.59	Methyl eugenol	93-15-2	-	-	-	-	-	-	-	-
96	20.69	Dodecanal	112-54-9	soapy	2	soapy	2	soapy	2	soapy	1
97	21.07	Caryophyllene	87-44-5	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
98	21.19	γ -elemene	29873-99-2	-	-	-	-	green	1	-	-
99	21.38	α -Guaiene	3691-12-1	-	-	-	-	-	-	-	-
100	21.74	2-Dodecenal	4826-62-4	green	2	-	-	green	1	-	-
101	21.90	α -Caryophyllene	6753-98-6	-	-	-	-	-	-	-	-
102	22.25	(E)-2-dodecenal	20407-84-5	citrus	4	citrus	3	citrus	4	-	-
103	22.35	trans-2-Dodecen-1-ol	69064-37-5	-	-	-	-	-	-	-	-
104	22.51	Tridecanal	10486-19-8	-	-	-	-	-	-	-	-
105	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	21662-16-8	-	-	-	-	-	-	-	-
106	23.54	(+)- δ -Cadinene	483-76-1	-	-	-	-	-	-	-	-
107	23.91	(1S,2R,5R)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	58319-05-4	-	-	-	-	-	-	-	-
108	24.03	Elemol	639-99-6	-	-	-	-	-	-	-	-
109	24.54	(E)-2-tridecenal	7069-41-2	waxy	3	-	-	-	-	-	-
110	25.21	(Z)-7-tetradecenal	65128-96-3	-	-	-	-	-	-	-	-
111	25.28	(Z)-9-tetradecenal	53939-27-8	-	-	-	-	-	-	-	-
112	25.39	13-Tetradecenal	85896-31-7	-	-	-	-	-	-	-	-
113	25.52	Tetradecanal	124-25-4	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	Odor							
				Roots		Leaves		Stems		Seeds	
				Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity	Description	Intensity
116	29.03	cis-9-Hexadecenal	56219-04-6	-	-	-	-	-	-	-	-
117	29.64	cis-11-Hexadecenal	53939-28-9	-	-	-	-	-	-	-	-
118	30.33	Neophytadiene	504-96-1	-	-	-	-	-	-	-	-
119	30.78	10-Octadecenal	56554-92-8	-	-	-	-	-	-	-	-
120	31.11	(E)-2-Hexadecenal	22644-96-8	-	-	-	-	-	-	-	-

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน คือ ราก ใบ ลำต้น และเมล็ด ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี โดยการหาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ของเครื่อง GC-MS ซึ่งจากผลการทดลองได้ว่า อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 ที่เหมาะสม คือ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จากนั้นทำการเลือกอัตราส่วนของสารที่เข้าคอลัมน์ พบว่าอัตราส่วนที่ทำให้สารแยกออกจากกันได้ดีที่สุดได้ดีที่สุดคือ อัตราส่วน 5:1 และทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผักชีด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการวิเคราะห์ทีละตัวแปร (single factor optimization) ได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชี คือ อุณหภูมิในการสกัด 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการสกัด 30 นาที

เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษา มาทำการวิเคราะห์หาสารระเหยง่ายในตัวอย่างผักชีทั้ง 4 ส่วน โดยพิสูจน์ทราบเอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายในผักชีจากการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST14 สามารถพิสูจน์ทราบเอกลักษณ์ของสารระเหยง่ายได้ทั้งหมด 120 สาร โดยตัวอย่างผักชีส่วนราก ใบ และลำต้น มีสารระเหยหลักเหมือนกันคือ (E)-2-dodecenal และ (E)-2-tetradecenal ซึ่งในส่วนใบ ยังมี Decanal เป็นสารระเหยหลักนอกเหนือจากส่วนรากและลำต้น และตัวอย่างผักชีส่วนเมล็ด มีสารระเหยหลักคือ linalool และ γ -Terpinene จากนั้นนำพื้นที่ใต้พีคของสารระเหยง่ายในโครมาโทแกรมจากตัวอย่างผักชีมาคำนวณหา % Normalization เพื่อใช้ในประมวลผลโดยวิธีเคมเมทริกซ์ชนิด PCA ด้วยโปรแกรม XLSTAT 2018 พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ผักชีส่วนใบสด น้ำที่ผ่านการลวกจากส่วนใบและลำต้นผักชีกับใบที่ผ่านการลวก ลำต้นผักชีสดกับลำต้นที่ผ่านการลวก ผักชีส่วนเมล็ด และผักชีส่วนรากสด รากที่ผ่านการต้ม น้ำที่ผ่านการต้มส่วนราก ดังรูปที่ 3.6 ก) ซึ่งแบ่งกลุ่มตามความเหมือนและความแตกต่างของสารระเหยง่ายทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์

จากนั้นทำการวิเคราะห์ชนิดสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นในตัวอย่างผักชีสดทั้ง 4 ส่วน ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-อลแฟกโตรเมตรี พบว่าในตัวอย่างผักชีแต่ละส่วนมีสารระเหยง่ายที่ให้กลิ่นไม่เหมือนกัน รวมทั้งความเข้มข้นของกลิ่นในแต่ละสารมีความแตกต่างกัน โดยสารระเหยหลักที่ให้กลิ่นในผักชี คือ (E)-2-dodecenal β -Elemene และ Dodecanal ซึ่งให้กลิ่น citrus, sweet และ soapy ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. Md. Nazrul I. B.; Jaripa B.; Mahbuba S. Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh J Pharmacol.* **2009**, *4*, 150-153.
2. Manel N.; Brahim M. Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Industrial Crops and Products.* **2008**, *28*, 137-142.
3. Ramasamy R.; Maya P.; K. Keshava B. Aroma characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples. *Eur Food Res Technol.* **2007**, *225*, 367–374.
4. Bhat S.; Kaushal P.; Kaur M.; Sharma H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. *African Journal of Plant Science.* **2014**, *8*, 25-33.
5. Ayse S. Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. *Energy Conversion and Management.* **2011**, *52*, 1449-1453.
6. Kamel M.; Karim H.; Mouna B. T.; Thouraya C.; Brahim M. Variations in the essential oil composition from different parts of *Coriandrum sativum* L. cultivated in Tunisia. *The Italian journal of biochemistry.* **2007**, *56*, 47-52.
7. A. G. Pirbaloutia; S. Salehia; L. Craker. Effect of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil from the aerial parts of coriander. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants.* **2017**, *4*, 35-40.
8. B. Pavlič; S. Vidović; J. Vladić; R. Radosavljević; Z. Zeković. Isolation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil by green extractions versus traditional techniques. *The Journal of Supercritical Fluids.* **2015**, *99*, 23-28.
9. Miller K.G.; Poole C.F.; Pawlowski T.M.P. Classification of the Botanical Origin of Cinnamon by Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography. *Chromatographia.* **1996**, *42*, 639-646.
10. Stefania V.; Ana I. C.; Lorena P.; Lanfranco S. C.; Susana B.; Elvira Lopez-T. Analysis of virgin olive oil volatile compounds by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography with mass spectrometric and flame ionization detection. *Journal of Chromatography A.* **2003**, *983*, 19–33.
11. Susan B. W.; Brian B.; Trevor S.; Erika E. H. Quantitative analysis of trace levels of geosmin and MIB in source and drinking water using headspace SPME. *Water Research.* **2000**, *34*, 2818-2828.

12. Elena I.; Sara LBpez-S.; Elena R.; Javier T.; Guillermo R. Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase microextraction. *Food Chemistry*. **1998**, *63*, 281-286.
13. Laura M.; Cristina S.; Susana A.; M. Paz De Peña; José B.; Concepción C. Characterization of Espresso Coffee Aroma by Static Headspace GC-MS and Sensory Flavor Profile. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, *49*, 5437-5444.
14. Alessandra C.; Raffaele la T.; Antonella Di P.; Filippo S.; Giuseppe A. Statistical Analyses on the Essential Oil of Italian Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Fruits of Different Ages and Origins. *J. Essent. Oil Res.* **2002**, *14*, 389-396.
15. Chunhui D.; Guoxin S.; Yaoming H.; Xiangmin Z. Determination of the Volatile Constituents of Chinese *Coriandrum Sativum* L. by Gas Chromatography - Mass Spectrometry with Solid-Phase Microextraction. *Chromatographia*. **2003**, *57*, 357-361.
16. S.T.Chin.; S.A.H.Nazimah.; S.Y.Quek.; Y.B. Che Man.; R. Abdul Rahmanc.; D. Mat Hashim. Analysis of volatile compounds from Malaysian durians (*Durio zibethinus*) using headspace SPME coupled to fast GC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. **2007**, *20*, 31-44.
17. Graham E.; Jean-Pierre D.; Gabrielle H.; Subramaniam S.; Philip J. M. Identification of character impact odorants in coriander and wild coriander leaves using GC-olfactometry and GC x GC-TOFMS. *Developments in Food Science*. **2006**, *43*, 197-200.
18. Zhouyao Z.; Janusz P. Headspace Solid-Phase Microextraction. *Anal. Chem.* **1993**, *65*, 1843-1852.
19. Mark O. Analysis of Laminated Documents Using Solid-Phase Microextraction. *J. Am. Inst. Consev.* **2005**, *44*, 13-26.
20. Zhouyao Z.; Janusz P. Solid-Phase Microextraction. *Anal Chem.* **1994**, *66*, 844-853.
21. Vas G.; K Vekey. Solid-phase microextraction: a powerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis. *J. Mass Spectrom.* **2004**, *39*, 233-254.
22. Mark O. (2005). Analysis of Laminated Documents Using Solid-Phase Microextraction. *Journal of the American Institute for Conservation*, *44*, 13-16. Retrieved from <https://www.tandfonline.com>
23. Brereton R.G. (2003). *Chemometrics Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant*. Chichester: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com>

24. Trygg J.; Wold S. (2002). Homepage of Chemometrics. Retrieved from <https://www.researchgate.net>
25. Santos H. T. L. D.; Oliveira A. M. D.; Melo P. G. D.; Freitas W.; Freitas A. P. R. D. (2012). *Multivariate Analysis in Management, Engineering and the Sciences*. London: IntechOpen. Retrieved from <https://www.intechopen.com>



ภาคผนวก

ตารางที่ A-1 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีส่วนราก โดยวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 6 ครั้ง (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	ROOTS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
1	6.78	Nonane	111-84-2	634588	0.053	530873	0.046	922060	0.084	906934	0.084	1051308	0.110	1183227	0.121
2	9.26	2-pentylfuran	3777-69-3	30648	0.003	48381	0.004	59445	0.005	54469	0.005	53535	0.006	66425	0.007
3	9.57	Octanal	124-13-0	119153	0.010	214040	0.019	209489	0.019	204264	0.019	150159	0.016	218902	0.022
4	10.20	p-Cymene	99-87-6	28908	0.002	26995	0.002	31161	0.003	26218	0.002	30432	0.003	30153	0.003
5	10.31	Limonene	138-86-3	52165	0.004	71583	0.006	86393	0.008	75154	0.007	80750	0.008	82932	0.008
6	11.18	γ-Terpinene	99-85-4	48404	0.004	67343	0.006	76574	0.007	77302	0.007	96434	0.010	87374	0.009
7	12.33	Undecane	1120-21-4	140358	0.012	217578	0.019	255110	0.023	251523	0.023	222288	0.023	277501	0.028
8	12.47	Nonanal	124-19-6	80648	0.007	123601	0.011	127020	0.012	132223	0.012	130619	0.014	129801	0.013
9	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	56318-84-4	690067	0.057	1523439	0.133	1126308	0.102	567949	0.052	528610	0.055	544164	0.056
10	14.73	Naphthalene	91-20-3	101886	0.008	131443	0.012	156233	0.014	125194	0.012	142094	0.015	162137	0.017
11	15.15	Estragole	140-67-0	123763	0.010	176836	0.015	178275	0.016	166606	0.015	182972	0.019	173396	0.018
12	15.32	Decanal	112-31-2	2634742	0.219	3701806	0.324	3153530	0.286	2279073	0.210	2496991	0.260	2508004	0.256
13	16.85	(E)-2-Decenal	3913-81-3	1048346	0.087	2111170	0.185	1653047	0.150	1045312	0.096	1250240	0.130	1159405	0.118
14	17.04	9-decen-1-ol	13019-22-2	114770	0.010	238694	0.021	156068	0.014	106348	0.010	151659	0.016	85585	0.009
15	17.12	1-Decanol	112-30-1	1077101	0.090	1929498	0.169	1523202	0.138	1232539	0.114	1389435	0.145	1363041	0.139
16	17.65	1-Tridecene	2437-56-1	297187	0.025	527100	0.046	590541	0.054	1107860	0.102	1000271	0.104	1037050	0.106
17	17.87	tridecane	629-50-5	81944	0.007	112803	0.010	131478	0.012	132054	0.012	142259	0.015	137594	0.014

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	ROOTS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
18	18.08	Undecanal	112-44-7	551369	0.046	766304	0.067	848415	0.077	1033704	0.095	1142997	0.119	1083863	0.111
19	19.54	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	141-12-8	691493	0.058	1090296	0.095	823660	0.075	755954	0.070	978799	0.102	672263	0.069
20	20.35	β -Elemene	515-13-9	2380143	0.198	2832086	0.248	2567539	0.233	2649313	0.244	2033159	0.212	2143552	0.219
21	20.69	Dodecanal	112-54-9	9455240	0.787	11203152	0.980	10677090	0.970	11572033	1.066	10632175	1.109	10873184	1.110
22	21.06	Caryophyllene	87-44-5	18710	0.002	16950	0.001	21141	0.002	25695	0.002	21770	0.002	20988	0.002
23	21.19	γ -elemene	29873-99-2	167460	0.014	210634	0.018	198520	0.018	202344	0.019	164052	0.017	202359	0.021
24	21.38	α -Guaiene	3691-12-1	4832404	0.402	4904716	0.429	5181648	0.471	4455195	0.410	3708769	0.387	3721724	0.380
25	21.75	2-Dodecenal	4826-62-4	8125681	0.677	8385878	0.734	7159449	0.650	7291720	0.672	5538258	0.577	5623166	0.574
26	22.31	(E)-2-dodecenal	20407-84-5	409915367	34.128	399066935	34.916	337532925	30.653	334061152	30.765	258569873	26.962	255189797	26.045
27	22.35	trans-2-Dodecen-1-ol	69064-37-5	68601216	5.711	88758259	7.766	133923040	12.162	114022070	10.501	110780937	11.551	91826221	9.372
28	23.18	Tridecanal	10486-19-8	739658	0.062	778461	0.068	734409	0.067	925474	0.085	864141	0.090	893369	0.091
29	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	21662-16-8	288904	0.024	324068	0.028	269581	0.024	255641	0.024	219464	0.023	195187	0.020
30	24.54	(E)-2-tridecenal	7069-41-2	21437460	1.785	20580761	1.801	12443627	1.130	16930632	1.559	15102718	1.575	14065727	1.436
31	25.22	(Z)-7-tetradecenal	65128-96-3	8282123	0.690	7893881	0.691	7564603	0.687	7967014	0.734	6906710	0.720	7763654	0.792
32	25.29	(Z)-9-tetradecenal	53939-27-8	24990261	2.081	22638423	1.981	22056894	2.003	22513484	2.073	20195555	2.106	22946271	2.342
33	25.37	13-Tetradecenal	85896-31-7	1256662	0.105	1021691	0.089	1375463	0.125	1510053	0.139	900549	0.094	1789272	0.183
34	25.52	Tetradecanal	124-25-4	6588118	0.548	6044758	0.529	6487317	0.589	7258994	0.668	9076505	0.946	9056354	0.924
35	27.07	(E)-2-tetradecenal	51534-36-2	593632120	49.423	532170973	46.562	515395538	46.805	514154843	47.350	472667442	49.286	513710273	52.429
36	29.03	cis-9-Hexadecenal	56219-04-6	13598391	1.132	10808285	0.946	11061270	1.005	12879379	1.186	12196679	1.272	13390374	1.367
37	29.64	cis-11-Hexadecenal	53939-28-9	740899	0.062	462766	0.040	688852	0.063	804180	0.074	948672	0.099	590281	0.060
38	30.77	10-Octadecenal	56554-92-8	213856	0.018	144543	0.013	206291	0.019	255134	0.023	251804	0.026	198674	0.020
39	31.11	(E)-2-Hexadecenal	22644-96-8	17311558	1.441	11076166	0.969	13490806	1.225	15849394	1.460	17030134	1.776	14609338	1.491

ตารางที่ A-2 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีส่วนใบ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 6 ครั้ง (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LEAVES											
				Peak area 1	%normalizaton	Peak area 2	%normalizaton	Peak area 3	%normalizaton	Peak area 4	%normalizaton	Peak area 5	%normalizaton	Peak area 6	%normalizaton
1	1.98	Dimethyl sulfide	75-18-3	2060149	0.364	2553177	0.471	2685839	0.554	3065595	0.767	2656948	0.679	3020840	0.940
2	2.10	isobutyraldehyde	78-84-2	399122	0.071	460728	0.085	576899	0.119	597029	0.149	512146	0.131	579201	0.180
3	2.66	3-methylbutanal	590-86-3	1103583	0.195	1129486	0.208	1333078	0.275	1439873	0.360	1335884	0.341	1590667	0.495
4	2.75	2-methylbutanal	96-17-3	1265524	0.224	1472309	0.271	1636202	0.337	1757859	0.440	1635640	0.418	2077894	0.647
5	5.68	(E)-2-hexenal	6728-26-3	370619	0.066	169275	0.031	93889	0.019	43198	0.011	37826	0.010	39716	0.012
6	5.74	(E)-3-Hexen-1-ol	928-97-2	2999049	0.531	1549205	0.286	736368	0.152	98859	0.025	53709	0.014	45476	0.014
7	6.78	Nonane	111-84-2	1695887	0.300	3208035	0.591	2757167	0.569	3311456	0.829	4864781	1.243	4044696	1.259
8	6.96	3-(Methylthio)propanal	3268-49-3	19751	0.003	16574	0.003	37201	0.008	40678	0.010	38239	0.010	55504	0.017
9	8.40	Benzaldehyde	100-52-7	1820142	0.322	1694238	0.312	2220409	0.458	2265774	0.567	2080793	0.532	2303071	0.717
10	8.77	Sabinene	3387-41-5	5551	0.001	9347	0.002	7824	0.002	13744	0.003	10567	0.003	11370	0.004
11	8.86	β -Pinene	127-91-3	12639	0.002	17878	0.003	16680	0.003	14843	0.004	22112	0.006	21231	0.007
12	9.25	β -Mycene	123-35-3	74531	0.013	116892	0.022	121801	0.025	139931	0.035	140188	0.036	192400	0.060
13	9.32	1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	172801	0.031	241975	0.045	234834	0.048	273647	0.068	264417	0.068	324621	0.101
14	9.58	Octanal	124-13-0	32913	0.006	38237	0.007	58902	0.012	58695	0.015	57759	0.015	40980	0.013
15	9.70	(Z)-3-Hexen-1-ol acetate	3681-71-8	31640003	5.597	20961522	3.863	6704411	1.383	721021	0.180	368659	0.094	349639	0.109
16	10.20	p-Cymene	99-87-6	43478	0.008	54402	0.010	68218	0.014	85923	0.022	92001	0.024	105869	0.033
17	10.31	Limonene	138-86-3	628054	0.111	846593	0.156	1034780	0.213	1326624	0.332	1165833	0.298	1504145	0.468
18	10.73	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	2020582	0.357	2074827	0.382	3085030	0.636	3438089	0.860	3537465	0.904	3928195	1.223
19	10.86	(E)- β -ocimene	3779-61-1	121074	0.021	131802	0.024	166145	0.034	221232	0.055	218184	0.056	222094	0.069

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LEAVES											
				Peak area 1	%normalizaton	Peak area 2	%normalizaton	Peak area 3	%normalizaton	Peak area 4	%normalizaton	Peak area 5	%normalizaton	Peak area 6	%normalizaton
20	10.96	1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	27181	0.005	26526	0.005	31903	0.007	44542	0.011	35607	0.009	56393	0.018
21	11.18	γ -Terpinene	99-85-4	207949	0.037	309098	0.057	308056	0.064	350861	0.088	389489	0.100	373570	0.116
22	11.70	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	1758-88-9	18326	0.003	17202	0.003	16783	0.003	23124	0.006	25237	0.006	26330	0.008
23	11.74	1-Ethyl-2,4-dimethylbenzene	874-41-9	21201	0.004	28550	0.005	22675	0.005	26655	0.007	31116	0.008	33359	0.010
24	12.03	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	586-62-9	32333	0.006	47015	0.009	42750	0.009	58562	0.015	61906	0.016	70803	0.022
25	12.33	Undecane	1120-21-4	981721	0.174	1554305	0.286	1495174	0.308	1575239	0.394	1968487	0.503	1804020	0.562
26	12.46	Nonanal	124-19-6	308266	0.055	363692	0.067	401620	0.083	414147	0.104	426071	0.109	388426	0.121
27	12.73	Phenylethyl Alcohol	60-12-8	229848	0.041	352979	0.065	282719	0.058	180240	0.045	172857	0.044	136563	0.043
28	12.80	1,2,4,5-tetramethylbenzene	95-93-2	96381	0.017	108565	0.020	99246	0.020	112337	0.028	96207	0.025	105515	0.033
29	12.93	1,2,3,5-tetramethylbenzene	527-53-7	39890	0.007	44027	0.008	53040	0.011	59178	0.015	62731	0.016	70032	0.022
30	13.79	4-Methylindane	824-22-6	58424	0.010	114375	0.021	157194	0.032	160841	0.040	124035	0.032	113614	0.035
31	13.84	Citronellal	106-23-0	25020	0.004	36340	0.007	42981	0.009	43356	0.011	46706	0.012	47615	0.015
32	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	56318-84-4	493642	0.087	686263	0.126	472782	0.097	831153	0.208	681509	0.174	653025	0.203
33	14.73	Naphthalene	91-20-3	393316	0.070	524417	0.097	530988	0.109	482979	0.121	460555	0.118	494320	0.154
34	15.01	cis-4-Decenal	21662-09-9	86769	0.015	148664	0.027	158668	0.033	144891	0.036	151794	0.039	123857	0.039

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LEAVES											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
35	15.15	Estragole	140-67-0	88508	0.016	105423	0.019	104993	0.022	124539	0.031	119645	0.031	166870	0.052
36	15.40	Decanal	112-31-2	114339382	20.228	127955577	23.583	134692757	27.776	139407023	34.886	133280879	34.057	121669037	37.874
37	15.81	2,6,6-trimethylcyclohex-1-ene-1-carbaldehyde	432-25-7	52161	0.009	69056	0.013	102039	0.021	116335	0.029	113340	0.029	137388	0.043
38	16.49	(Z)-2-Decenal	2497-25-8	558399	0.099	785561	0.145	715893	0.148	651647	0.163	678193	0.173	489037	0.152
39	16.75	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	103-45-7	179753	0.032	240455	0.044	120051	0.025	23893	0.006	12723	0.003	3859	0.001
40	16.89	(E)-2-Decenal	3913-81-3	42075570	7.444	50544521	9.316	45622996	9.408	40648724	10.172	42840826	10.947	30514871	9.499
41	17.06	9-decen-1-ol	13019-22-2	5546450	0.981	6113817	1.127	4967615	1.024	2862728	0.716	4828192	1.234	1610725	0.501
42	17.16	1-Decanol	112-30-1	40451763	7.156	40679508	7.498	29669544	6.118	21156439	5.294	25852598	6.606	17930578	5.581
43	17.55	Anethole	104-46-1	24231	0.004	31760	0.006	35338	0.007	32695	0.008	24169	0.006	29616	0.009
44	17.66	1-Tridecene	2437-56-1	54743	0.010	53328	0.010	49944	0.010	49734	0.012	54312	0.014	47463	0.015
45	18.08	Undecanal	112-44-7	5236017	0.926	7138236	1.316	5985274	1.234	5230584	1.309	4961948	1.268	3863748	1.203
46	18.25	1-ethylideneindene	2471-83-2	22429	0.004	13758	0.003	15714	0.003	2926	0.001	13163	0.003	2852	0.001
47	18.33	(E,E)-2,4-decadienal	25152-84-5	49815	0.009	50844	0.009	63212	0.013	52147	0.013	57364	0.015	32206	0.010
48	18.52	Methyl Decanoate	110-42-9	160190	0.028	173902	0.032	145164	0.030	108601	0.027	135468	0.035	108163	0.034
49	19.55	2-Undecenal	2463-77-6	11170106	1.976	13198700	2.433	10876806	2.243	9762736	2.443	7665213	1.959	6044892	1.882
50	20.35	β -Elemene	515-13-9	696919	0.123	748466	0.138	798161	0.165	659494	0.165	550650	0.141	478272	0.149
51	20.59	Methyl eugenol	93-15-2	5825	0.001	15440	0.003	16269	0.003	15459	0.004	8606	0.002	13112	0.004
52	20.69	Dodecanal	112-54-9	17175142	3.038	15616214	2.878	13483757	2.781	10083431	2.523	9825519	2.511	7175947	2.234
53	21.07	Caryophyllene	87-44-5	444499	0.079	443507	0.082	375240	0.077	344139	0.086	325274	0.083	303818	0.095
54	21.19	γ -Elemene	29873-99-2	115967	0.021	127549	0.024	130126	0.027	93810	0.023	87960	0.022	66522	0.021
55	21.38	α -Guaiene	3691-12-1	821450	0.145	1204004	0.222	1089740	0.225	829511	0.208	851390	0.218	641964	0.200

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	LEAVES											
				Peak area 1	%normalizaton	Peak area 2	%normalizaton	Peak area 3	%normalizaton	Peak area 4	%normalizaton	Peak area 5	%normalizaton	Peak area 6	%normalizaton
56	21.74	2-Dodecenal	4826-62-4	2386851	0.422	2250059	0.415	2252502	0.464	1759404	0.440	1492254	0.381	1200683	0.374
57	22.18	(E)-2-dodecenal	20407-84-5	89678746	15.865	84374935	15.551	81313952	16.768	65303745	16.342	57087064	14.587	46646712	14.520
58	23.17	Tridecanal	10486-19-8	677056	0.120	494162	0.091	417770	0.086	229258	0.057	186632	0.048	104948	0.033
59	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	21662-16-8	230196	0.041	194999	0.036	188813	0.039	111577	0.028	85843	0.022	68892	0.021
60	24.53	(E)-2-tridecenal	7069-41-2	10252322	1.814	8661351	1.596	8473591	1.747	5389416	1.349	4721015	1.206	3326560	1.036
61	25.21	(Z)-7-tetradecenal	65128-96-3	1137747	0.201	794225	0.146	831128	0.171	502174	0.126	528519	0.135	388203	0.121
62	25.27	(Z)-9-tetradecenal	53939-27-8	4373233	0.774	3677490	0.678	3081625	0.635	2096153	0.525	1960992	0.501	1468081	0.457
63	25.40	13-Tetradecenal	85896-31-7	1325868	0.235	1200171	0.221	789154	0.163	332854	0.083	252702	0.065	162702	0.051
64	25.51	Tetradecanal	124-25-4	2553422	0.452	2121503	0.391	1854589	0.382	988681	0.247	973551	0.249	686195	0.214
65	26.91	(E)-2-tetradecenal	51534-36-2	122794648	21.724	97377247	17.948	79300071	16.353	49183528	12.308	48805450	12.471	35809657	11.147
66	29.03	cis-9-Hexadecenal	56219-04-6	25487701	4.509	19280633	3.554	15861781	3.271	7909362	1.979	8104348	2.071	5905748	1.838
67	30.33	Neophytadiene	504-96-1	7665123	1.356	8566003	1.579	8728266	1.800	7185172	1.798	7555541	1.931	6994937	2.177
68	30.78	10-Octadecenal	56554-92-8	37344	0.007	35092	0.006	19354	0.004	9027	0.002	11662	0.003	8128	0.003
69	31.10	(E)-2-Hexadecenal	22644-96-8	7875235	1.393	7107293	1.310	5055620	1.043	2912288	0.729	3457114	0.883	2177878	0.678

ตารางที่ A-3 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีส่วนลำต้น โดยวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 6 ครั้ง (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	STEMS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
1	1.97	Dimethyl sulfide	75-18-3	124702	0.010	207059	0.018	156605	0.013	120746	0.011	114924	0.011	119600	0.011
2	6.06	1,3-Dimethylbenzene	108-38-3	41549	0.003	22890	0.002	16272	0.001	17032	0.002	13941	0.001	15897	0.001
3	6.78	Nonane	111-84-2	8950175	0.699	9284951	0.815	9910321	0.808	10511347	0.932	10725054	0.998	10009413	0.933
4	7.69	α -Pinene	80-56-8	218756	0.017	183030	0.016	221279	0.018	215142	0.019	215062	0.020	195363	0.018
5	9.25	β -Mycene	123-35-3	31288	0.002	36118	0.003	40350	0.003	38240	0.003	42781	0.004	33641	0.003
6	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	20467	0.002	19891	0.002	16020	0.001	21257	0.002	27173	0.003	27123	0.003
7	10.19	p-Cymene	99-87-6	89256	0.007	109350	0.010	114681	0.009	103718	0.009	149906	0.014	127484	0.012
8	10.29	Limonene	138-86-3	176398	0.014	224579	0.020	218413	0.018	214410	0.019	235991	0.022	219060	0.020
9	10.87	(E)- β -ocimene	3779-61-1	29141	0.002	48065	0.004	48990	0.004	43715	0.004	78476	0.007	41064	0.004
10	11.17	γ -Terpinene	99-85-4	436486	0.034	489188	0.043	458554	0.037	406802	0.036	515181	0.048	407682	0.038
11	12.33	Undecane	1120-21-4	5230562	0.408	5794129	0.509	5551394	0.453	6090870	0.540	6511212	0.606	5968292	0.557
12	12.46	Nonanal	124-19-6	356218	0.028	318206	0.028	378710	0.031	408420	0.036	366454	0.034	349745	0.033
13	13.03	3-Octyl acetate	4864-61-3	33763	0.003	39957	0.004	32935	0.003	39453	0.003	31938	0.003	46103	0.004
14	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	56318-84-4	594578	0.046	763838	0.067	797669	0.065	749263	0.066	730370	0.068	746463	0.070
15	14.72	Naphthalene	91-20-3	98642	0.008	93283	0.008	88087	0.007	71944	0.006	103700	0.010	86371	0.008
16	14.99	cis-4-Decenal	21662-09-9	364809	0.028	397029	0.035	465183	0.038	425490	0.038	431859	0.040	420825	0.039
17	15.04	Methyl salicylate	119-36-8	609238	0.048	446259	0.039	391537	0.032	354205	0.031	442379	0.041	303766	0.028
18	15.10	Estragole	140-67-0	1325120	0.103	1127055	0.099	1365399	0.111	1159535	0.103	1247235	0.116	1129891	0.105
19	15.37	Decanal	112-31-2	71105535	5.551	81912248	7.190	76007276	6.196	86383268	7.659	79322370	7.385	79900335	7.450

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	STEMS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
20	15.94	3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol	106-22-9	317326	0.025	437059	0.038	433722	0.035	499397	0.044	588282	0.055	617868	0.058
21	16.48	(Z)-2-Decenal	2497-25-8	1949556	0.152	1863895	0.164	2085093	0.170	1802750	0.160	1859706	0.173	1803917	0.168
22	16.69	Geraniol	106-24-1	954817	0.075	1142141	0.100	1125115	0.092	1074417	0.095	1005252	0.094	1189290	0.111
23	16.94	(E)-2-Decenal	3913-81-3	109948242	8.583	100962140	8.862	110560111	9.012	98573133	8.740	97899092	9.114	91521017	8.534
24	17.11	9-decen-1-ol	13019-22-2	68297124	5.331	66966942	5.878	60644200	4.943	45793476	4.060	44207435	4.116	40847210	3.809
25	17.20	1-Decanol	112-30-1	86071035	6.719	96571385	8.477	83428388	6.801	75600357	6.703	70173185	6.533	70283577	6.554
26	17.65	1-Tridecene	2437-56-1	73201	0.006	87373	0.008	84116	0.007	66607	0.006	90100	0.008	83415	0.008
27	18.08	Undecanal	112-44-7	5943681	0.464	6379457	0.560	5099892	0.416	7945520	0.704	6067849	0.565	5753916	0.537
28	19.56	2-Undecenal	2463-77-6	23177559	1.809	22953121	2.015	23653072	1.928	28445546	2.522	22032307	2.051	20676442	1.928
29	20.35	β -Elemene	515-13-9	3718830	0.290	3513404	0.308	4853761	0.396	3883667	0.344	3414062	0.318	3646660	0.340
30	20.70	Dodecanal	112-54-9	32913981	2.569	33454816	2.937	32414299	2.642	31134606	2.760	28790251	2.680	25127238	2.343
31	21.19	γ -elemene	29873-99-2	727961	0.057	723417	0.063	897490	0.073	757831	0.067	612045	0.057	716858	0.067
32	21.38	α -Guaiene	3691-12-1	13203114	1.031	12801551	1.124	14708368	1.199	11517973	1.021	10938279	1.018	10660853	0.994
33	21.74	2-Dodecenal	4826-62-4	8834922	0.690	7489015	0.657	10766057	0.878	8669576	0.769	7738941	0.720	8218941	0.766
34	21.90	α -Caryophyllene	6753-98-6	222515	0.017	191612	0.017	252551	0.021	159464	0.014	190918	0.018	188496	0.018
35	22.26	(E)-2-dodecenal	20407-84-5	352194622	27.492	291028851	25.545	390382936	31.822	319532015	28.331	289997200	26.997	305832468	28.517
36	23.18	Tridecanal	10486-19-8	2625568	0.205	2375993	0.209	1925852	0.157	2606332	0.231	2018927	0.188	1764138	0.164
37	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	21662-16-8	338729	0.026	320478	0.028	401489	0.033	357776	0.032	350696	0.033	403394	0.038
38	23.53	(+)- δ -Cadinene	483-76-1	392872	0.031	464820	0.041	429254	0.035	404998	0.036	392048	0.036	385132	0.036

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	STEMS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
39	23.91	(1S,2R,5R)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	58319-05-4	1249144	0.098	1317499	0.116	1185036	0.097	1169359	0.104	1028523	0.096	1227118	0.114
40	24.03	Elemol	639-99-6	395747	0.031	381996	0.034	415197	0.034	327826	0.029	352637	0.033	329738	0.031
41	24.54	(E)-2-tridecenal	7069-41-2	17782207	1.388	15842876	1.391	14215738	1.159	15206861	1.348	13335078	1.241	12557523	1.171
42	25.21	(Z)-7-tetradecenal	65128-96-3	4340606	0.339	3585211	0.315	3640480	0.297	3528548	0.313	3390833	0.316	3460598	0.323
43	25.27	(Z)-9-tetradecenal	53939-27-8	13557867	1.058	11327075	0.994	11202501	0.913	10841493	0.961	10422430	0.970	10833121	1.010
44	25.39	13-Tetradecenal	85896-31-7	1752823	0.137	2957021	0.260	3278924	0.267	1545439	0.137	1452596	0.135	1529445	0.143
45	25.52	Tetradecanal	124-25-4	7412174	0.579	6569647	0.577	5858405	0.478	6627953	0.588	6230445	0.580	5959946	0.556
46	25.82	epicubenol	19912-67-5	194502	0.015	140802	0.012	113842	0.009	149532	0.013	159512	0.015	131744	0.012
47	26.99	(E)-2-tetradecenal	51534-36-2	381084141	29.747	308222398	27.054	308859284	25.176	300435117	26.637	300533528	27.978	303419532	28.292
48	29.04	cis-9-Hexadecenal	56219-04-6	35752597	2.791	27221474	2.389	27070214	2.207	29412366	2.608	32883227	3.061	29252761	2.728
49	29.64	cis-11-Hexadecenal	53939-28-9	918758	0.072	696073	0.061	722637	0.059	836705	0.074	977887	0.091	880194	0.082
50	31.10	(E)-2-Hexadecenal	22644-96-8	14881129	1.162	9767385	0.857	9801306	0.799	11585077	1.027	13729244	1.278	12990549	1.211

ตารางที่ A-4 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีส่วนเม็ด โดยวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 6 ครั้ง (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	SEEDS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
1	2.28	Acetic acid	64-19-7	5622717	0.376	7817615	0.565	8970166	0.633	8829078	0.648	8071238	0.631	8085697	0.668
2	4.03	Toluene	108-88-3	85718	0.006	83465	0.006	88083	0.006	83254	0.006	88297	0.007	81728	0.007
3	7.38	1,7,7-Trimethyltricyclo [2.2.1.0,2,6]heptane	508-32-7	311380	0.021	219676	0.016	185438	0.013	156006	0.011	131757	0.010	74753	0.006
4	7.51	2-Methyl-5-(1-methylethyl)- bicyclo(3.1.0)hex-2-ene	2867-05-2	1420632	0.095	1479266	0.107	1306672	0.092	1204936	0.088	1007562	0.079	693008	0.057
5	7.72	α -Pinene	80-56-8	90023967	6.020	72475777	5.239	61940697	4.371	56827610	4.170	47288128	3.698	29843127	2.465
6	8.09	Camphene	79-92-5	13548106	0.906	10392698	0.751	8611133	0.608	7843530	0.576	6363679	0.498	3985048	0.329
7	8.41	Benzaldehyde	100-52-7	527777	0.035	509242	0.037	620775	0.044	573294	0.042	549125	0.043	500221	0.041
8	8.77	Sabinene	3387-41-5	7368761	0.493	5416860	0.392	4857511	0.343	4528605	0.332	3861198	0.302	2701408	0.223
9	8.86	β -Pinene	127-91-3	10332974	0.691	8316906	0.601	7294746	0.515	6702705	0.492	5659348	0.443	3914342	0.323
10	9.25	β -Mycene	123-35-3	25087191	1.677	21276126	1.538	20000809	1.412	19035187	1.397	16709412	1.307	13572767	1.121
11	9.63	α -Phellandrene	99-83-2	342764	0.023	317565	0.023	322286	0.023	305079	0.022	259450	0.020	215912	0.018
12	9.79	3-Carene	13466-78-9	204563	0.014	172199	0.012	156137	0.011	154724	0.011	123480	0.010	99257	0.008
13	9.97	α -Terpinene	99-86-5	1249996	0.084	1208955	0.087	1175109	0.083	1083851	0.080	928084	0.073	809032	0.067
14	10.22	p-Cymene	99-87-6	70320703	4.702	60641699	4.383	57151207	4.033	54804723	4.022	49227137	3.850	42063406	3.474
15	10.34	Limonene	138-86-3	57282379	3.830	47373068	3.424	44347044	3.130	42128344	3.092	36203922	2.832	29837351	2.464
16	10.38	Eucalyptol	470-82-6	2334777	0.156	1774869	0.128	1966123	0.139	1711589	0.126	1607882	0.126	1252977	0.103
17	10.57	(3Z)-3,7-dimethylocta-1,3,6- triene	3338-55-4	999451	0.067	1071115	0.077	1147696	0.081	1027418	0.075	957472	0.075	898219	0.074
18	10.88	(E)- β -ocimene	3779-61-1	1528086	0.102	1800264	0.130	1939159	0.137	1724942	0.127	1638756	0.128	1555928	0.129

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	SEEDS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
19	11.23	γ -Terpinene	99-85-4	151349493	10.120	137432056	9.934	132943226	9.382	127212943	9.336	112623217	8.808	96268263	7.951
20	11.42	(1R,4R,5S)-4-methyl-1-propan-2-ylbicyclo[3.1.0]hexan-4-ol	15537-55-0	1252318	0.084	1197178	0.087	1196369	0.084	1222566	0.090	1077133	0.084	984793	0.081
21	11.59	2-(5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl)propan-2-ol	5989-33-3	2688000	0.180	2756755	0.199	2971724	0.210	3047130	0.224	2718527	0.213	2500960	0.207
22	12.04	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	586-62-9	15647302	1.046	14826870	1.072	14799426	1.044	14308992	1.050	12859414	1.006	11104585	0.917
23	12.23	methylbenzoate	93-58-3	663447	0.044	531422	0.038	615872	0.043	572812	0.042	527882	0.041	470898	0.039
24	12.64	linalool	78-70-6	801459048	53.590	773912708	55.941	801249875	56.548	782096380	57.396	747419534	58.457	732667513	60.512
25	13.21	alloocimene	673-84-7	206566	0.014	271262	0.020	247117	0.017	225029	0.017	198825	0.016	212627	0.018
26	13.56	(E,E)-2,6-alloocimene	3016-19-1	151885	0.010	143143	0.010	164187	0.012	168971	0.012	120179	0.009	132874	0.011
27	13.72	Camphor	76-22-2	76856347	5.139	76507725	5.530	77529098	5.472	74550301	5.471	69958882	5.472	67427291	5.569
28	13.88	Citronellal	106-23-0	989022	0.066	922904	0.067	974443	0.069	970640	0.071	910318	0.071	889919	0.074
29	14.20	Pinocarpone	30460-92-5	224874	0.015	251684	0.018	276019	0.019	265946	0.020	254253	0.020	228760	0.019
30	14.27	endo-Borneol	507-70-0	2056678	0.138	2040316	0.147	2300534	0.162	2249227	0.165	2133138	0.167	2158055	0.178
31	14.47	linalool oxide	14049-11-7	96705	0.006	122238	0.009	118765	0.008	133018	0.010	111996	0.009	135029	0.011
32	14.59	(R)-1-Isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol	20126-76-5	3724493	0.249	3444956	0.249	3951806	0.279	3674828	0.270	3456559	0.270	3607886	0.298
33	14.78	1-Methyl-4-(1-hydroxy-1-methyl(ethyl)benzene	1197-01-9	357021	0.024	334439	0.024	383075	0.027	351021	0.026	337592	0.026	343762	0.028
34	14.88	3,7-dimethyl-octa-1,5-diene-3,7-diol	13741-21-4	171626	0.011	222236	0.016	201093	0.014	244523	0.018	227731	0.018	213651	0.018
35	14.95	L- α -Terpineol	10482-56-1	4994914	0.334	4620496	0.334	5336605	0.377	5096795	0.374	5040065	0.394	5119883	0.423

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	SEEDS											
				Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization	Peak area 4	%normalization	Peak area 5	%normalization	Peak area 6	%normalization
36	15.06	Methyl salicylate	119-36-8	653389	0.044	634453	0.046	710124	0.050	671335	0.049	640101	0.050	650040	0.054
37	15.12	(6,6-dimethyl-4-bicyclo[3.1.1]hept-3-enyl)methanol	515-00-4	198420	0.013	238687	0.017	341782	0.024	280162	0.021	321641	0.025	295611	0.024
38	15.49	Berbenone	80-57-9	270021	0.018	283359	0.020	300797	0.021	306092	0.022	263111	0.021	319047	0.026
39	15.71	trans-Carveol	1197-07-5	132544	0.009	125989	0.009	170961	0.012	137991	0.010	117233	0.009	166285	0.014
40	15.94	3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol	106-22-9	1012384	0.068	831196	0.060	1127537	0.080	1043585	0.077	1049235	0.082	1145338	0.095
41	16.32	(Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dienal	106-26-3	246076	0.016	217460	0.016	250653	0.018	245352	0.018	239517	0.019	245008	0.020
42	16.71	Geraniol	106-24-1	48937354	3.272	40482199	2.926	50229926	3.545	45907835	3.369	47185645	3.690	49686861	4.104
43	16.83	3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol	624-15-7	1035350	0.069	776124	0.056	1220753	0.086	799626	0.059	730694	0.057	986639	0.081
44	17.11	1-Decanol	112-30-1	997501	0.067	823107	0.059	964348	0.068	968072	0.071	909759	0.071	936823	0.077
45	17.54	Anethole	104-46-1	781383	0.052	627498	0.045	772262	0.055	784862	0.058	684468	0.054	717755	0.059
46	17.62	1-Tridecene	2437-56-1	57722	0.004	74922	0.005	55546	0.004	83474	0.006	45989	0.004	52547	0.004
47	17.95	Methyl-5-(1-methylethyl)phenol	499-75-2	219404	0.015	170742	0.012	246026	0.017	223602	0.016	231822	0.018	241798	0.020
48	18.52	E-Methylgeranate	1189-09-9	217912	0.015	191453	0.014	232532	0.016	220128	0.016	210666	0.016	234382	0.019
49	18.60	Myrtenyl acetate	1079-01-2	1033536	0.069	939129	0.068	1147997	0.081	1078522	0.079	1042004	0.081	1102478	0.091
50	19.28	3,7-Dimethyl-6-octenyl acetate	150-84-5	231510	0.015	195327	0.014	242243	0.017	240709	0.018	221021	0.017	253858	0.021
51	19.56	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	141-12-8	714877	0.048	596643	0.043	761045	0.054	728318	0.053	737354	0.058	784890	0.065
52	20.10	geranyl acetate	105-87-3	83377761	5.575	70917868	5.126	86664791	6.116	79807335	5.857	79425422	6.212	84194427	6.954
53	20.45	Tetradecane	629-59-4	1175151	0.079	994652	0.072	1156707	0.082	1132386	0.083	1103351	0.086	1155786	0.095
54	20.69	Dodecanal	112-54-9	211227	0.014	130607	0.009	226549	0.016	227941	0.017	213237	0.017	260606	0.022

No.	RT (min)	Compound	CAS No.	SEEDS											
				Peak area 1	%normalizaton	Peak area 2	%normalizaton	Peak area 3	%normalizaton	Peak area 4	%normalizaton	Peak area 5	%normalizaton	Peak area 6	%normalizaton
55	21.07	Caryophyllene	87-44-5	2405769	0.161	2209484	0.160	2617445	0.185	2478862	0.182	2417144	0.189	2543995	0.210
56	21.91	α -Caryophyllene	6753-98-6	115479	0.008	86968	0.006	130818	0.009	124336	0.009	112518	0.009	125055	0.010
57	23.55	(+)- δ -Cadinene	483-76-1	24749	0.002	17291	0.001	27914	0.002	21133	0.002	25412	0.002	20765	0.002

ตารางที่ A-5 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีสดส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสารระเหย
ง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	ROOTS_fresh					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	6.78	Nonane	326807	0.023	604865	0.047	498696	0.042
2	9.26	2-pentylfuran	19794	0.001	42255	0.003	36395	0.003
3	9.57	Octanal	64876	0.004	147813	0.011	181573	0.015
4	10.20	p-Cymene	6841	0.000	14534	0.001	7950	0.001
5	10.31	Limonene	21783	0.002	56937	0.004	52433	0.004
6	11.17	γ -Terpinene	19441	0.001	37771	0.003	38882	0.003
7	12.33	Undecane	189065	0.013	298192	0.023	216516	0.018
8	12.46	Nonanal	70327	0.005	121961	0.009	126510	0.011
9	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	1020831	0.070	1190963	0.093	928758	0.078
10	14.72	Naphthalene	77208	0.005	167131	0.013	139508	0.012
11	15.15	Estragole	51645	0.004	106082	0.008	92873	0.008
12	15.32	Decanal	1938512	0.134	2256678	0.175	2013164	0.169
13	16.85	(E)-2-Decenal	4349072	0.300	4455932	0.346	3118393	0.262
14	17.04	9-decen-1-ol	1157862	0.080	995278	0.077	582877	0.049
15	17.11	1-Decanol	1332757	0.092	1429312	0.111	1048309	0.088
16	17.65	1-Tridecene	309477	0.021	845923	0.066	917805	0.077
17	17.86	tridecane	136671	0.009	187872	0.015	175031	0.015
18	18.07	Undecanal	322934	0.022	519966	0.040	622702	0.052
19	19.54	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	1646802	0.114	1501157	0.117	1189885	0.100
20	20.35	β -Elemene	5858272	0.404	5006533	0.389	4088800	0.343
21	20.69	Dodecanal	10360937	0.714	10749069	0.836	10824378	0.909
22	21.18	Caryophyllene	279315	0.019	230543	0.018	204914	0.017
23	21.38	α -Guaiene	9764733	0.673	8022893	0.624	5923396	0.497
24	21.76	2-Dodecenal	15430614	1.064	12073676	0.938	9837250	0.826
25	22.38	(E)-2-dodecenal	676309031	46.638	509179076	39.578	408311474	34.281
26	22.43	trans-2-Dodecen-1-ol	113921016	7.856	174907598	13.595	192466309	16.159
27	23.19	Tridecanal	461383	0.032	576259	0.045	788545	0.066
28	23.49	(E,E)-2,4-dodecadienal	606592	0.042	437267	0.034	431544	0.036
29	24.54	(E)-2-tridecenal	21570801	1.488	16283128	1.266	11747158	0.986
30	25.22	(Z)-7-tetradecenal	8005463	0.552	7844801	0.610	7991480	0.671
31	25.28	(Z)-9-tetradecenal	26206500	1.807	23787572	1.849	24254128	2.036
32	25.37	13-Tetradecenal	1227351	0.085	1694932	0.132	1723249	0.145
33	25.52	Tetradecanal	5186678	0.358	5522414	0.429	5838034	0.490
34	27.04	(E)-2-tetradecenal	523318799	36.088	477318371	37.102	474825884	39.865
35	29.02	cis-9-Hexadecenal	6827485	0.471	6267875	0.487	7265751	0.610
36	29.64	cis-11-Hexadecenal	471117	0.032	592012	0.046	584344	0.049
37	30.76	10-Octadecenal	112377	0.008	125298	0.010	164613	0.014
38	31.10	(E)-2-Hexadecenal	11150877	0.769	10912280	0.848	11829918	0.993

ตารางที่ A-6 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักซีตัมส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสารระเหย
ง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	ROOTS_boiled					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	6.77	Nonane	753594	0.061	1080618	0.074	1251089	0.114
2	9.25	2-pentylfuran	19626	0.002	22386	0.002	23111	0.002
3	9.56	Octanal	173321	0.014	248676	0.017	170800	0.016
4	10.19	p-Cymene	2188	0.000	6067	0.000	6662	0.001
5	10.31	Limonene	8973	0.001	13812	0.001	9350	0.001
6	11.16	γ -Terpinene	13822	0.001	31357	0.002	32970	0.003
7	12.32	Undecane	122796	0.010	212995	0.015	273661	0.025
8	12.45	Nonanal	344767	0.028	602093	0.041	384274	0.035
9	14.00	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	408189	0.033	290256	0.020	559820	0.051
10	14.72	Naphthalene	30313	0.002	41861	0.003	23044	0.002
11	15.32	Decanal	9137099	0.737	10899391	0.751	7800855	0.710
12	16.84	(E)-2-Decenal	2654260	0.214	3711625	0.256	1858572	0.169
13	17.04	9-decen-1-ol	126571	0.010	315409	0.022	63562	0.006
14	17.10	1-Decanol	157939	0.013	464452	0.032	96179	0.009
15	17.64	1-Tridecene	413515	0.033	673780	0.046	518534	0.047
16	17.86	tridecane	68542	0.006	102820	0.007	86653	0.008
17	18.06	Undecanal	1469119	0.119	1875421	0.129	1313714	0.120
18	19.53	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	1018851	0.082	1285929	0.089	874545	0.080
19	20.35	β -Elemene	4287290	0.346	5182993	0.357	4571922	0.416
20	20.72	Dodecanal	49553765	3.998	52105953	3.590	51555750	4.690
21	21.18	Caryophyllene	159389	0.013	119188	0.008	226133	0.021
22	21.37	α -Guaiene	4522152	0.365	3675619	0.253	7233536	0.658
23	21.74	2-Dodecenal	12250090	0.988	14454719	0.996	11540169	1.050
24	22.33	(E)-2-dodecenal	522969180	42.196	610726921	42.083	486329950	44.242
25	23.17	tridecanal	1764827	0.142	2210657	0.152	1691953	0.154
26	23.47	(E,E)-2,4-dodecadienal	430697	0.035	469663	0.032	521738	0.047
27	24.52	(E)-2-Tridecenal	13405647	1.082	17934423	1.236	11137765	1.013
28	25.21	(Z)-7-tetradecenal	7963997	0.643	9386472	0.647	6667952	0.607
29	25.27	(Z)-9-tetradecenal	24335101	1.963	27966449	1.927	20101530	1.829
30	25.37	13-Tetradecenal	1354121	0.109	1303977	0.090	895853	0.081
31	25.53	Tetradecanal	37824553	3.052	44268956	3.050	38338148	3.488
32	27.03	(E) 2-tetradecenal	507566014	40.953	595968723	41.066	419854558	38.194
33	29.01	cis-9-Hexadecenal	8728857	0.704	11022819	0.760	5833306	0.531
34	29.63	cis-11-Hexadecenal	1295386	0.105	1669447	0.115	894780	0.081
35	30.76	10-Octadecenal	376668	0.030	473823	0.033	275577	0.025
36	31.10	(E)-2-Hexadecenal	23683487	1.911	30430170	2.097	16239711	1.477

ตารางที่ A-7 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างน้ำต้มผักชีส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	ROOTS_water					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	6.78	Nonane	79280	0.235	69787	0.201	67555	0.216
2	9.26	2-pentylfuran	5972	0.018	8524	0.025	10200	0.033
3	9.57	Octanal	31889	0.094	47252	0.136	29930	0.096
4	10.30	Limonene	8998	0.027	6263	0.018	6835	0.022
5	12.47	Nonanal	49625	0.147	80370	0.231	35775	0.115
6	13.95	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	141087	0.417	183878	0.529	117067	0.375
7	15.32	Decanal	663843	1.964	674434	1.940	605752	1.940
8	16.85	(E)-2-Decenal	164578	0.487	168764	0.485	145775	0.467
9	17.05	9-decen-1-ol	8992	0.027	6764	0.019	7460	0.024
10	17.12	1-Decanol	16326	0.048	15149	0.044	14465	0.046
11	17.65	1-Tridecene	6276	0.019	8975	0.026	7659	0.025
12	18.07	Undecanal	60661	0.179	281154	0.809	67505	0.216
13	19.54	(Z)-2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	20166	0.060	27798	0.080	27664	0.089
14	20.34	β -Elemene	237195	0.702	221539	0.637	181539	0.581
15	20.68	Dodecanal	1213142	3.588	1777284	5.112	1160086	3.715
16	21.37	Caryophyllene	41059	0.121	35204	0.101	36595	0.117
17	21.73	2-Dodecenal	530268	1.569	505369	1.454	444110	1.422
18	22.12	(E)-2-dodecenal	22350052	66.110	22798365	65.579	20871164	66.833
19	22.20	trans-2-Dodecen-1-ol	1840648	5.445	1547664	4.452	1776426	5.688
20	23.47	(E,E)-2,4-dodecadienal	70433	0.208	57979	0.167	64798	0.207
21	24.52	(E)-2-Tridecenal	78618	0.233	60819	0.175	66760	0.214
22	25.23	(Z)-7-tetradecenal	84090	0.249	67044	0.193	65686	0.210
23	25.26	(Z)-9-tetradecenal	303134	0.897	203598	0.586	217377	0.696
24	25.51	Tetradecanal	170980	0.506	206308	0.593	161535	0.517
25	26.82	(E) 2-tetradecenal	5588836	16.531	5671884	16.315	5006737	16.032
26	29.01	cis-9-Hexadecenal	15349	0.045	16694	0.048	12096	0.039
27	31.10	(E)-2-Hexadecenal	25735	0.076	15821	0.046	20189	0.065

ตารางที่ A-8 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีสดส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ชื่อสารระเหย
ง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	LEAVES_fresh					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	1.98	Dimethyl sulfide	1397250	0.184	2104611	0.326	2119741	0.532
2	2.10	isobutyraldehyde	223215	0.029	362804	0.056	265462	0.067
3	2.66	3-methylbutanal	747082	0.098	887177	0.137	397546	0.100
4	2.74	2-methylbutanal	956160	0.126	1157854	0.179	766478	0.192
5	5.67	(E)-2-hexenal	453865	0.060	115313	0.018	24728	0.006
6	5.73	(E)-3-Hexen-1-ol	2581725	0.339	594232	0.092	49961	0.013
7	6.77	Nonane	1693275	0.222	1803950	0.279	1591145	0.399
8	6.95	3-(Methylthio)propanal	13026	0.002	13309	0.002	9067	0.002
9	8.39	Benzaldehyde	1639708	0.215	1745789	0.270	1280923	0.322
10	8.76	Sabinene	6890	0.001	4240	0.001	3003	0.001
11	8.86	β -Pinene	4673	0.001	5691	0.001	7035	0.002
12	9.24	β -Myrcene	98702	0.013	122270	0.019	121404	0.030
13	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	67979	0.009	77783	0.012	71899	0.018
14	9.56	Octanal	25101	0.003	27536	0.004	7185	0.002
15	9.68	(Z)-3-Hexen-1-ol acetate	15244175	2.002	5495990	0.850	375563	0.094
16	10.19	p-Cymene	84766	0.011	88690	0.014	91556	0.023
17	10.31	Limonene	1166455	0.153	1183162	0.183	1256487	0.315
18	10.72	Benzeneacetaldehyde	1810214	0.238	2030152	0.314	2168602	0.544
19	10.86	(E)- β -ocimene	6366664	0.836	6586998	1.019	7388824	1.855
20	11.17	γ -Terpinene	151001	0.020	173882	0.027	157286	0.039
21	11.40	1-methyl-2-propylbenzene	5583	0.001	4387	0.001	7965	0.002
22	11.70	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	14888	0.002	13617	0.002	18329	0.005
23	11.74	1-Ethyl-2,4-dimethylbenzene	12184	0.002	13340	0.002	31685	0.008
24	12.02	1-Methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	151196	0.020	155221	0.024	172663	0.043
25	12.33	Undecane	1031730	0.136	951117	0.147	827222	0.208
26	12.46	Nonanal	339704	0.045	341079	0.053	186071	0.047
27	12.71	Phenylethyl Alcohol	475696	0.062	307325	0.048	594789	0.149
28	12.80	1,2,4,5-tetramethyl-benzene	158565	0.021	147630	0.023	184048	0.046
29	12.91	1,2,3,5-tetramethyl-benzene	45752	0.006	45467	0.007	48842	0.012
30	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	292087	0.038	471491	0.073	417468	0.105
31	14.72	Naphthalene	203946	0.027	221082	0.034	164326	0.041
32	15.00	cis-4-Decenal	84695	0.011	152784	0.024	110050	0.028
33	15.15	Estragole	1152963	0.151	1068938	0.165	1334716	0.335
34	15.46	Decanal	216466532	28.430	230496753	35.662	155351110	38.994
35	15.82	2,6,6-trimethylcyclohex-1-ene-1-carbaldehyde	280115	0.037	311474	0.048	414895	0.104
36	16.49	(Z)-2-Decenal	858487	0.113	1113425	0.172	728745	0.183

No.	RT (min)	Compound	LEAVES_fresh					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
37	16.79	2-Phenylethyl acetate	135709	0.018	155718	0.024	150447	0.038
38	16.90	(E)-2-Decenal	49051939	6.442	57073665	8.830	33122433	8.314
39	17.06	9-decen-1-ol	7790298	1.023	9697741	1.500	4768266	1.197
40	17.20	1-Decanol	106501787	13.988	89143340	13.792	50664706	12.717
41	18.07	Undecanal	5331588	0.700	5034923	0.779	2652542	0.666
42	18.23	1-ethylideneindene	11779	0.002	4083	0.001	28297	0.007
43	18.33	(E,E)-2,4-decadienal	165952	0.022	193896	0.030	104963	0.026
44	18.52	Methyl Decanoate	628725	0.083	530548	0.082	530112	0.133
45	19.54	2-Undecenal	6374269	0.837	5909073	0.914	3117300	0.782
46	20.35	β -Elemene	911526	0.120	812773	0.126	482675	0.121
47	20.58	Methyl eugenol	10487	0.001	4565	0.001	5035	0.001
48	20.70	Dodecanal	33209246	4.362	22805963	3.529	10689382	2.683
49	21.07	Caryophyllene	697900	0.092	705514	0.109	556721	0.140
50	21.19	γ -elemene	185183	0.024	118353	0.018	56881	0.014
51	21.37	α -Guaiene	315187	0.041	269243	0.042	205524	0.052
52	21.73	2-Dodecenal	2623642	0.345	2002207	0.310	1082155	0.272
53	22.18	(E)-2-dodecenal	96978897	12.737	76669978	11.862	43012648	10.796
54	23.16	Tridecanal	270817	0.036	140151	0.022	51198	0.013
55	23.48	(E,E)-2,4-dodecadienal	241175	0.032	249149	0.039	179145	0.045
56	24.52	(E)-2-tridecenal	6958765	0.914	4038089	0.625	2348304	0.589
57	25.20	(Z)-7-tetradecenal	1535815	0.202	1007114	0.156	570547	0.143
58	25.26	(Z)-9-tetradecenal	5253050	0.690	3290463	0.509	1922723	0.483
59	25.39	13-Tetradecenal	949031	0.125	592682	0.092	267232	0.067
60	25.51	Tetradecanal	2972248	0.390	1631372	0.252	1036624	0.260
61	26.90	(E)-2-tetradecenal	128087076	16.822	74257544	11.489	40600302	10.191
62	29.02	cis-9-Hexadecenal	20692433	2.718	10786487	1.669	6551099	1.644
63	30.33	Neophytadiene	16444571	2.160	13733514	2.125	11280591	2.832
64	30.76	10-Octadecenal	54224	0.007	19922	0.003	11576	0.003
65	31.10	(E)-2-Hexadecenal	10715730	1.407	5056158	0.782	3599803	0.904



ตารางที่ A-9 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีลาวส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ชื่อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	LEAVES_soft boiled					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	2.04	isobutyraldehyde	3290439	0.509	2064982	0.472	1481490	0.314
2	6.78	Nonane	432484	0.067	295369	0.067	365697	0.078
3	8.42	Benzaldehyde	72736	0.011	63054	0.014	64803	0.014
4	9.24	β -Myrcene	41117	0.006	24045	0.005	19288	0.004
5	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	35968	0.006	17533	0.004	14063	0.003
6	9.56	Octanal	158480	0.025	97000	0.022	95889	0.020
7	10.19	p-Cymene	33972	0.005	22365	0.005	20171	0.004
8	10.31	Limonene	421228	0.065	298217	0.068	258125	0.055
9	10.75	Benzeneacetaldehyde	18021	0.003	17742	0.004	140889	0.030
10	10.86	(E)- β -ocimene	2462857	0.381	1696799	0.388	1445524	0.307
11	11.17	γ -Terpinene	62519	0.010	35869	0.008	35056	0.007
12	12.03	1-methyl-4-isopropylidene-1-cyclohexene	47747	0.007	30840	0.007	21261	0.005
13	12.33	Undecane	106692	0.016	70456	0.016	59965	0.013
14	12.45	Nonanal	581369	0.090	424088	0.097	437963	0.093
15	14.73	Naphthalene	110697	0.017	96215	0.022	71138	0.015
16	15.11	cis-4-Decenal	680234	0.105	347639	0.079	348475	0.074
17	15.48	Decanal	267400318	41.340	188534355	43.074	176982250	37.541
18	16.48	(Z)-2-Decenal	780699	0.121	241257	0.055	324822	0.069
19	16.89	(E)-2-Decenal	43742195	6.762	15530606	3.548	19457003	4.127
20	17.05	9-decen-1-ol	4982517	0.770	2538396	0.580	2817982	0.598
21	17.14	1-Decanol	26160941	4.044	16430621	3.754	17305624	3.671
22	18.07	Undecanal	6627574	1.025	3813035	0.871	4106543	0.871
23	19.53	2-Undecenal	4654528	0.720	1896348	0.433	2461878	0.522
24	20.34	β -Elemene	1083335	0.167	813043	0.186	894533	0.190
25	20.70	Dodecanal	26458031	4.090	21314794	4.870	20458121	4.339
26	21.18	γ -Elemene	143996	0.022	87389	0.020	99524	0.021
27	21.36	α -Guaiene	53906	0.008	37098	0.008	35406	0.008
28	21.73	2-Dodecenal	2349148	0.363	1737581	0.397	2019073	0.428
29	22.17	(E)-2-dodecenal	102143729	15.791	72536751	16.572	83777383	17.770
30	23.16	Tridecanal	761212	0.118	532505	0.122	590568	0.125
31	24.52	(E)-2-tridecenal	6064491	0.938	4277293	0.977	5071377	1.076
32	25.20	(Z)-7-tetradecenal	1663104	0.257	1166356	0.266	1516580	0.322
33	25.26	(Z)-9-tetradecenal	5809362	0.898	4546280	1.039	5255531	1.115
34	25.51	Tetradecanal	4367520	0.675	3496231	0.799	4096690	0.869
35	26.90	(E)-2-tetradecenal	117107985	18.105	81012325	18.509	102910614	21.829
36	29.01	cis-9-Hexadecenal	14762468	2.282	10739738	2.454	15166073	3.217
37	30.32	Neophytadiene	1163055	0.180	818819	0.187	1213570	0.257

ตารางที่ A-10 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างน้ำลวกผักชีส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ชื่อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	LEAVES_water					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	1.97	Dimethyl sulfide	41382	0.113	39124	0.096	36805	0.104
2	2.04	isobutyraldehyde	156762	0.429	132590	0.326	167496	0.474
3	6.77	Nonane	80435	0.220	47268	0.116	78876	0.223
4	10.30	Limonene	58115	0.159	55125	0.136	56856	0.161
5	10.86	(E)- β -ocimene	75513	0.207	87902	0.216	68065	0.193
6	12.32	Undecane	130780	0.358	117531	0.289	108166	0.306
7	12.45	Nonanal	73786	0.202	70116	0.172	77848	0.220
8	14.73	Naphthalene	11214	0.031	8932	0.022	9243	0.026
9	15.09	cis-4-Decenal	114165	0.312	103775	0.255	97254	0.275
10	15.33	Decanal	21546717	58.961	22694163	55.790	21447773	60.737
11	16.48	(Z)-2-Decenal	87087	0.238	99343	0.244	90733	0.257
12	16.84	(E)-2-Decenal	5442108	14.892	5571488	13.697	5249231	14.865
13	17.03	9-decen-1-ol	611021	1.672	585411	1.439	521336	1.476
14	17.10	1-Decanol	2583190	7.069	2520849	6.197	2396818	6.787
15	18.06	Undecanal	121949	0.334	147486	0.363	106935	0.303
16	19.53	2-Undecenal	161869	0.443	168709	0.415	140601	0.398
17	20.34	β -Elemene	41607	0.114	44260	0.109	33027	0.094
18	20.67	Dodecanal	331670	0.908	516803	1.270	319509	0.905
19	21.73	2-Dodecenal	61690	0.169	88946	0.219	54466	0.154
20	22.09	(E)-2-dodecenal	3599916	9.851	5221769	12.837	3430163	9.714
21	24.52	(E)-2-tridecenal	55880	0.153	124889	0.307	39535	0.112
22	26.82	(E)-2-tetradecenal	1157032	3.166	2231585	5.486	781742	2.214

ตารางที่ A-11 พื้นที่ใต้พีคตัวอย่างผักชีสดส่วนลำต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	STEMS_fresh					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	1.97	Dimethyl sulfide	59303	0.005	86093	0.008	75806	0.008
2	6.05	1,3-Dimethylbenzene	25989	0.002	59337	0.006	54371	0.006
3	6.78	Nonane	6372259	0.571	4998845	0.485	6140673	0.650
4	7.69	α -Pinene	127428	0.011	64131	0.006	96583	0.010
5	9.25	β -Myrcene	28539	0.003	34296	0.003	32386	0.003
6	9.31	1,2,4-trimethylbenzene	12052	0.001	10027	0.001	6705	0.001
7	10.19	p-Cymene	56112	0.005	86426	0.008	88984	0.009
8	10.30	Limonene	159219	0.014	238080	0.023	179130	0.019
9	10.86	(E)- β -ocimene	526482	0.047	734501	0.071	562311	0.060
10	11.17	γ -Terpinene	210344	0.019	258457	0.025	316484	0.034
11	12.33	Undecane	3002407	0.269	4092841	0.397	3408312	0.361
12	12.46	Nonanal	378200	0.034	528429	0.051	330934	0.035
13	13.02	Octan-3-yl acetate	36167	0.003	55495	0.005	39793	0.004
14	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	155850	0.014	198192	0.019	190445	0.020
15	14.72	Naphthalene	115912	0.010	144680	0.014	105228	0.011
16	15.00	cis-4-Decenal	301010	0.027	433894	0.042	317822	0.034
17	15.05	Methyl salicylate	383982	0.034	627082	0.061	522795	0.055
18	15.11	Estragole	1169168	0.105	1550838	0.150	1115059	0.118
19	15.43	Decanal	140036898	12.550	141389979	13.718	113204197	11.983
20	15.95	3,7-dimethyl-octa-1,5-diene-3,7-diol	103072	0.009	229206	0.022	219695	0.023
21	16.49	(Z)-2-Decenal	1654184	0.148	1982006	0.192	1384716	0.147
22	16.70	Geraniol	265211	0.024	348941	0.034	349166	0.037
23	16.94	(E)-2-Decenal	90441013	8.106	101589597	9.856	71057675	7.522
24	17.09	9-decen-1-ol	28014568	2.511	38186771	3.705	30046373	3.181
25	17.21	1-Decanol	89087266	7.984	127927234	12.412	98466676	10.423
26	17.65	1-Tridecene	33401	0.003	65149	0.006	67174	0.007
27	18.08	Undecanal	7456585	0.668	6075338	0.589	5950216	0.630
28	19.56	2-Undecenal	17811862	1.596	18076561	1.754	14266787	1.510
29	20.35	β -Elemene	2558648	0.229	1958447	0.190	2085581	0.221
30	20.72	Dodecanal	44635138	4.000	33627821	3.263	34890053	3.693
31	21.19	γ -elemene	321644	0.029	230189	0.022	243117	0.026
32	21.37	α -Guaiene	1100249	0.099	1089155	0.106	1067694	0.113
33	21.74	2-Dodecenal	6586482	0.590	4554620	0.442	4833921	0.512
34	22.25	(E)-2-dodecenal	289190860	25.918	184027395	17.855	203497115	21.542
35	23.17	Tridecanal	1381842	0.124	1312861	0.127	1518075	0.161
36	23.47	(E,E)-2,4-dodecadienal	264432	0.024	209514	0.020	258557	0.027

No.	RT (min)	Compound	STEMS_fresh					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
37	23.56	(+)- δ -Cadinene	217282	0.019	272835	0.026	297449	0.031
38	23.90	(1S,2R,5R)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	196254	0.018	285404	0.028	343121	0.036
39	24.04	Elemol	250770	0.022	178572	0.017	213420	0.023
40	24.53	(E)-2-tridecenal	15816429	1.418	11782493	1.143	11756723	1.245
41	25.21	(Z)-7-tetradecenal	4466768	0.400	4307050	0.418	4547203	0.481
42	25.27	(Z)-9-tetradecenal	14291076	1.281	13578052	1.317	13870934	1.468
43	25.36	13-Tetradecenal	834236	0.075	880094	0.085	879734	0.093
44	25.51	Tetradecanal	4686697	0.420	4564888	0.443	4972779	0.526
45	25.82	epicubenol	151400	0.014	213188	0.021	168958	0.018
46	26.97	(E)-2-tetradecenal	306128844	27.436	282745702	27.433	280552970	29.699
47	29.03	cis-9-Hexadecenal	21662899	1.941	22248489	2.159	20288297	2.148
48	29.63	cis-11-Hexadecenal	619061	0.055	706706	0.069	558890	0.059
49	31.10	(E)-2-Hexadecenal	12404902	1.112	11845233	1.149	9228849	0.977

ตารางที่ A-12 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างผักชีลาวส่วนลำต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสาร
ระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

No.	RT (min)	Compound	STEMS_soft boiled					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	2.01	Dimethyl sulfide	46111	0.005	49128	0.004	76327	0.007
2	6.08	1,3-Dimethylbenzene	8955	0.001	6215	0.001	6438	0.001
3	6.78	Nonane	2600724	0.279	2904885	0.239	3026935	0.262
4	7.69	α -Pinene	24095	0.003	31239	0.003	25372	0.002
5	9.25	β -Mycene	25215	0.003	30110	0.002	26291	0.002
6	9.32	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	11853	0.001	8040	0.001	10480	0.001
7	10.19	p-Cymene	65008	0.007	64648	0.005	55077	0.005
8	10.31	Limonene	145473	0.016	148828	0.012	133313	0.012
9	10.86	(E)- β -ocimene	941132	0.101	932129	0.077	826122	0.071
10	11.18	γ -Terpinene	710711	0.076	773308	0.064	651427	0.056
11	12.33	Undecane	524772	0.056	551802	0.045	620307	0.054
12	12.46	Nonanal	809192	0.087	822124	0.068	827807	0.072
13	14.01	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	113707	0.012	112354	0.009	115093	0.010
14	14.73	Naphthalene	44248	0.005	46267	0.004	39118	0.003
15	15.00	cis-4-Decenal	374922	0.040	378204	0.031	464965	0.040
16	15.10	Estragole	1013852	0.109	1012473	0.083	1206644	0.104
17	15.43	Decanal	159155382	17.045	160092752	13.177	150328128	12.988
18	15.94	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-	79431	0.009	103748	0.009	104074	0.009
19	16.48	2-Decenal, (Z)-	1505514	0.161	1468800	0.121	1764679	0.152
20	16.68	Geraniol	150069	0.016	216868	0.018	228479	0.020
21	16.92	2-Decenal, (E)-	72094715	7.721	71653499	5.898	85915324	7.423
22	17.04	9-decen-1-ol	1317739	0.141	576880	0.047	1148013	0.099
23	17.11	1-Decanol	3723140	0.399	2211525	0.182	3357617	0.290
24	17.65	1-Tridecene	168549	0.018	120148	0.010	113373	0.010
25	18.08	Undecanal	12951917	1.387	13060543	1.075	12879606	1.113
26	19.56	2-undecenal	23580486	2.525	24189899	1.991	27470537	2.373
27	20.35	β -elemene	2495591	0.267	2811294	0.231	3405493	0.294
28	20.71	Dodecanal	41191137	4.411	44807046	3.688	49294024	4.259
29	21.19	γ -elemene	281423	0.030	307522	0.025	391081	0.034
30	21.37	α -Guaiene	358479	0.038	344712	0.028	393300	0.034
31	21.74	2-Dodecenal	6030422	0.646	7099362	0.584	8892770	0.768
32	22.24	(E)-2-dodecenal	249937605	26.767	290647324	23.923	336176557	29.044
33	23.16	Tridecanal	3041796	0.326	3920546	0.323	3729999	0.322
34	23.47	(E,E)-2,4-dodecadienal	245834	0.026	228885	0.019	298475	0.026
35	23.55	(+)- δ -cadinene	106609	0.011	108971	0.009	107233	0.009
36	24.04	Elemol	277003	0.030	268143	0.022	363824	0.031
37	24.53	2-Tridecenal, (E)-	21999919	2.356	32347124	2.662	28600889	2.471

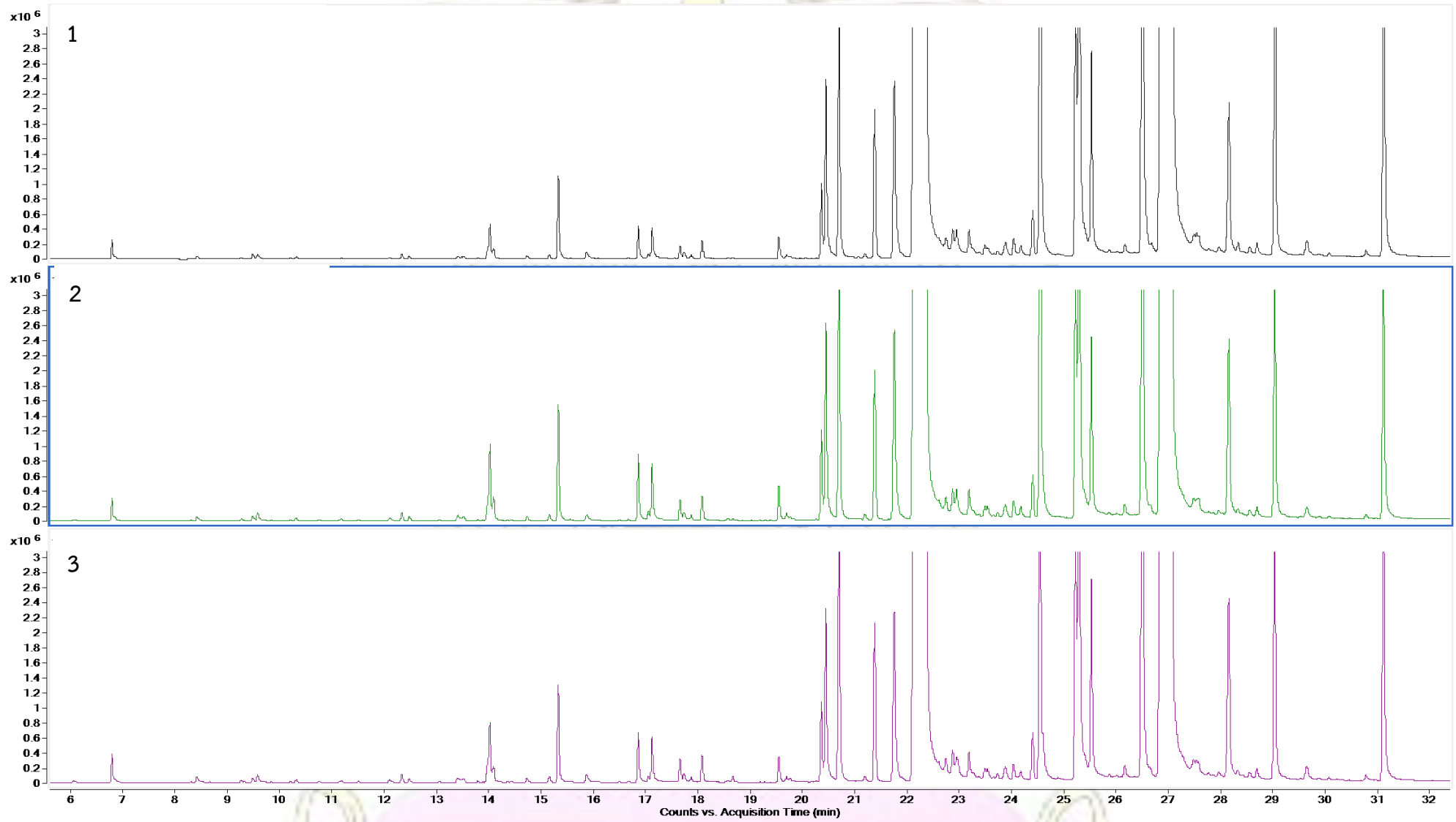
No.	RT (min)	Compound	STEMS_soft boiled					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
38	25.20	(Z)-7-tetradecenal	4029258	0.432	7345771	0.605	5419880	0.468
39	25.27	(Z)-9-tetradecenal	12964188	1.388	22405434	1.844	17071473	1.475
40	25.51	Tetradecanal	11385127	1.219	20808556	1.713	18345872	1.585
41	25.85	epicubenol	30274	0.003	115545	0.010	79553	0.007
42	26.96	(E)-2-tetradecenal	265072915	28.388	415417911	34.192	337764774	29.181
43	29.03	cis-9-Hexadecenal	25229065	2.702	57680826	4.748	40134478	3.467
44	29.63	cis-11-Hexadecenal	372428	0.040	1784865	0.147	962068	0.083
45	31.09	(E)-2-Hexadecenal	6519390	0.698	24931767	2.052	14616486	1.263

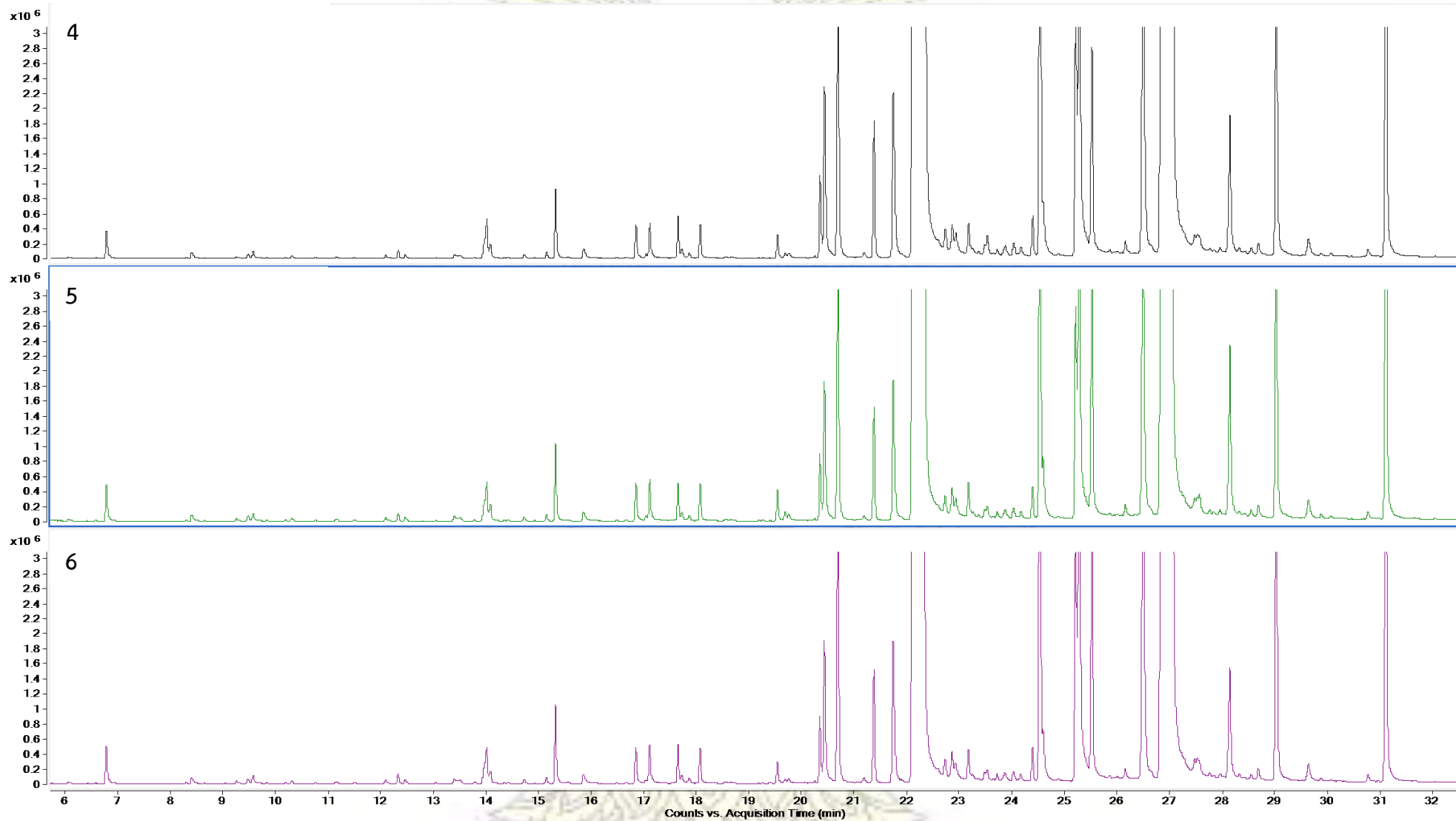


ตารางที่ A-13 พื้นที่ใต้พีกตัวอย่างน้ำลวกผักชีส่วนลำดับที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process (ข้อสารระเหยง่ายเป็นข้อมูลที่เทียบจาก NIST Library)

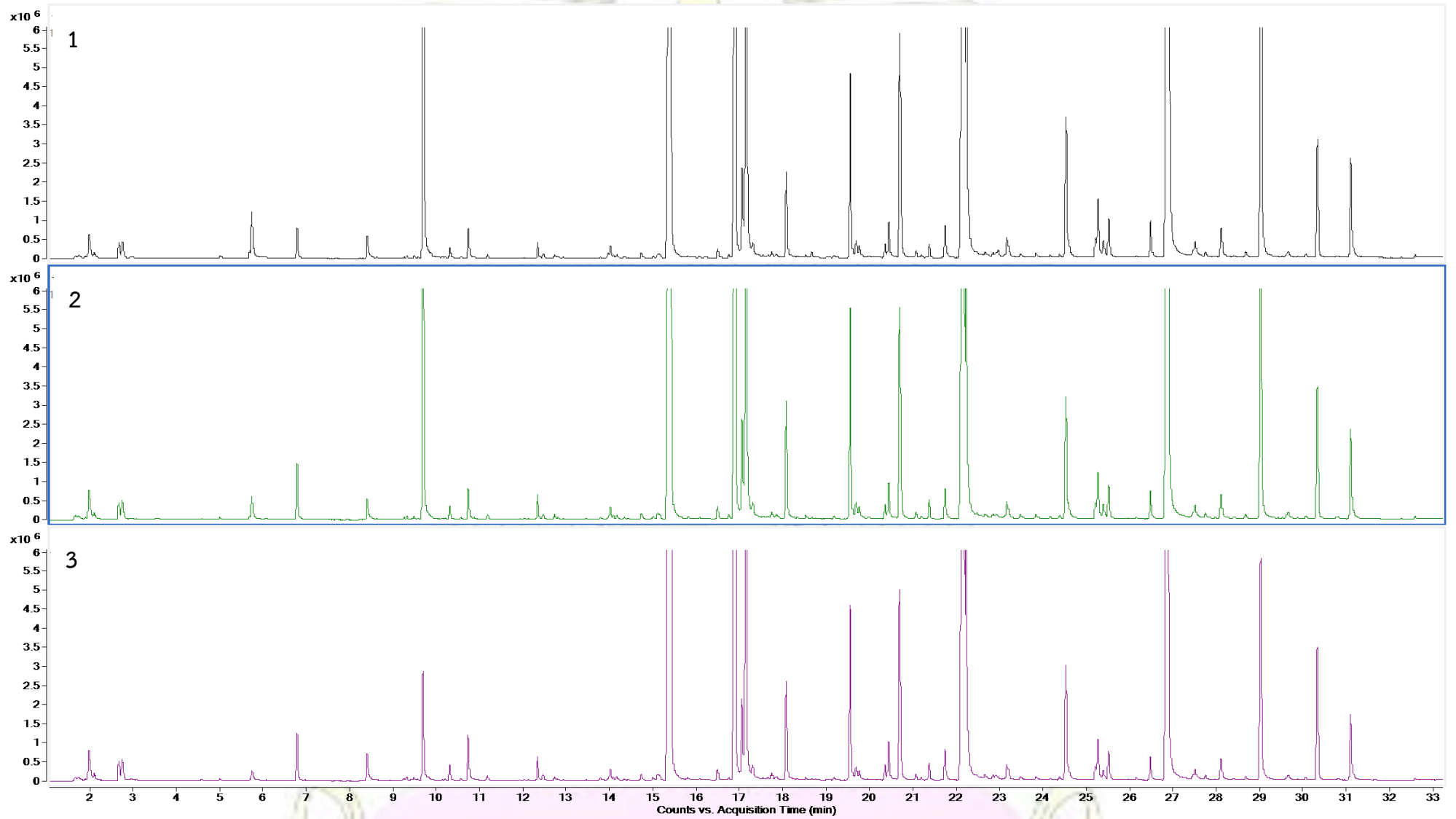
No.	RT (min)	Compound	STEMS_water					
			Peak area 1	%normalization	Peak area 2	%normalization	Peak area 3	%normalization
1	2.01	Dimethyl sulfide	41670	0.036	33271	0.038	51408	0.055
2	6.78	Nonane	3854007	3.359	1927254	2.219	2031262	2.180
3	7.69	α -Pinene	12513	0.011	9887	0.011	8647	0.009
4	9.23	β -Mycene	9800	0.009	3159	0.004	8137	0.009
5	9.30	Benzene, 1,2,4-trimethyl-	12892	0.011	9243	0.011	9171	0.010
6	10.18	p-Cymene	10443	0.009	10579	0.012	5684	0.006
7	10.29	Limonene	70699	0.062	59212	0.068	56599	0.061
8	10.86	(E)- β -ocimene	66315	0.058	44967	0.052	45177	0.048
9	11.17	γ -Terpinene	102978	0.090	88735	0.102	89616	0.096
10	12.32	Undecane	604480	0.527	489667	0.564	507488	0.545
11	12.46	Nonanal	175350	0.153	140741	0.162	123908	0.133
12	13.99	5-Pentylcyclohexa-1,3-diene	23839	0.021	22177	0.026	22859	0.025
13	14.99	cis-4-Decenal	121707	0.106	122261	0.141	108820	0.117
14	15.09	Estragole	339408	0.296	356940	0.411	325032	0.349
15	15.34	Decanal	31005442	27.023	29533571	34.005	28040751	30.091
16	15.92	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-	14047	0.012	15476	0.018	17575	0.019
17	16.48	2-Decenal, (Z)-	274739	0.239	301336	0.347	282265	0.303
18	16.65	Geraniol	51386	0.045	50731	0.058	57041	0.061
19	16.86	2-Decenal, (E)-	15471682	13.484	15124847	17.415	14528109	15.590
20	17.00	9-decen-1-ol	237745	0.207	205080	0.236	171443	0.184
21	17.11	1-Decanol	393943	0.343	353861	0.407	362773	0.389
22	18.06	Undecanal	1169803	1.020	860591	0.991	853932	0.916
23	19.53	2-undecenal	3028756	2.640	2563863	2.952	2615095	2.806
24	20.34	β -Elemene	529067	0.461	350439	0.403	376394	0.404
25	20.67	Dodecanal	2993056	2.609	1811429	2.086	1880754	2.018
26	21.19	γ -elemene	24263	0.021	15511	0.018	16908	0.018
27	21.36	α -Guaiene	60957	0.053	31768	0.037	28339	0.030
28	21.73	2-Dodecenal	998382	0.870	657792	0.757	709728	0.762
29	22.13	(E)-2-dodecenal	36920326	32.178	25515738	29.379	28922148	31.036
30	23.16	Tridecanal	87378	0.076	43147	0.050	46277	0.050
31	23.46	(E,E)-2,4-dodecadienal	48239	0.042	32981	0.038	37104	0.040
32	24.51	2-Tridecenal, (E)-	1036926	0.904	462790	0.533	636420	0.683
33	25.20	(Z)-7-tetradecenal	176367	0.154	55016	0.063	141780	0.152
34	25.25	(Z)-9-tetradecenal	883950	0.770	257099	0.296	546729	0.587
35	25.50	Tetradecanal	204909	0.179	61239	0.071	107490	0.115
36	26.83	(E)-2-tetradecenal	13092690	11.411	5078423	5.847	8966024	9.621
37	29.01	cis-9-Hexadecenal	493541	0.430	130732	0.151	379160	0.407
38	31.10	(E)-2-Hexadecenal	93762	0.082	18536	0.021	69908	0.075

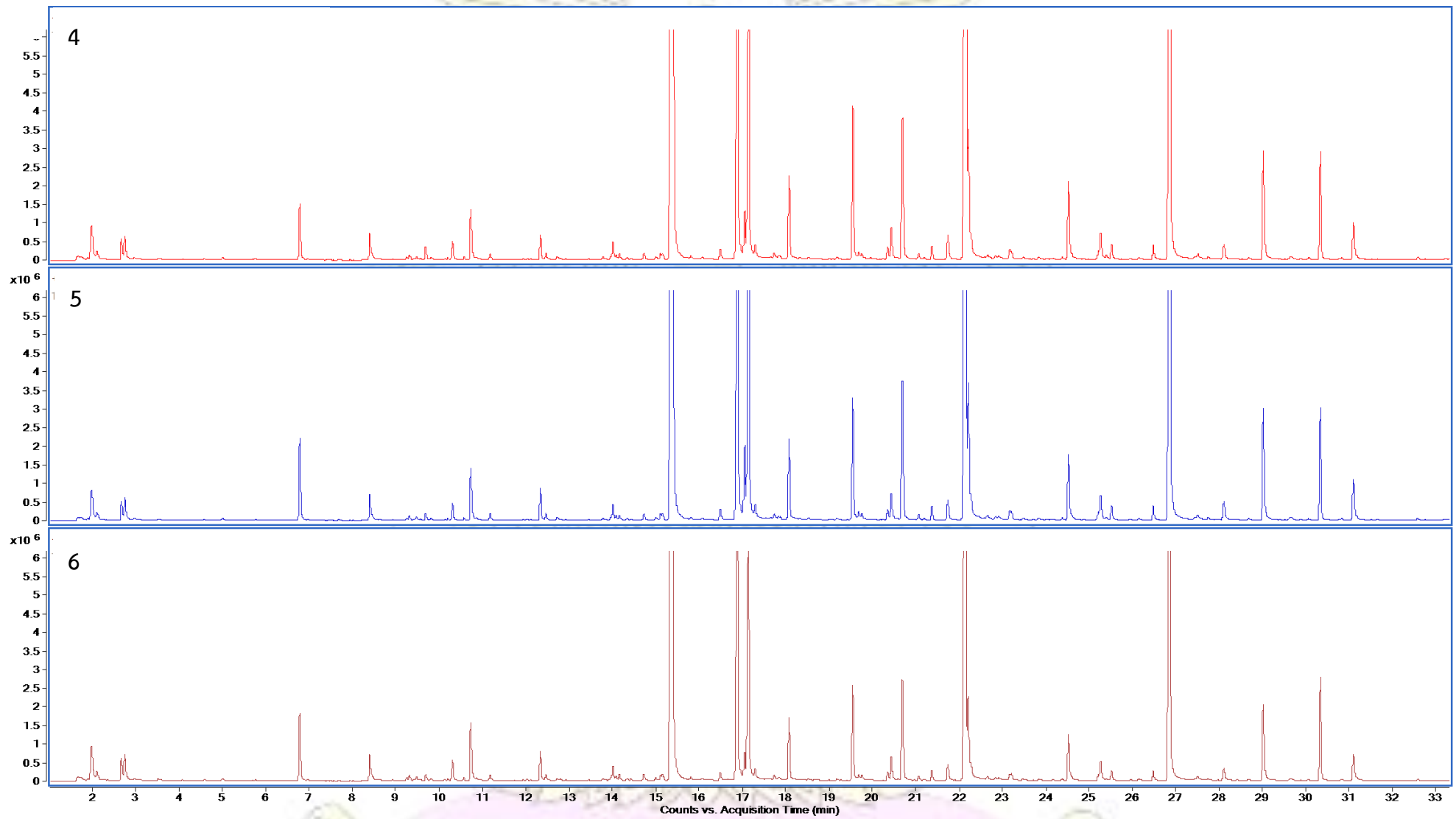
รูปภาพที่ A-1 โครมาโทแกรมของผักชีส่วนรากโดยการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง



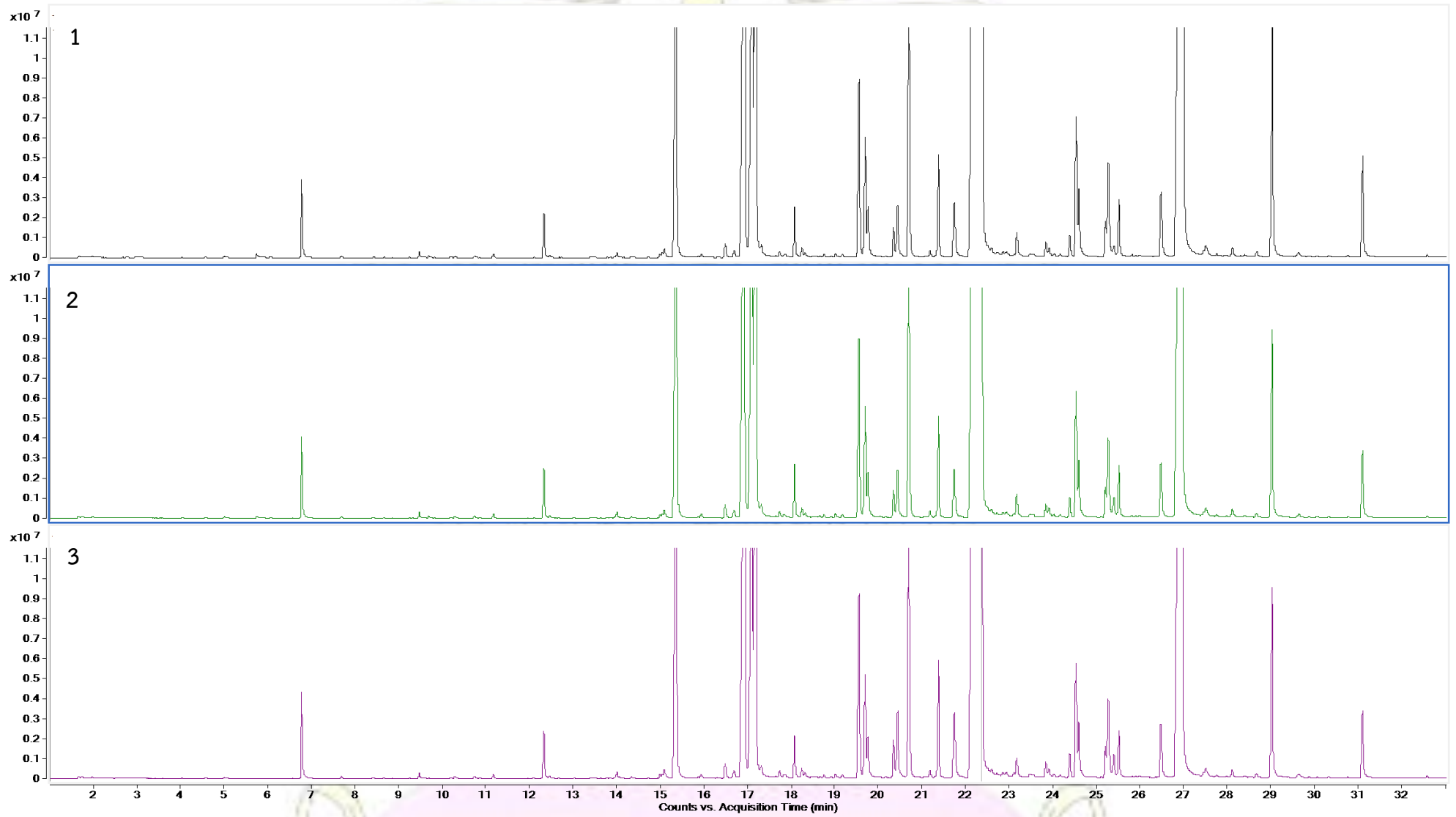


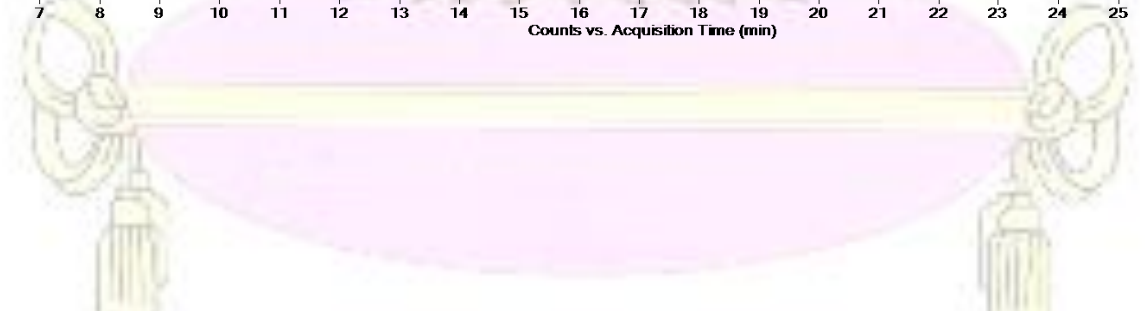
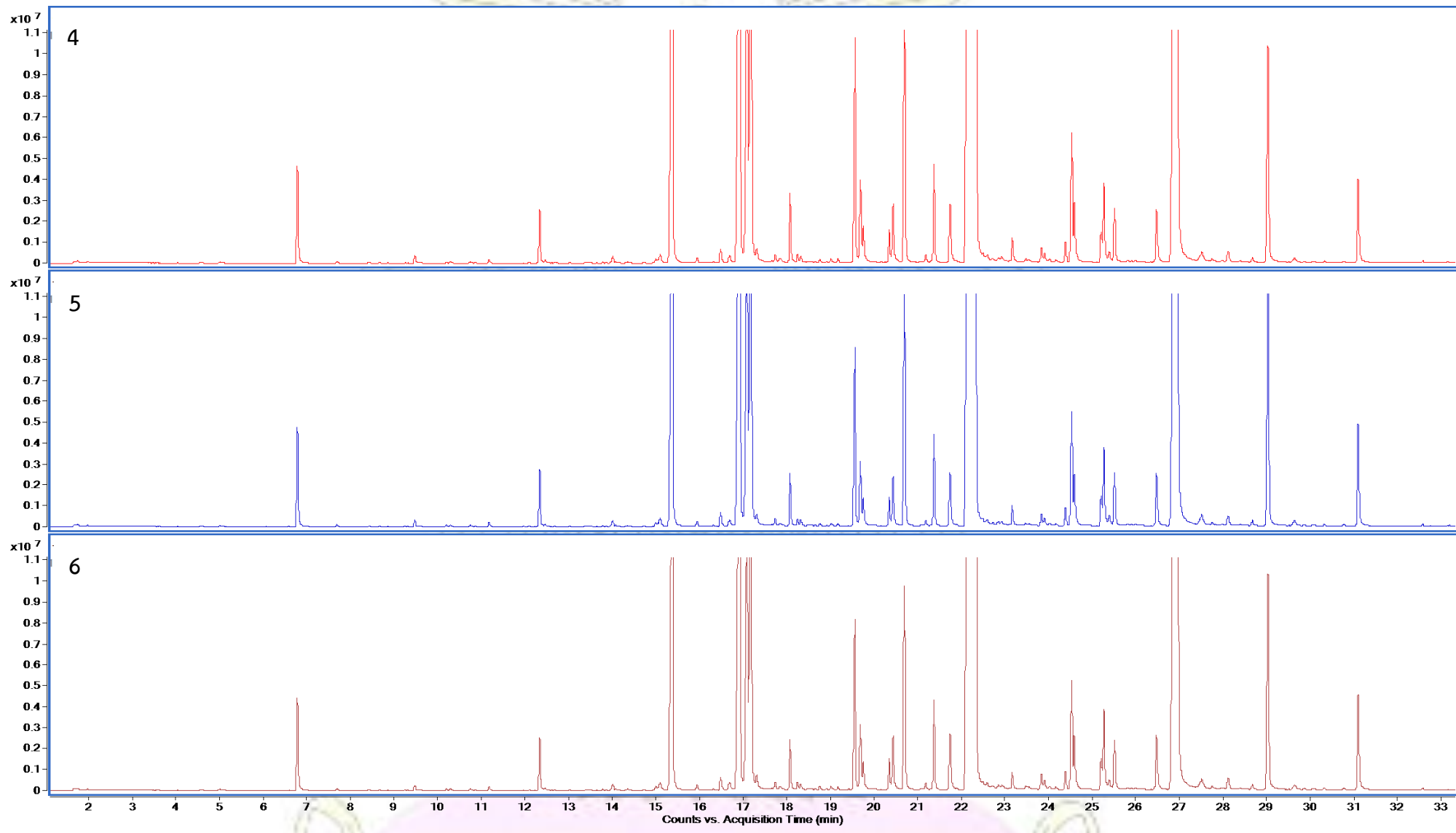
รูปภาพที่ A-2 โครมาโทแกรมของผักชีส่วนใบโดยทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง



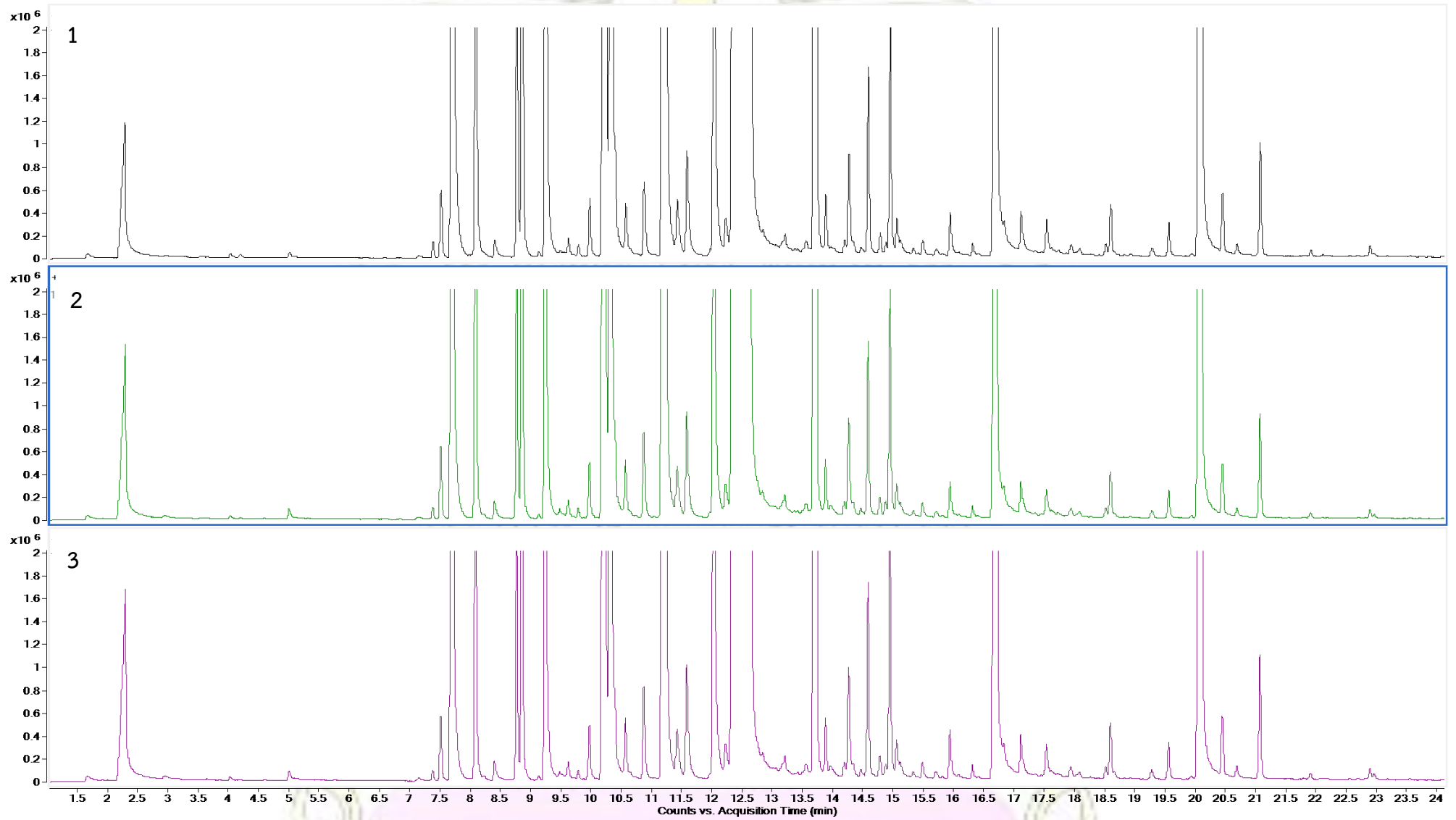


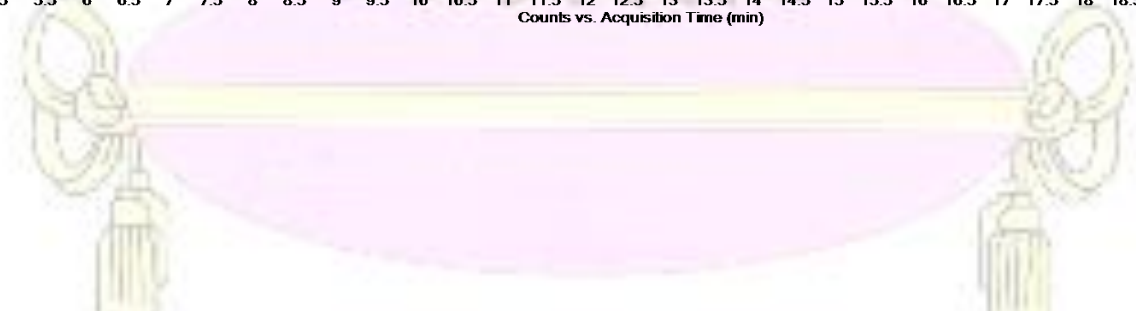
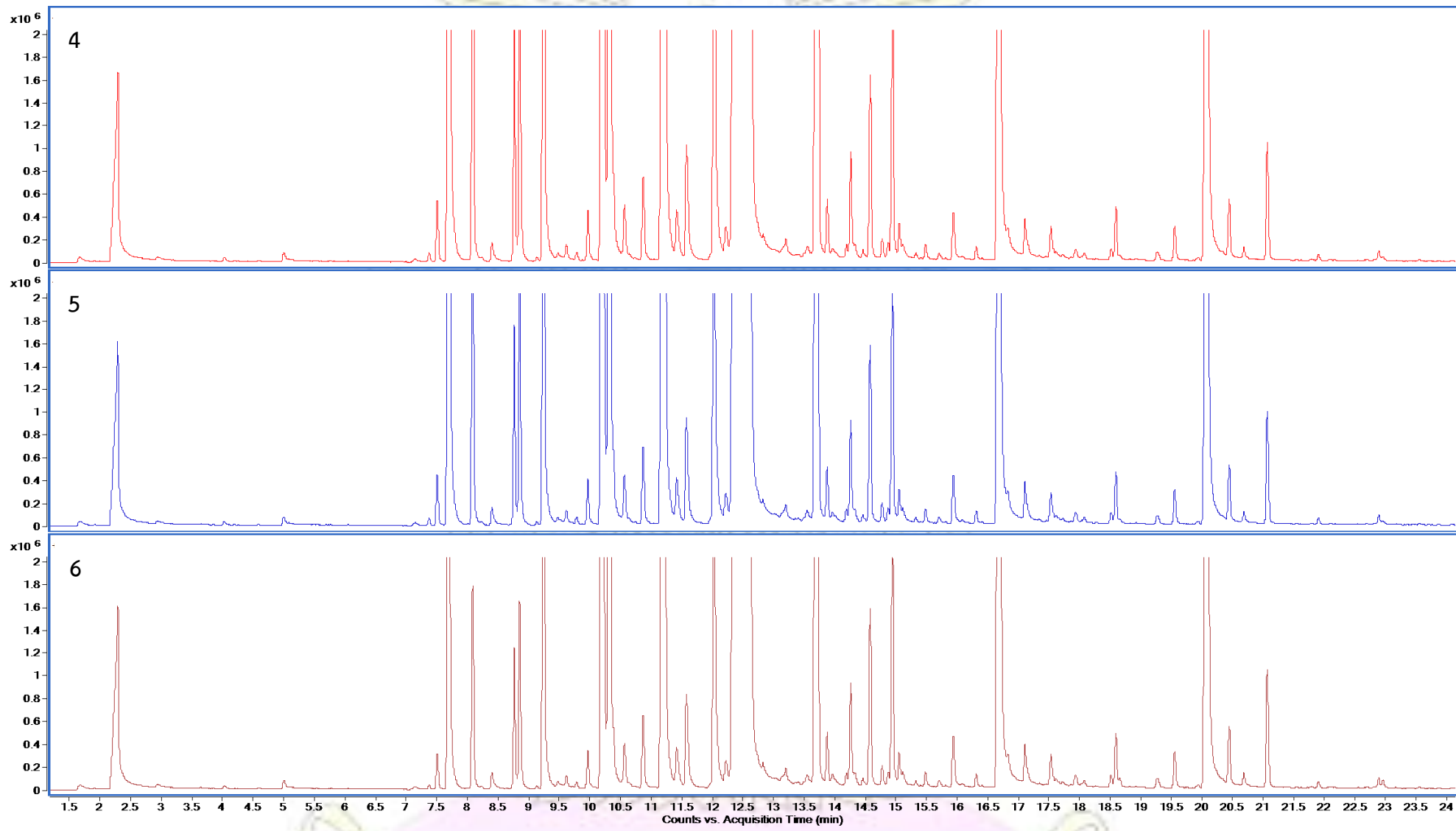
รูปภาพที่ A-3 โครมาโทแกรมของผักชีส่วนลำต้นโดยทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง



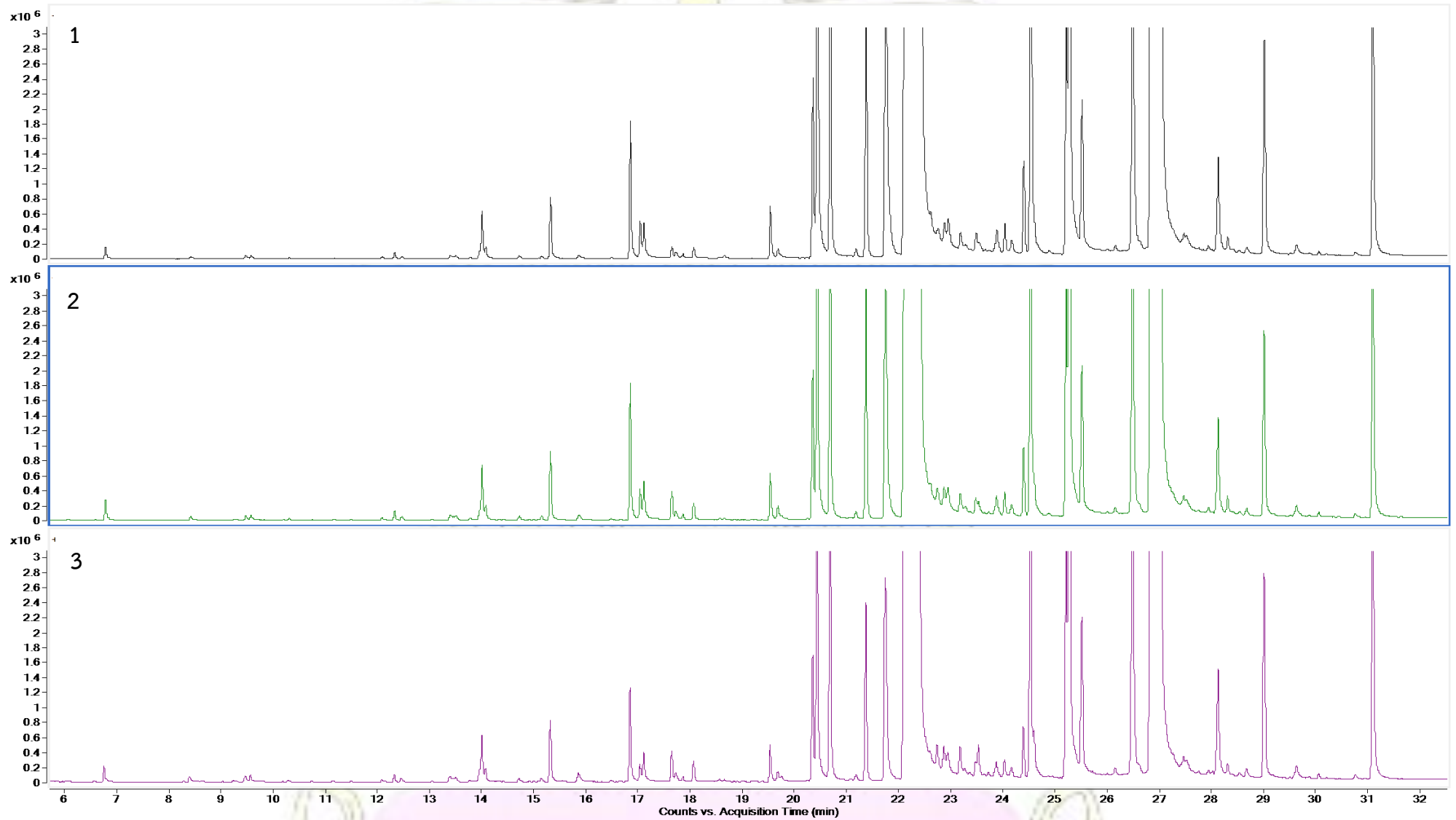


รูปภาพที่ A-4 โครมาโทแกรมของผักชีส่วนเม็ดโดยทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง

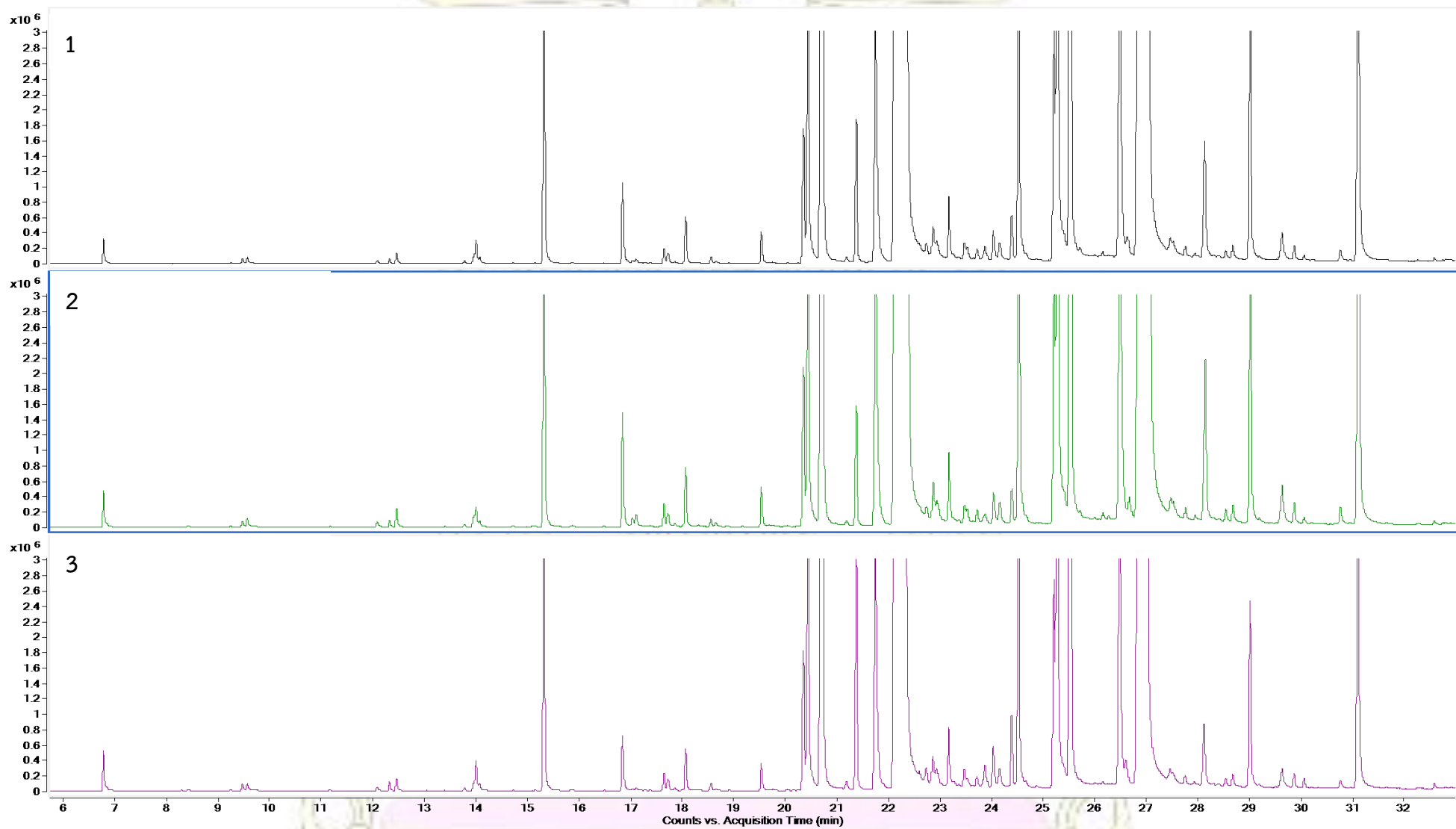




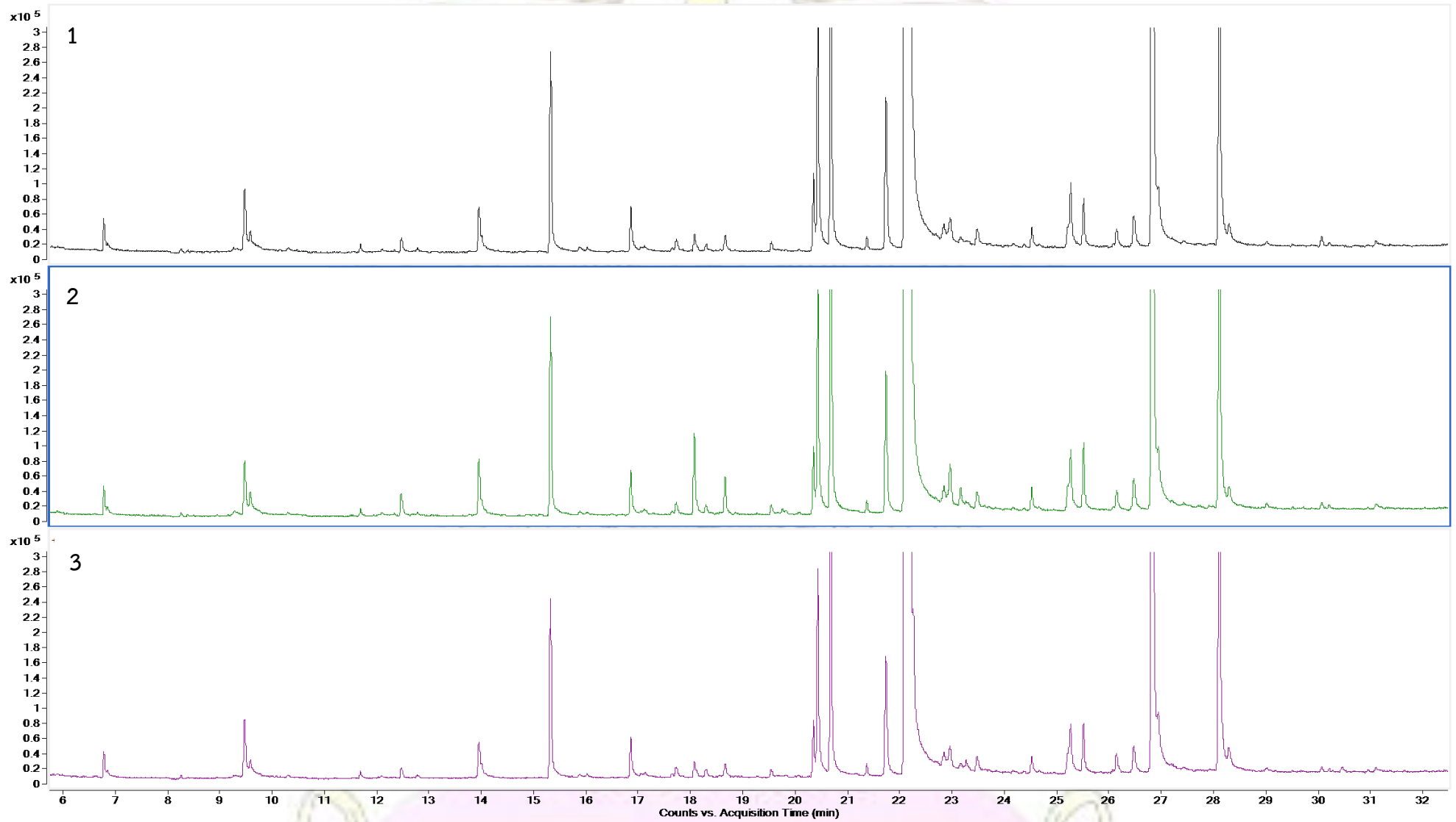
รูปภาพที่ A-5 ก) โครมาโทแกรมของผักชีสดส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



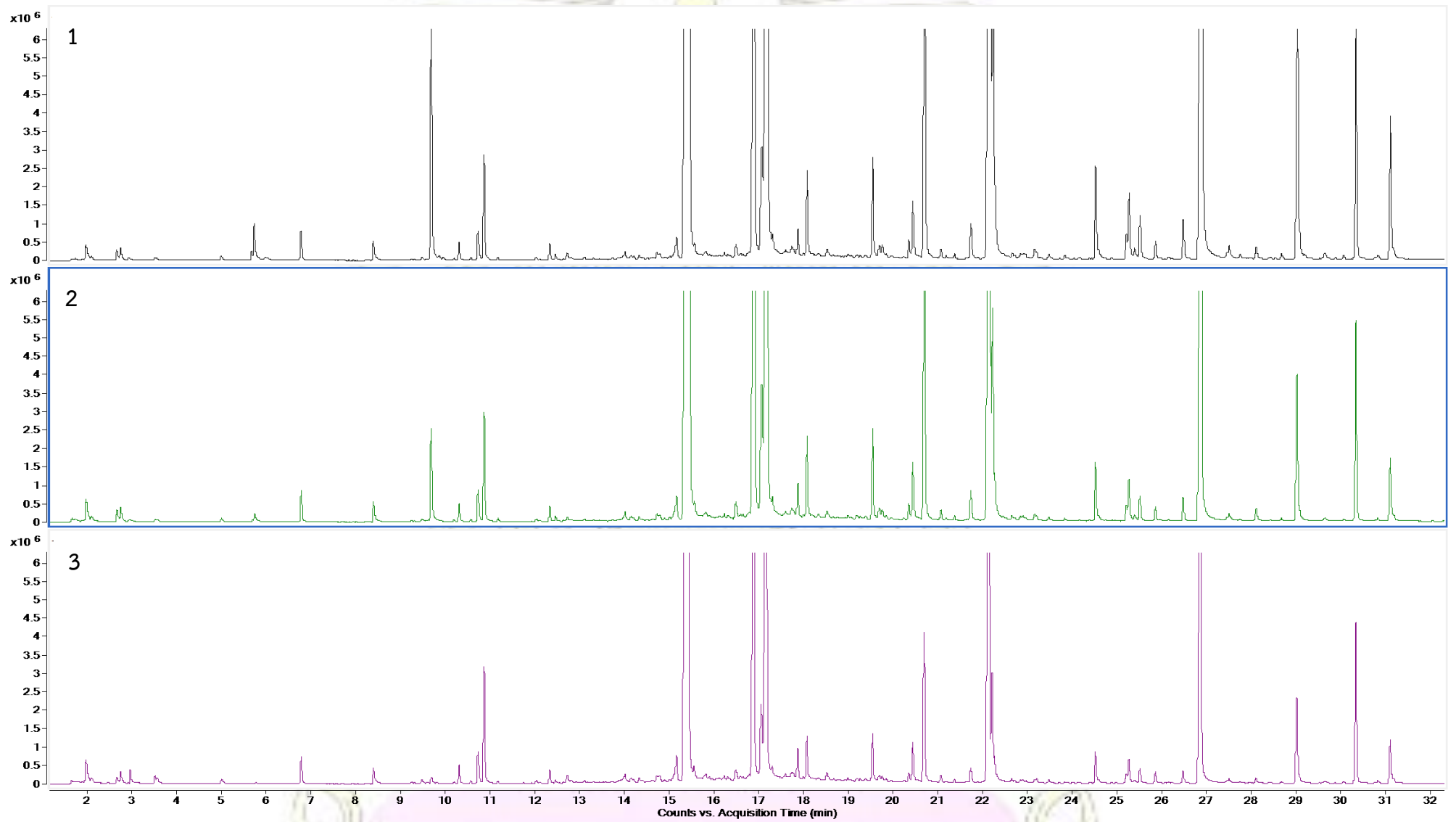
รูปภาพที่ A-5 ข) โครมาโทแกรมของผักชีตัมส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



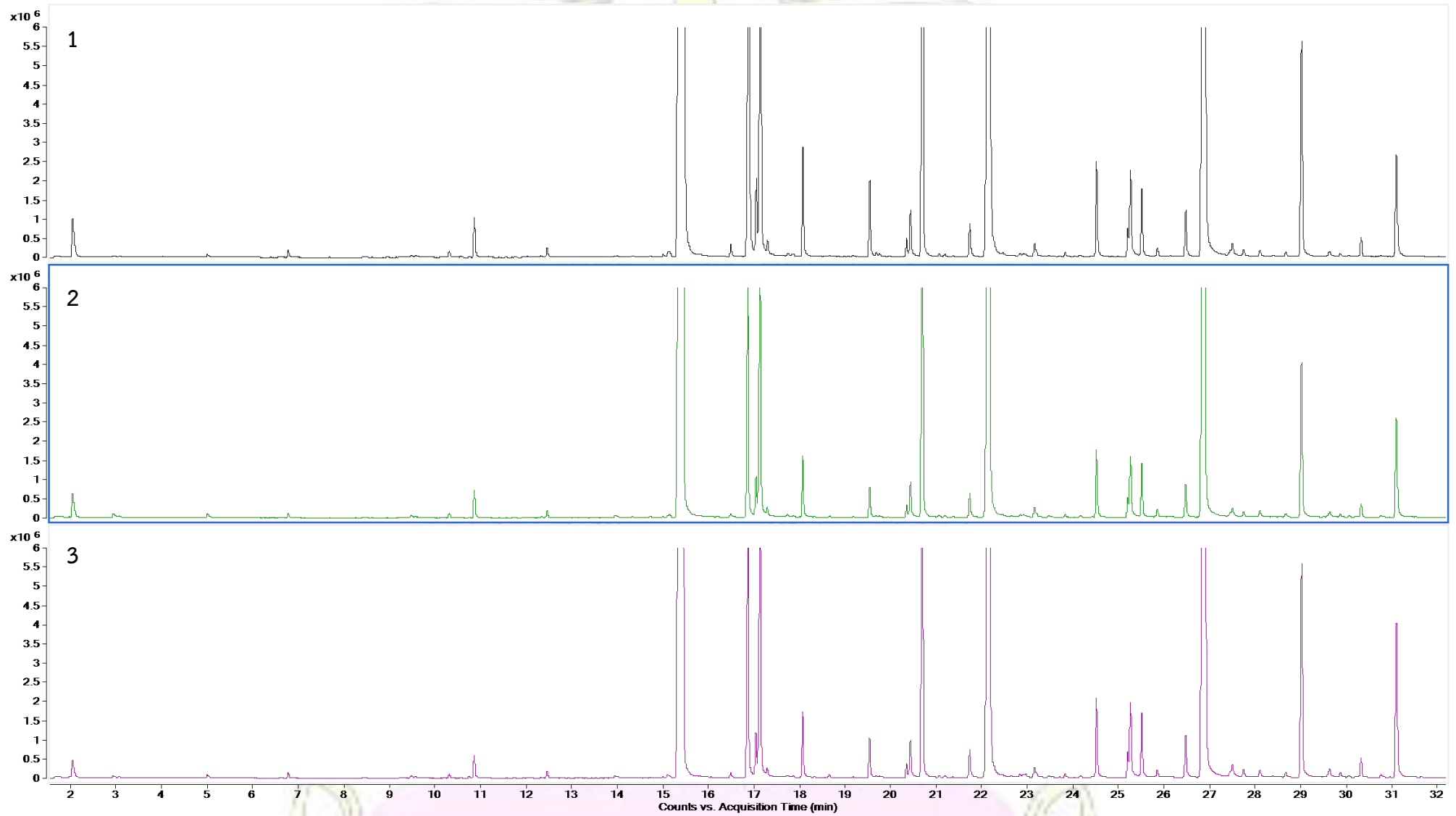
รูปภาพที่ A-5 ค) โครมาโทแกรมของน้ำต้มผักชีส่วนรากที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



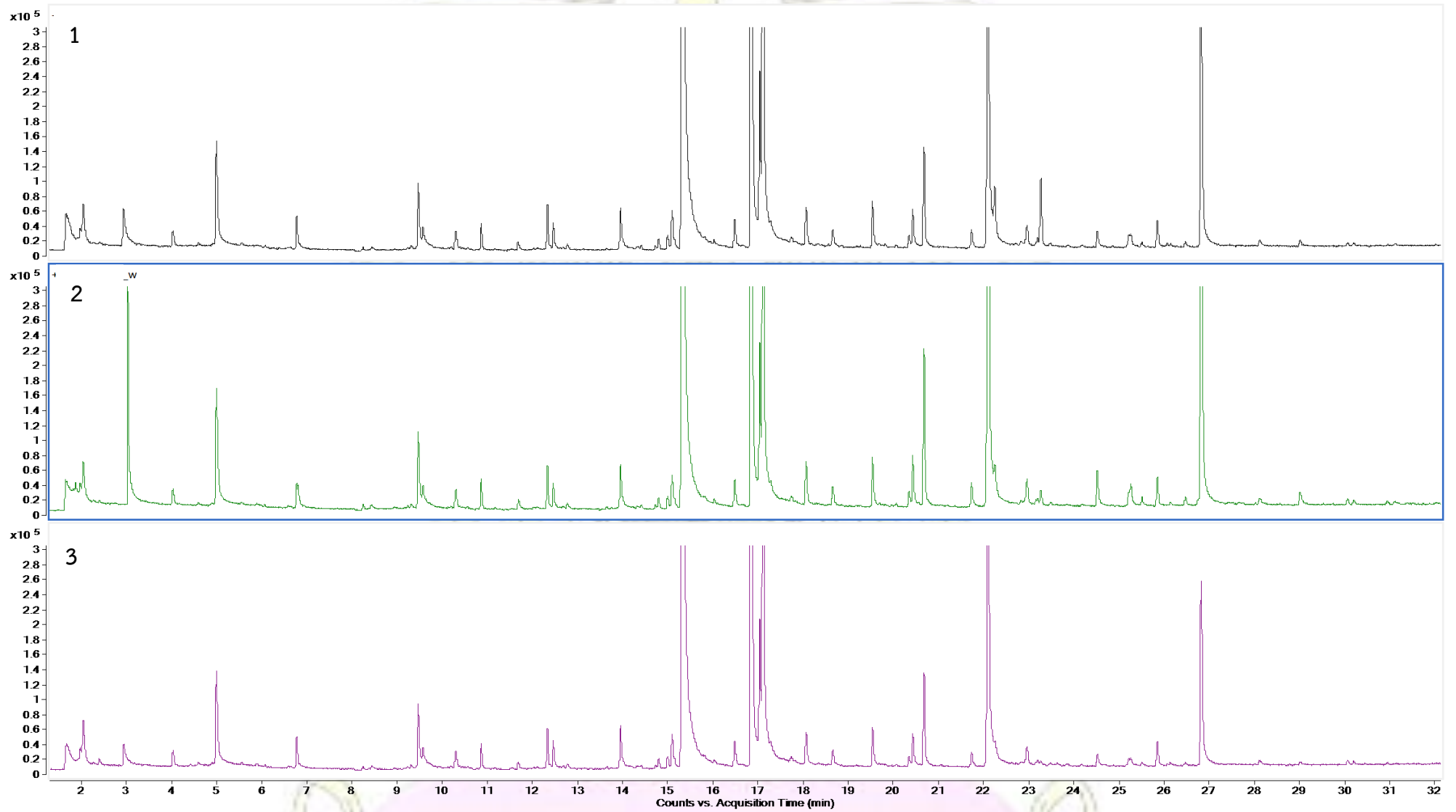
รูปภาพที่ A-6 ก) โครมาโทแกรมของผักชีสดส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



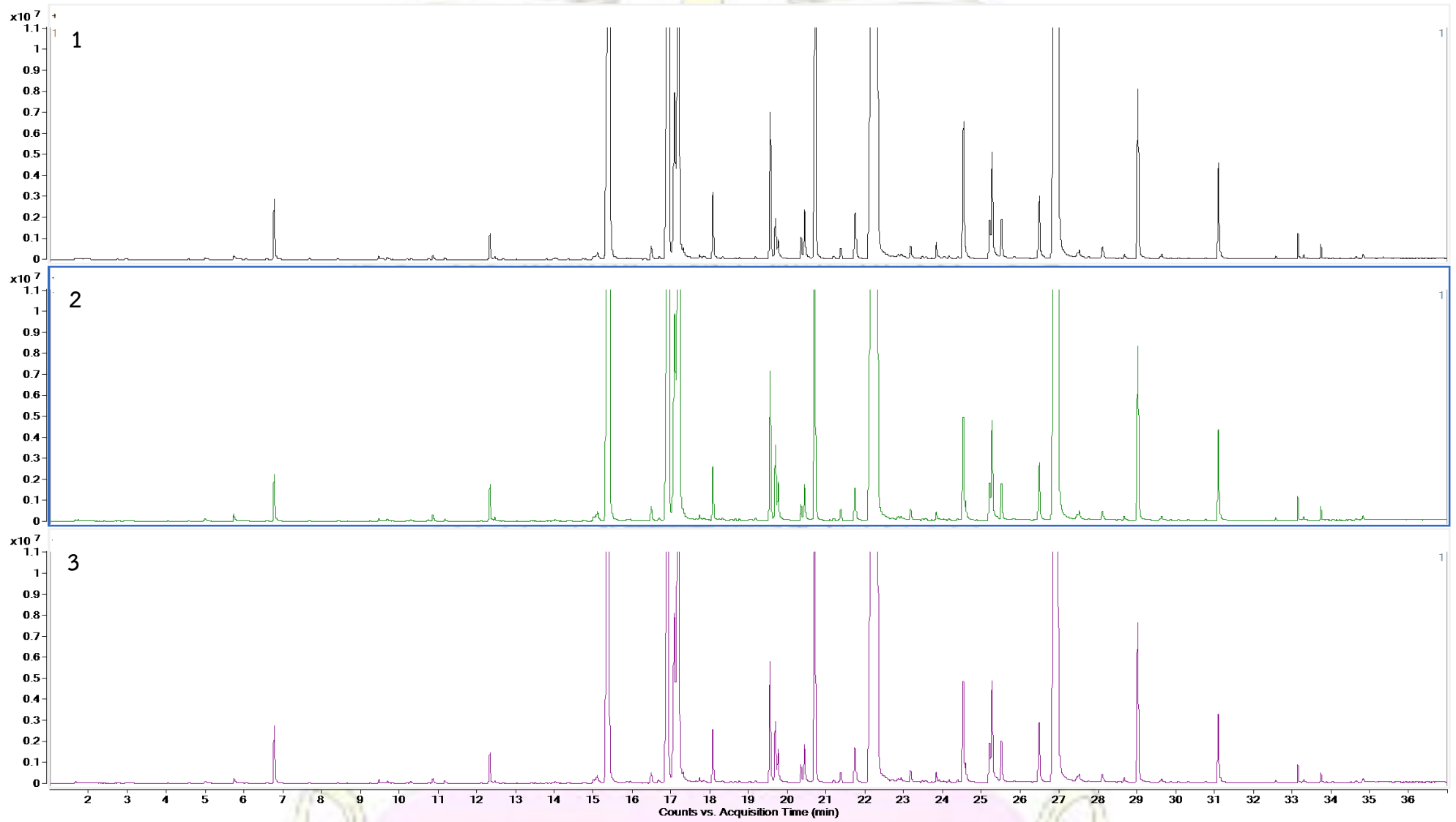
รูปภาพที่ A-6 ข) โครมาโทแกรมของผักชีลาวส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



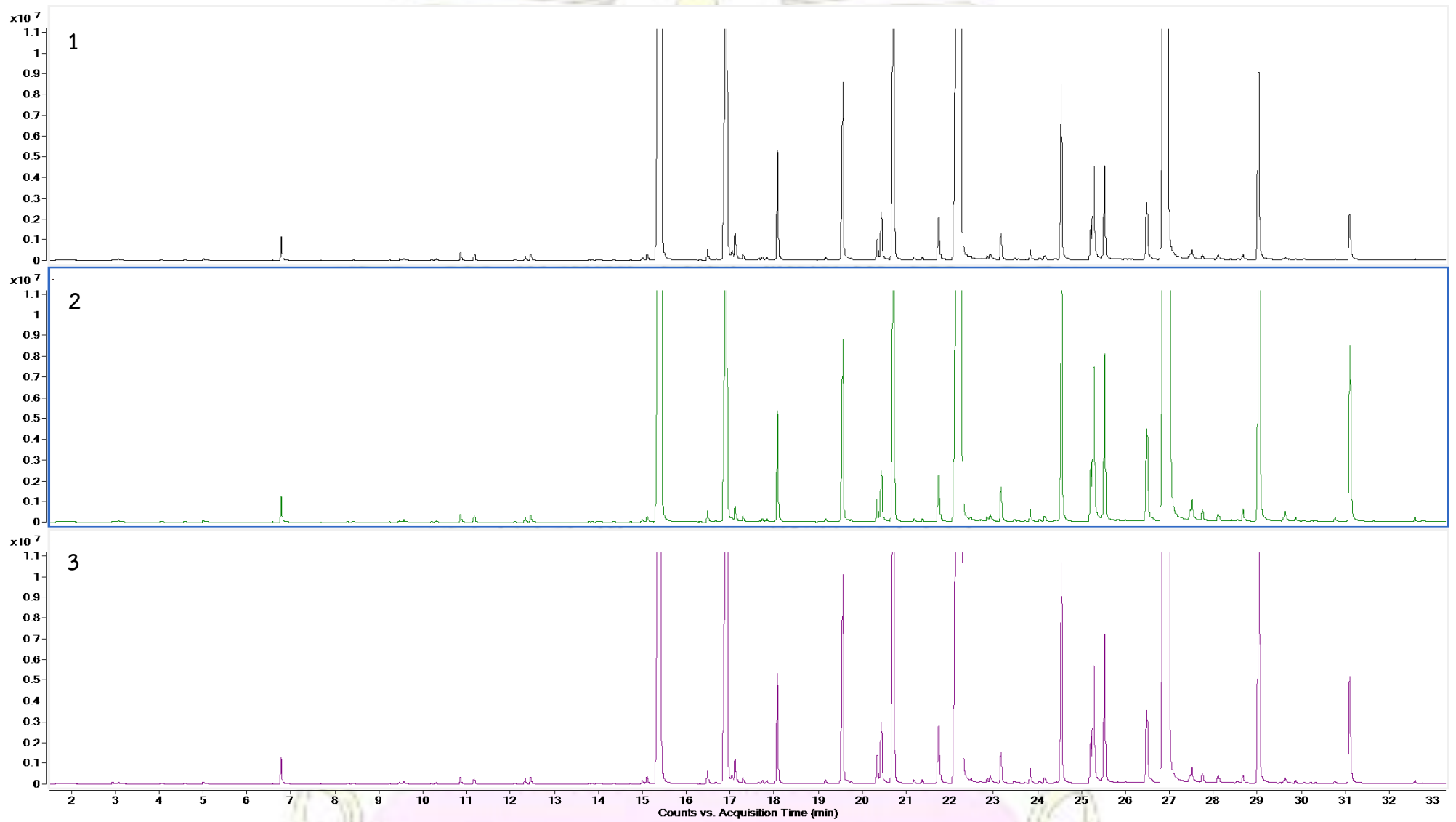
รูปภาพที่ A-6 ค) โครมาโทแกรมของน้ำลวกผักชีส่วนใบที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



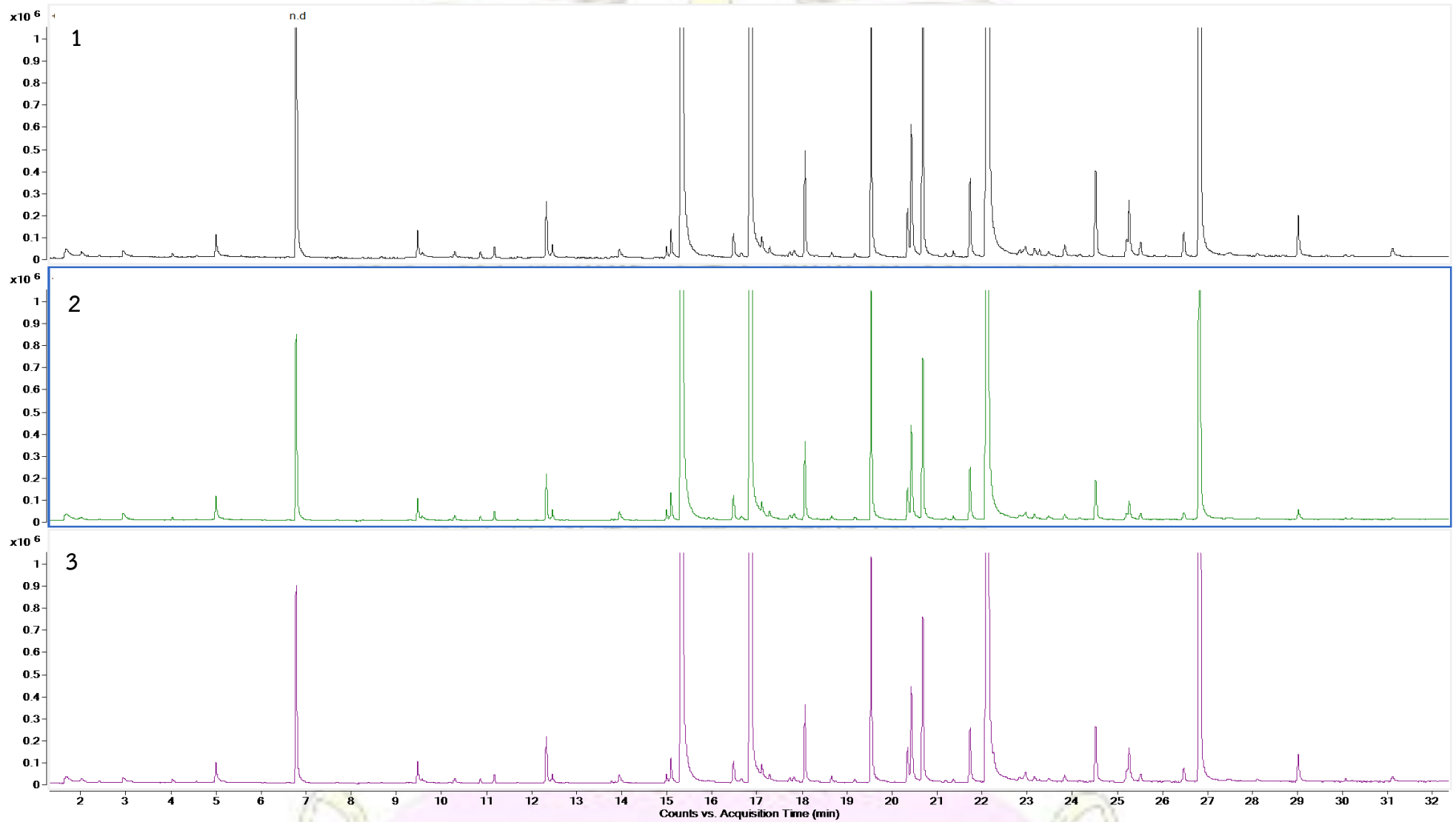
รูปภาพที่ A-7 ก) โครมาโทแกรมของผักชีสดส่วนลำต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูปภาพที่ A-7 ข) โครมาโทแกรมของผักชีลาวส่วนลำต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูปภาพที่ A-7 ค) โครมาโทแกรมของน้ำลวกผักชีส่วนลำต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ cooking process โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



ประวัติผู้วิจัย

นางสาวประไพศรี กระจ่างวุฒิชัย เกิดเมื่อวันที่ 29 เดือนกันยายน พ.ศ. 2538 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนช่างตากุ้งี่คอนแวนท์ จังหวัด กรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2556 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะ วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2557 ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ บ้านเลขที่ 687 ซอยกรุงธนบุรี4 ถนนกรุงธนบุรี แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10600 อีเมล paisri.ploy@gmail.com

