สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ระดับการประเมินคุณภาพ

☑ ดีเยี่ยม ☐ ดีมาก

☐ ดี ☐ ปานกลาง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อการตรวจสอบสารความหอมและ Molecular Marker Techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

นภดล หอมหวาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

สำนักบริหารและพัฒนาการวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

ชื่อเรื่อง

การอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อการตรวจสอบสารความหอม และ Molecular Marker Techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรม ในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

โดย

นภตล หอมหวาน

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ....
(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์)
วันที่ 26 เดือน ตค พ.ศ. 2553

กรรมการที่ปรึกษา ....
(รองศาสตราจารย์ประวิตร พุทธานนท์)
วันที่ 26 เดือน ตค พ.ศ. 53

กรรมการที่ปรึกษา ....
(รองศาสตราจารย์ดนุวัต เพ็งอ้น)
วันที่ 26 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2553

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร ....
(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์)
วันที่ 26 เดือน ตค พ.ศ. 2553

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว ....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553

ชื่อเรื่อง	การอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อการตรวจสอบสารความหอม และ Molecular Marker Techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน
ชื่อผู้เขียน	นายนภดล หอมหวาน
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์

บทคัดย่อ

การศึกษาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน 10 พันธุ์ ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ผลการศึกษาพบสารความหอมในกลุ่ม Alcohols, Acid & ester, Hydrocarbon, Ketone, Aldehyde และ Nitrogen-containing compound พบสารหอมจำนวน 43 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol, 1-propanol, 1h-Indole-3-ethanol, 1-hexanol, phenol, 2-cyclohexen-1-ol, 8-quinolinol, 3-hexanol, ethanol, dibutyl phthalate, methyl ester, bis(2-ethylhexyl)phthalate, di-n-octyl phthalate, diisooctyl ester, hexyl ester, 9-octadecenoic acid, linoleic acid, n-hexadecanoic acid, phthalic acid, 3-hexene, 1-hexene, 1-propene, 1-pentene, copaene, caryophyllene, naphthalene, tetradecane, cyclohexadecane, dodecane, docosane, hexacosane, hexane, octadecane, butane, undecane, 2-pentanone, 2-pentadecanone, 2-butanone, 2(1h)-quinolinone, butanal และ diethyltoluamide ตามลำดับ พันธุ์ข้าวโพดหวานที่พบชนิดสารความหอมมากที่สุดคือพันธุ์ ATS 5 พบชนิดของสารความหอมจำนวน 10 ชนิด รองลงมาคือพันธุ์ ATS 8, # 5840, Golden Sweeter, WIN 999, Ex 30442689, Insee 2, # 4058, Wan Maejo 72 และ KSSC 604 พบชนิดของสารความหอม 9, 9, 8, 8, 7, 7, 7 และ 3 ชนิดตามลำดับ และยังพบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีความหอมสูงที่สุดเท่ากับ 92.05 % ของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ รองลงมาคือ พันธุ์ Insee 2, ATS 5, KSSC 604, # 4058, Wan Maejo 72, Golden Sweeter, WIN 999, ATS 8 และ # 5840 ซึ่งพบปริมาณสารความหอมเท่ากับ 88.43, 80.63, 78.68, 67.06, 63.65, 57.60, 56.55, 52.08 และ 50.15% ตามลำดับ ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมข้าวโพดหวานวิเคราะห์ด้วย 30 Simple sequence Repeat (SSR) กระจายทั่วทั้ง 10 โครโมโซม จำนวนแอลลีลโดยเฉลี่ยต่อ SSR เท่ากับ 4.03 แถบ อยู่ในช่วง 2-7 แถบ ค่า Similarity coefficient อยู่ในช่วง 0.165-0.473 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.319 บ่งบอกความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม genetic similarity (GS) โดยใช้ UPGMA ข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม คือ **กลุ่มที่ 1** ได้แก่ Golden

Sweeter **กลุ่มที่ 2** ได้แก่ ATS 5 **กลุ่มที่ 3** ได้แก่ # 5840, Ex 30442689, Wan Maejo 72, WIN 999 และ # 4058 และ**กลุ่มที่ 4** ได้แก่ KSSC 604, Insee 2 และ ATS 8

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ๘๕
MAEJO UNIVERSITY

Title	Investigation on GC-MS for Flavor Compounds and Molecular Marker Techniques for Genetic Diversity in Sweet Corn Cultivars
Author	Mr. Noppadoln Homwarn
Degree of	Master of Science in Agronomy
Advisory Committee Chairperson	Dr. Settha Siripin

ABSTRACT

The flavor compounds in 10 sweet corn cultivars were identified by using gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS) technique, which found flavor substances belonging to groups of alcohol, acid and ester, hydrocarbon, ketone, aldehyde and nitrogen-containing compound. A total of 43 types of flavor substances was identified as phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol, 1-propanol, 1h-Indole-3-ethanol, 1-hexanol, phenol, 2-cyclohexen-1-ol, 8-quinolinol, 3-hexanol, ethanol, dibutyl phthalate, methyl ester, bis(2-ethylhexyl)phthalate, di-n-octyl phthalate, diisooctyl ester, hexyl ester, 9-octadecenoic acid, linoleic acid, n-hexadecanoic acid, phthalic acid, 3-hexene, 1-hexene, 1-propene, 1-pentene, copaene, caryophyllene, naphthalene, tetradecane, cyclohexadecane, dodecane, docosane, hexacosane, hexane, octadecane, butane, undecane, 2-pentanone, 2-pentadecanone, 2-butanone, 2(1h)-quinolinone, butanal and diethyltoluamide. ATS 5 cultivar had the highest number of flavor compounds with 10 types, followed by cultivars ATS 8, # 5840, Golden Sweeter, WIN 999, Ex 30442689, Insee 2, # 4058, Wan Maejo 72 and KSSC 604 which produced 9, 9, 8, 8, 7, 7, 7 and 3 types of flavor compound, respectively. However, sweet corn cultivar, Ex 30442689, was found to produce the highest amount of flavor compounds of 92.05% of total organic chemical compound extraction while Insee 2, ATS 5, KSSC 604, # 4058, Wan Maejo 72, Golden Sweeter, WIN 999, ATS 8 and # 5840 contained flavor compounds of 88.43, 80.63, 78.68, 67.06, 63.65, 57.60, 56.55, 52.08 and 50.15%, respectively. Genetic diversity of sweet corn cultivars was analyzed using a set of 30 Simple Sequence Repeat (SSR) loci, spanning all 10 chromosomes. Average number of alleles per SSR locus was 4.03 with a range of 2-7. Similarity coefficient varied from 0.165 to 0.473 with an average of 0.319. Using the SSR-base genetic similarity (GS),

an UPGMA dendrogram showed 10 sweet corn varieties classified into four distinct groups as follow: **Group 1** - Golden Sweeter; **Group 2** - ATS 5; **Group 3** - # 5840, Ex 30442689, Wan Maejo 72, WIN 999 and # 4058; and **Group 4** - KSSC 604, Insee 2 and ATS 8.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจาก ท่านอาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้โอกาสสำหรับการทำงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ประวิตร พุทธานนท์ และรองศาสตราจารย์ดนุวัต เพ็งอ้น กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งยังอบรมสั่งสอนคุณธรรมและจริยธรรม ตลอดจนแนวความคิดและวิถีการดำเนินชีวิตในสังคมปัจจุบัน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนา บัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ขอขอบคุณ อาจารย์ อเนก โชติญาณวงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชะบา จำปาทอง ที่ให้ความรู้ เทคนิค ทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติการทางด้านชีวโมเลกุล เอื้อเฟื้อสนับสนุนสารเคมี อุปกรณ์ และให้คำปรึกษาในการวิจัย ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทางชีวโมเลกุลเครื่องหมาย ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ จ.นครราชสีมา ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทางด้านโมเลกุลเครื่องหมาย

ขอขอบพระคุณ สุทธิรักษ์ ผลเจริญ ที่ได้ให้คำปรึกษาในการใช้เครื่อง GC-MS และสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (IQS) อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่พนักงานภาควิชาพืชไร่ โครงการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์ในการวิจัยและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจน พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาสาขาพืชไร่ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชายและพี่สาว ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือทางด้านทุนทรัพย์ จึงมีโอกาสได้ศึกษาเล่าเรียนในระดับบัณฑิตศึกษา

นภดล หอมหวาน

ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(12)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ประวัติและถิ่นกำเนิดของข้าวโพด	4
การจำแนกข้าวโพดตามลักษณะของเมล็ดและชนิดของแป้ง	4
พันธุศาสตร์ของข้าวโพดหวาน	5
การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานในประเทศไทย	6
พันธุ์ข้าวโพดหวาน	7
การวิเคราะห์หา Aromatic Substances in Fragrances หรือ Essential Oil	7
Aromatic Substances and Fragrances	8
การจำแนกสารหอม	8
เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย	10
เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี	11
โมเลกุลเครื่องหมาย	11
การจำแนกสายพันธุ์พืช	13
เครื่องหมายเอสเอสอาร์	14
การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของสายพันธุ์พืช	15
การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis)	16

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 21

สถานที่ดำเนินงานวิจัย 21

พันธุ์ข้าวโพดหวาน 21

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอม 22

อุปกรณ์และวิธีการตรวจสอบหาชนิดและปริมาณของสารความหอม 22

วิธีการทดลอง 23

การสกัดสารหอมจากเมล็ดข้าวโพดหวาน 23

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทรกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี 23

การแปลผลการวิเคราะห์ 24

การทดลองที่ 2 การจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรม 24

อุปกรณ์และวิธีการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรม 24

วิธีการทดลอง ขั้นตอนการสกัดดีเอ็นเอ 26

การเลือกเครื่องหมายโมเลกุล 28

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของข้าวโพดหวานโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์(PCR) 28

การเตรียม 4% (2.5 Metaphor: 1.5 Seakem) agarose gel 28

การใช้กระแสไฟฟ้าแยกขนาดของดีเอ็นเอ 29

การย้อม แถบดีเอ็นเอ 29

การบันทึกข้อมูล 29

การวิเคราะห์ข้อมูล 29

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 30

บทที่ 4 ผลการวิจัย 32

4.1 การอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อการตรวจสอบสารความหอมในข้าวโพดหวานต่างพันธุ์กัน 32

4.1.1 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 32

4.1.2 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 50

4.1.3 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Golden Sweeter เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 66

4.1.4 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Golden Sweeter เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 83

4.1.5 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ WIN 999 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 100

4.1.6 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Ex 30442689 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 116

4.1.7 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Insee 2 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 129

4.1.8 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ # 4058 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 141

4.1.9 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Wan Maejo72 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโตรคลอริค เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 154

4.1.10 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ KSSC 604 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 166

4.2 การอาศัยเทคนิค Molecular marker techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรม 176

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอข้าวโพดหวาน โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR) 176

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวาน 185

MAEJO UNIVERSITY

วิจารณ์ผลการทดลอง	193
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	199
บรรณานุกรม	203
ประวัติผู้วิจัย	216

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่า Similarity coefficient	17
2	โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker, ลำดับเบสของเครื่องหมาย SSR Marker และ Temperature melting (TM) ของ SSR Marker ที่ใช้ในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน 10 พันธุ์ ในระดับโมเลกุล	30
3	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5	46
4	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8	63
5	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840	79
6	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter	95
7	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999	112
8	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ตข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex30442689	126
9	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัตได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2	139

ตาราง		หน้า
10	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058	151
11	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Warn Maejo72	163
12	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ ลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T) ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604	171
13	รายงานผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณ (% of total ของสารอินทรีย์ที่สกัดได้) ของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี	173
14	แสดงความเข้มข้นและการปรับความเข้มข้นของดีเอ็นเอจากใบอ่อนข้าวโพดหวาน	176
15	ค่า Similarity coefficient ที่ได้จากการวิเคราะห์ SSR	185
16	การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ ของโมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers	187

MAEJO UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 19 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	35
2	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 14.047 นาที	36
3	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 14.047 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	36
4	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-nonen-4-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 15.237 นาที	37
5	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 15.237 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-nonen-4-ol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	37
6	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-penten-3-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 18.412 นาที	38
7	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 18.412 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-penten-3-ol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	38
8	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.136 นาที	39
9	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 21.136 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	39
10	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.492 นาที	40

ภาพ		หน้า
11	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 22.492 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	40
12	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ ethanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.647 นาที	41
13	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 22.647 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร ethanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	41
14	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 25.330 นาที	42
15	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 25.330 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	42
16	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ methyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 26.606 นาที	43
17	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 26.606 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร methyl ester ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	43
18	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 9-octadecenoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 27.058 นาที	44
19	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T=27.058 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 9-octadecenoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	44
20	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ bis(2-ethylhexyl)phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 32.511 นาที	45
21	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 32.511 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร bis(2-ethylhexyl)phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	45

ภาพ หน้า

22 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 12 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS 53

23 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.023 นาที 54

24 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 9.023 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 54

25 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.072 นาที 55

26 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 12.072 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 55

27 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-butanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 20.375 นาที 56

28 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 20.375 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-butanone ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 56

29 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1h-indole-3-ethanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.336 นาที 57

30 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 21.336 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1h-indole-3-ethanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 57

31 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ n-hexadecanoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.156 นาที 58

32 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 23.156 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร n-hexadecanoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 58

ภาพ		หน้า
33	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.230 นาที	59
34	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 23.230 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	59
35	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2(1h)-quinolinone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.117 นาที	60
36	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 24.117 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2(1h)-quinolinone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	60
37	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ linoleic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.901	61
38	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 24.901 เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร linoleic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	61
39	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ di-noctyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.291 นาที	62
40	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T=30.291 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร di-n-cotyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	62
41	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 18 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	69
42	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.040 นาที	70
43	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 5.040 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	70

ภาพ **หน้า**

44 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.920 นาที 71

45 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 8.920 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 71

46 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 11.563 นาที 72

47 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 11.56 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 72

48 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.124 นาที 73

49 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 12.124 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 73

50 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-cyclohexen-1-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.746 นาที 74

51 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 19.746 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-cyclohexen-1-ol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 74

52 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentadecanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.943 นาที 75

53 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 21.943 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentadecanone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 75

54 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ cyclohexadecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.303 นาที 76

ภาพ		หน้า
55	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 22.30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร cyclohexadecane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	76
56	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที	77
57	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	77
58	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diisooctyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.291 นาที	78
59	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 30.291 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diisooctyl ester ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	78
60	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 23 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	86
61	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1- hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.286 นาที	87
62	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 5.286 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-haxanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	87
63	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1- propene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 7.741 นาที	88
64	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 7.741 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	88
65	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 10.739 นาที	89

ภาพ		หน้า
66	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 10.739 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexene ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	89
67	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.158 นาที	90
68	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 12.158 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	90
69	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethytoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.116 นาที	91
70	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 19.116 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethytoluamide ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	91
71	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.242 นาที	92
72	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T=23.242 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	92
73	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 8-quinolinol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.152 นาที	93
74	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T=24.152 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 8-quinolinol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	93
75	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 28.249 นาที	94
76	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 28.249 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	94

ภาพ หน้า

77 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 17 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS 103

78 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 4.554 นาที 104

79 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 4.554 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 104

80 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 5.298 นาที 105

81 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 5.298 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 105

82 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 6.310 นาที 106

83 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 6.310 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 106

84 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dodecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 13.503 นาที 107

85 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 13.053 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dodecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 107

86 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ tatradecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 16.553 นาที 108

87 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 16.553 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร tatradecane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 108

ภาพ หน้า

88 แสดงภาพแมสสเปคดรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 19.053 นาที 109

89 แสดงภาพแมสสเปคดรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 19.053 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคดรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 109

90 แสดงภาพแมสสเปคดรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 23.236 นาที 110

91 แสดงภาพแมสสเปคดรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 23.236 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคดรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 110

92 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ docosane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 25.416 นาที 111

93 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T=25.416 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคดรัมสาร docosane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 111

94 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 12 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS 118

95 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.916 นาที 119

96 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 5.916 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร hexyl ester ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 119

97 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 6.745 นาที 120

98 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T=6.745 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) 120

ภาพ หน้า

99 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.084 นาที 121

100 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 12.084 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 121

101 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.236 นาที 122

102 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 23.236 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 122

103 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 28.266 นาที 123

104 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 28.266 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 123

105 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phthalic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.326 นาที 124

106 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 30.326 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phthalic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 124

107 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexacosane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 0442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 31.218 นาที 125

108 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 31.281 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร hexacosane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7) 125

109 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 10 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS 131

ภาพ		หน้า
110	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-pentene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.097 นาที	132
111	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 5.097 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-pentene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	132
112	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.881 นาที	133
113	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 5.881 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	133
114	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.662 นาที	134
115	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 8.662 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม hexane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	134
116	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ tetradecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 16.616 นาที	135
117	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 16.616 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม tetradecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	135
118	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.168 นาที	136
119	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 19.168 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	136
120	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ octadeacane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.422 นาที	137

ภาพ		หน้า
121	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 21.422 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม octadecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	137
122	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที	138
123	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	138
124	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 15 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	143
125	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.052 นาที	144
126	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 5.052 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	144
127	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ butanal ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.687นาที	145
128	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 5.687 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร butanal ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	145
129	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.880 นาที	146
130	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 8.880 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	146
131	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ butane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.029 นาที	147

ภาพ		หน้า
132	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 9.029 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร butane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	147
133	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ undecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 11.632 นาที	148
134	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 11.632 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร undecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	148
135	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.050 นาที	149
136	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 12.050 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	149
137	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.305 นาที	150
138	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 23.305 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	150
139	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 14 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	156
140	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.116 นาที	157
141	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 19.116 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	157
142	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ cyclohexadecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.309 นาที	158

ภาพ		หน้า
143	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 22.309 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร cyclohexadecane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	158
144	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที	159
145	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	159
146	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2(1h)-quinolinone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.416 นาที	160
147	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 24.146 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2(1h)-quinolinone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	160
148	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ n-hexadecanoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.913 นาที	161
149	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 24.913 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร n-hexadecanoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	161
150	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพตหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.285 นาที	162
151	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 30.285 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	162
152	แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 10 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS	167
153	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ copaene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.518 นาที	168

ภาพ		หน้า
154	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่ เวลา R_T= 8.518 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร copaene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)	168
155	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ caryophyllene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.113 นาที	169
156	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่ เวลา R_T= 9.113 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร caryophyllcne ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	169
157	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ naphthalene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.748 นาที	170
158	แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่ เวลา R_T=9.748 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร naphthalene ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)	170
159	แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย umc1354 bin 1.00 (ก), bnlg1338 bin 2.01(ข), umc1256 bin 2.09 (ค) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์	181
160	แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย bnlg1452 bin 3.04 (ง), umc1759 bin 4.01 (จ), phi024 bin 5.01 (ฉ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์	182
161	แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย umc1883 bin 6.00 (ช), umc2332 bin 7.04 (ซ) bnlg1863 (ฌ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์	183
162	แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย bnlg1031 bin 8.06 (ญ), umc1078 bin 9.05 (ฎ), bnlg1450 bin 10.07 (ฏ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์	184
163	การจัดกลุ่มความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้ง 10 พันธุ์ จากการวิเคราะห์ SSR โดยวิธี UPGMA	186

บทที่ 1

บทนำ

ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในด้านการบริโภคภายในประเทศและอุตสาหกรรมการส่งออก จากสถิติการส่งออกในช่วง 9 ปีที่ผ่านมาธุรกิจด้านข้าวโพดหวานมีการขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วมาก จากในปี พ.ศ. 2544 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 37,053 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,027 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 58,623 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,633 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 77,432 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,122 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2547 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 100,901 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,823 ล้านบาท และใน ปีพ.ศ. 2548 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 108,793 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,168 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณการส่งออก 129,849 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,962 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณการส่งออก 157,713 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,832 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณการส่งออก 162,842 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,180 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณการส่งออก 169,749 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,452 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) เห็นได้ว่าปริมาณการส่งออกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี การเพิ่มผลผลิตจึงต้องใช้พันธุ์ลูกผสมมาทดแทนพันธุ์ผสมเปิด ซึ่งในข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมจึงน่าจะมีการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีผลผลิตและคุณภาพในการบริโภคตรงกับความต้องการของตลาดและผู้บริโภค ให้มีความหอม ความหวาน และความนุ่ม การวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี และการศึกษาโมเลกุลเครื่องหมาย SSR Marker เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของขนาดอัลลีลที่พบในเครื่องหมายโมเลกุล SSR จำนวน 30 โมเลกุลเครื่องหมาย จากตำแหน่งต่างๆ กระจายทั่วทั้ง 10 โครโมโซมในข้าวโพดหวาน ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้น่าจะเป็นประโยชน์ ในการศึกษาพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน เพื่อให้เพียงพอความต้องการของตลาดและผู้บริโภค ผลการศึกษาของ สุทธิรักษ์ (2549) ถึงการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม โดยวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดด้วยเทคนิคโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี สารหอมส่วนใหญ่ที่พบคือ n-haxanal, n-haxanol, 1- haxanal, 2- haxanal, 3-hexen-1-ol และ 1-octen-3-ol เป็นต้น จึงทำให้สรุปได้ว่า พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีความหอมนั้น จะมีสารหอมในกลุ่ม Alcohol, Aldehyde, Ketone, Acid & ester และ Nitrogen-containing compound ได้แก่ n-Hexanal, n-Haxanol, 1-Haxanal, 2- Haxanal, 3-Hexanal, 1-Octen-3-ol, 2-Haxen-1-ol, 3-Haxen-1-ol, n-Patanal และเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ ในสายพันธุ์ถั่ว

เหลืองฝักสดให้มีคุณภาพ สามารถเพิ่มสารความหอมและความหวานของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดให้สูงกว่าเดิมได้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานในอนาคตให้มีคุณภาพ ความหอม ความหวาน และความนุ่มในการบริโภค ตามที่ตลาดต้องการและการตรวจหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานด้วยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย (SSR) จึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานในอนาคต เพราะหากได้พันธุ์ข้าวโพดหวานทางเลือกใหม่ ย่อมเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้บริโภคภายในประเทศ และอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานเพื่อการส่งออกอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจวัด ชนิดสารความหอมด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสเปคโทเมตรี (GC-MS) ในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

2. เพื่อศึกษาวิธีการทางโมเลกุลเครื่องหมาย (Molecular Marker Techniques) เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบวิธีการตรวจวัดสารความหอมในข้าวโพดหวาน ด้วยเทคนิค GC-MS

1. ทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารความหอม ของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

2. ทำให้ทราบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

3. สามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีสารความหอมได้ เพื่อนำไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความหอมมากขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ด้วยเทคนิค GC-MS

2. ค้นหาเทคนิคทางโมเลกุลเครื่องหมายสำหรับจำแนกพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ประวัติและถิ่นกำเนิดของข้าวโพด

จากหลักฐานทางโบราณคดีได้พบ เศษซากละอองของเกสรตัวผู้ของข้าวโพดอายุกว่า 8,000 ปี ที่ชั้นใต้ดินความลึก 70 เมตรที่ประเทศเม็กซิโก ข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นอาหารหลักของชาวอินเดียนแดง ถูกค้นพบที่ทวีปอเมริกาในปี พ.ศ. 2035 ถือว่าทวีปอเมริกาเป็นต้นกำเนิดของข้าวโพด แต่ก็ยังหาข้อสรุปแน่นอนไม่ได้ หลังจากคริสโตเฟอร์ โคลลัมบัส เดินทางกลับถึงประเทศสเปนในปี พ.ศ. 2036 ข้าวโพดได้แพร่กระจายอย่างรวดเร็วในทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย ข้าวโพดในปัจจุบันมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้ายคลึงกับพืช 2 ชนิดคือ Teosinte (*Zea mexicana*) และ Tripsacum (*Tripsacum spp.*) โดยข้าวโพด Teosinte และ Tripsacum อาจมีกำเนิดมาจากบรรพบุรุษเดียวกันในปัจจุบันยังคงไม่ทราบว่า พืชชนิดใดเป็นบรรพบุรุษของข้าวโพด แต่พืชในตระกูล *Zea* หลายชนิดมีความคล้ายคลึงกับข้าวโพดมาก (ราเชนทร์, 2539)

การจำแนกข้าวโพดตามลักษณะของเมล็ดและชนิดของแป้ง

1. Pod corn (ข้าวโพดป่า) เป็นข้าวโพดชนิดเก่าแก่ ซึ่งมีปลูกในแถบอเมริกากลางและใต้ ซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของข้าวโพด เมล็ด pod corn ทุกเมล็ดบนฝักจะมีเปลือกที่หุ้มเมล็ดอย่างมิดชิด คล้ายกับเมล็ดหญ้า และมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่งซึ่งมีสีต่าง ๆ ถูกควบคุมด้วยยีน “*Tu*” จัดอยู่ใน subspecies *tuicata*

2. Pop corn (ข้าวโพดคั่ว) เป็นข้าวโพดที่มีแป้งอัดกันแน่นมาก มีแป้งอ่อนอยู่น้อย pop corn มักจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา มีรูปร่างลักษณะของเมล็ดมีอยู่ 2 พวก คือ rice pop corn เมล็ดมีรูปร่างเรียวแหลมคล้ายเมล็ดข้าว และ pearl pop corn มีเมล็ดลักษณะกลม เมื่อเมล็ดได้รับความร้อนก็จะสร้างความดันขึ้นภายในเมล็ดและขยายหรือพองตัวออกมาทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น ข้าวโพดคั่วจัดอยู่ใน subspecies *everta*

3. Flint corn (ข้าวโพดหัวแข็ง) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะหัวแข็ง ด้านบนของเมล็ดมีแป้งแข็งเป็นองค์ประกอบทำให้หัวของเมล็ดมีลักษณะเรียบ ส่วนแป้งอ่อนจะอยู่ภายในตรงกลางหรือไม่มีเลย เมื่อเมล็ดแข็งจะไม่มีรอยบุบจึงถูกเรียกว่า ข้าวโพดหัวแข็ง flint corn ถูกควบคุมโดยยีน “F_1” จัดอยู่ subspecies *indurata* มีสีต่าง ๆ ได้แก่ สีเหลือง ส้มเหลือง ขาว และดำ

4. Dent corn (ข้าวโพดหัวบุบ) เป็นข้าวโพดที่มีส่วนของแป้งอ่อนอยู่ด้านบนของเมล็ด ส่วนแป้งแข็งจะอยู่ด้านล่างและด้านข้างเมื่อข้าวโพดแก่ จะมีการสูญเสียความชื้นของเมล็ดทำให้แป้งอ่อนหดตัว ด้านบนของเมล็ดจึงมีรอยบุบ จัดอยู่ใน subspecies *indentata*

5. Floury corn (ข้าวโพดแป้งอ่อน) เป็นข้าวโพดที่เมล็ดมีแป้งอ่อนเป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมด มีส่วนแป้งแข็งเป็นชั้นบาง ๆ ข้างในเมล็ด เมื่อข้าวโพดแก่การหดตัวของแป้งจะเท่ากัน จึงคงรูปร่างเหมือนข้าวโพดหัวแข็ง แต่มีลักษณะทึบแสง floury corn ถูกควบคุมโดยยีน recessive "*fl*" จัดอยู่ใน subspecies *amylacea*

6. Sweet corn (ข้าวโพดหวาน) เป็นข้าวโพดที่มีส่วนของน้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปเป็นแป้งไม่สมบูรณ์ ทำให้เมล็ดก่อนสุกแก่มีความหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ๆ เมื่อเมล็ดแก่จะมีลักษณะเหี่ยวย่น ความหวานถูกควบคุมโดยยีนหลายยีนเช่น shrunken 2 "sh_2" และยีน brittle เมล็ดมีลักษณะขุ่น จัดอยู่ใน subspecies *saccharata*

7. Waxy corn (ข้าวโพดเทียนและข้าวโพดข้าวเหนียว) เป็นข้าวโพดที่แป้งภายในเมล็ดเป็นแป้งชนิดอ่อน แต่มีความเหนียวเนื่องมาจากองค์ประกอบของแป้งส่วนใหญ่เป็น amylopectin ที่มีโมเลกุลจับกันเป็นแบบ branch chain โดยมีสัดส่วนของแป้งชนิด amylopectin ต่อ amylose ประมาณ 73:27 waxy corn ถูกควบคุมโดยยีน "*wx*" จัดอยู่ใน subspecies *ceratina* (ราเชนทร์, 2539)

พันธุศาสตร์ของข้าวโพดหวาน

วันชัย และคณะ (2547) กล่าวว่า ข้าวโพดหวานกำเนิดมาจากการผ่าเหล่า (mutation) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากยีนข่ม (dominant gene) ไปเป็นยีนด้อย (recessive gene) การผ่าเหล่านี้มีผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์สารคาร์โบไฮเดรทในเอนโดสเปิรมส์ (endosperm) ของข้าวโพดไม่สมบูรณ์ซึ่งโดยปกติแล้วในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คาร์โบไฮเดรทที่สะสมในเอนโดสเปิรมส์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกแป้ง แต่เมื่อเกิดการผ่าเหล่าขึ้น ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้งจะถูกจำกัด คือ ไม่เกิดกระบวนการเปลี่ยนซูโครสไปเป็นแป้งในเอนโดสเปิรมส์ หรือเกิดอย่างไม่สมบูรณ์ในยีนบางตัวมีผลทำให้มีการสะสมน้ำตาลซูโครสภายในเมล็ดมีมากขึ้น

ทวีศักดิ์ (2540) กล่าวว่า จุดเริ่มต้นของการพัฒนาข้าวโพดหวานมาจากการกลายพันธุ์ของยีน *sugary* บนโครโมโซมแท่งที่ 4 โดยเปลี่ยนจากการกลายยีนข่ม (*Su*) มาเป็นยีนด้อย (*su*) ในข้าวโพดไร่พันธุ์ Chullpi เชื้อสาย Peruvian จากการกลายยีนนี้เองได้มีผลทำให้ขบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรทในเอ็นโดสเปิร์มของข้าวโพดไม่สมบูรณ์ โดยยีน *sugary* จะขัดขวางหรือถ่วงการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งตามภาวะปกติระหว่างการพัฒนาเอ็นโดสเปิร์มมีผลทำให้เมล็ดก่อนสุกแก่มีความหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่นๆ เมื่อเมล็ดแห้งจะเหี่ยวย่นและใส ข้าวโพดหวานต่างจากข้าวโพด

ไร่เฉพาะยีนที่ควบคุมการสร้างแป้งในเมล็ด โดยที่ข้าวโพดไร่จะมียีนข่มมาจับคู่กันหรือมียีนข่มและยีนด้อยมาจับคู่กัน (*เช่น SuSu* หรือ *Susu*) ส่วนข้าวโพดหวานจะจับคู่ระหว่างยีนด้อยกับยีนด้อย (*เช่น susu*) ต่อมานักพันธุศาสตร์ได้ค้นพบยีนที่มีผลต่อการสะสมแป้งและน้ำตาลในเมล็ด ข้าวโพดอีกหลายยีน ซึ่งทวีศักดิ์ (2540) ได้อธิบายไว้ ดังนี้

ยีน *su* (sugary gene) มีอยู่สองคู่ด้วยกัน คือ *su1* และ *su2* ได้มีรายงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2467 ว่า *su* ทำให้เกิดการสะสม Phytoglycogen ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (water soluble polysaccharide) และทำให้เมล็ดข้าวโพดหวานนุ่ม เช่น พันธุ์ Jubilee

ยีน *sh* (shrunken gene) มีอยู่หลายคู่ด้วยกัน คือ *sh1*, *sh2*, *sh3*, *sh4*, และ *sh5* มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีการค้นพบยีน *sh* ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 และในปี 2487 ก็มีการค้นพบ *sh2* ซึ่งภายหลังมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหวานกันมาก เช่น พันธุ์ Sugar73, CMS1540 และ Insee 2

ยีน *bt* (brittle gene) มี 3 คู่ คือ *bt1*, *bt2* และ *bt4* เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มาก และไม่สามารถบอกได้จากลักษณะของเมล็ด แต่อาจจะดูได้จากต้น โดยถ้ามีต้นหรือดอกสีแดง แสดงว่าเป็นยีน *bt* เช่น ATS-1, ATS-2, Sugar74 และ ATS 8

ยีน *wx* (waxy gene) มีการกล่าวถึงเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2452 ว่ายีนชนิดนี้ทำให้เกิดการสะสมแป้งที่แตกต่างไปจากข้าวโพดธรรมดาโดยเป็นแป้งพวก amylopectin ข้าวโพดที่มียีนชนิดนี้ คนไทยรู้จักกันดีในนามของข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว

ยีน *du* (dull gene) มีข้อมูลเกี่ยวกับยีนนี้น้อยมาก ไม่มีการกล่าวถึงลักษณะการแสดงออกยีน แต่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

ยีน *ae* (amylose extender gene) เป็นยีนที่ทำให้ปริมาณของ amylose เพิ่มขึ้น

ยีน *se* (sugary enhancer gene) เป็นยีนที่จะต้องแสดงออกร่วมกับยีน *su* เสมอ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาล maltose เพิ่มขึ้น

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานในประเทศไทย

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานในประเทศไทยนั้น Professor Dr. James L. Brewbaker จาก University of Hawaii ได้มาปฏิบัติงานวิจัยที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ในช่วงปี พ.ศ. 2510-2511 และได้แนะนำพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ Hawaiian sugar Supersweet Comp. 1 สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2511 ต่อมา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยนำพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มียีนควบคุมความหวานชรังเค่นทู (*sh2*) ดังกล่าว และยีนบริทเทิลวัน (*bt1*) จากต่างประเทศ ซึ่งมีคุณภาพในการรับประทานที่ดีมาปลูก แต่พันธุ์เหล่านี้ไม่สามารถ

ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ จึงนำพันธุ์ดังกล่าวมาผสมกับพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่ดีเด่นของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้ต้านทานต่อโรคและแมลง พร้อมทั้งปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย พัฒนาเป็นพันธุ์ผสมเปิด และใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการสกัดสายพันธุ์แท้ เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวที่ดีสำหรับการบริโภคฝักสด และการแปรรูป (โชคชัย และคณะ, 2548)

กฤษฎา (2531) กล่าวว่า สำหรับยีนบริทเทิลวัน (*bt1*) และยีนบริทเทิลทู (*bt2*) ซึ่ง Brewbakar นำมาใช้พัฒนาพันธุ์ผสมเปิดที่ปรับตัวเข้ากับเขตร้อนได้แก่ Hawaiian sugar Supersweet #6 และ Hawaiian sugar Supersweet #9 ตามลำดับ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างกว้างขว้างในฮาวาย โดยเข้ามาแทนที่พันธุ์ข้าวโพด su (sugary gene) เนื่องจากยีนทั้งสองให้เปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงทำให้รักษาความหวานได้นานในสภาพอุณหภูมิสูง แต่ที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นยีนชรังเค่น (*sh2*) เกือบทั้งหมด ขณะนี้ข้าวโพดหวานพิเศษยีนบริทเทิล (*bt1*) ก็มีการปลูกกันมากที่จังหวัดกาญจนบุรี เชียงใหม่ ลำปาง และอาจจะเป็นที่ได้รับนิยมเพิ่มมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ โดยลักษณะเมล็ดจะเหี่ยวย่นมาก และเมล็ดมีสีขุ่นทึบ (ทวีศักดิ์, 2540)

พันธุ์ข้าวโพดหวาน

พันธุ์ข้าวโพดหวานจะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ปรับปรุงพันธุ์ ให้มีลักษณะทางสรีรวิทยา และการให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปจะมีลักษณะผลผลิตและการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เกษตรกรนิยมปลูกโดยทั่วไปมีมากมายหลายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกทั่วไปเช่น หวานแม่โจ้ 72, # 4058, # 5840, Insee2, ATS 5, ATS 8, Golden Sweeter, WIN 999, และ KSSC 604 เป็นต้น

การวิเคราะห์หา Aromatic Substances in Fragrances หรือ Essential Oil

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอม หรือ Fragrances ที่สังเคราะห์ขึ้นมามีอยู่หลายวิธี คือ

1. Gas Chromatography (GC) เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สารหอมในน้ำหอมทั่วๆ ไป นิยมใช้มากที่สุด เป็นการตรวจวัดสารหอมพื้นฐานว่ามีอะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่ในน้ำหอมนั้นๆ (Qualitative and Quantitative Analysis) หลักการคือใช้ gas เป็นตัวพา (Carrier) เอาสารหอมที่มีอยู่ในสภาวะที่เป็นไอ (Vapor) ผ่าน packing material ที่บรรจุอยู่ภายในคอลัมน์ชนิด Capillary น้ำมันหอมจะถูกพาออกจากคอลัมน์ในเวลาที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และการถูกจับด้วย packing material ในคอลัมน์เมื่อถูกพาออกมาแล้วจะเข้าสู่ตัวตรวจวัด (detector) ที่นิยมใช้มากที่สุด

คือ FID (Flame Ionized Detector) สารหอมทุกตัวที่ออกจากคอลัมน์จะถูกทำให้แตกตัวเป็น ion ที่ตัวตรวจวัดและจะแปรเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่เครื่อง chromatopac ที่เป็น computer เพื่อบันทึกผลสัญญาณ computer จะแสดงให้ทราบเป็นพีค (peak) แต่ละพีคจะแสดงถึงสารหอมแต่ละชนิด พื้นที่และความสูงของพีคจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของสารหอมที่มีอยู่ใน Fragrance นั้นๆ

2. Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer (GC-MS) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้รองลงมาจาก GC และมักจะนิยมใช้คู่กันเนื่องจากให้ค่ายืนยันแน่นอนกว่าการใช้ GC ชนิดเดียวโดยจะแสดงผลของ mass ของ peak เพื่อเป็นการยืนยันว่า peak ที่เกิดจาก GC เป็นสารชนิดใดมีความเที่ยงตรงและแน่นอน

3. Gas Chromatography - Fourier Transform Infrared (GC - FTIR) เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งใช้เพื่อยืนยันว่า peak ที่ปรากฏในเครื่อง GC เป็นสารกลุ่มใดโดยดูจาก pattern ของ IR Spectrum จะทำให้ทราบว่า peck นั่นมีหมู่ functional group เป็นประเภทใด

4. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อศึกษาโครงสร้างของสารในน้ำหอมว่ามีสารประเภทใด โดยดูว่าการเปลี่ยนแปลงของ Proton (H) ที่เกิดขึ้น

5. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้หาองค์ประกอบของสารเคมีในน้ำหอมได้เช่นกัน แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก

6. High Performance Tinlayer Liquid Chromatography (HPTLC) ใช้วิเคราะห์สารสกัดจากธรรมชาติได้ดีเพราะ plate ใช้แล้วทิ้งเลยไม่ต้องกลัวจะสกปรก ใช้วิเคราะห์ทั้งคุณภาพและปริมาณ (นิรนาม ข, 2551)

Aromatic Substances and Fragrances

Aromatic Substances คือสารหอมที่เป็นองค์ประกอบรวมที่ทำให้เกิดกลิ่น (Fragrances or Flavor) โดยสารหอมเหล่านี้เป็นสารเคมีที่มีกลิ่นเฉพาะตัวของมัน โดยลำพังแล้วส่วนใหญ่จะไม่ทำให้เกิดกลิ่นเป็นที่พึงพอใจนักแต่ถ้าอยู่รวมๆ กันหลาย ๆ ชนิดในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดกลิ่นที่ดีขึ้นมามากมายหลายชนิดแล้วแต่อัตราส่วน และชนิดของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบสารเคมีเหล่านี้สามารถพบได้ทั้งในพืช สัตว์ และจากการสังเคราะห์

การจำแนกสารหอม (Classification of Aromatic Substances) นิรนาม (2553) กล่าวว่า

1.จำแนกตามแหล่งที่มา

1.1 Isolates คือ สารหอมที่ได้จากการนำเอา Essential oil หรือสิ่งหอมจากธรรมชาติอื่นๆ ที่เราทราบคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ มาผ่านขบวนการแยกเพื่อได้สารหอมที่บริสุทธิ์เดี่ยว ๆ ชนิดเดียว

ออกมา เช่น Eugenol จาก น้ำมันใบการพลู, Eucalyptol จากน้ำมันยูคาลิปตัส, Cedrol จากน้ำมัน Cedar wood เป็นต้น

1.2 Semi Synthetic ได้จากการนำ isolates มาสังเคราะห์ผ่านขบวนการทางเคมีอีกทีหนึ่ง เพื่อสร้างสารหอมชนิดใหม่ขึ้นมา เช่น Carvone จาก Limonene, Cedryl acetate จาก Cedrol, Hydroxy citronellal จาก Citronellal เป็นต้น

1.3 Synthetic ได้จากการสังเคราะห์สารอินทรีย์พื้นฐาน เช่น Coal หรือ Petroleum ผ่านขบวนการทางเคมี เพื่อให้ได้สารที่มีโครงสร้างเหมือนกับสารที่พบในธรรมชาติหรือสารตัวใหม่ที่ไม่มีในสูตรโครงสร้างเหมือนสารหอม จากธรรมชาติแต่ให้แนวกลิ่นเหมือนกัน เช่น Benzyl alcohol, Eugenol, Menthol, Anethol, Terpineol, Borneol ฯลฯ

2. จัดกลุ่มสารหอมตามโครงสร้างทางเคมี

2.1 Alcoholic group พวกนี้จะมีหมู่ –OH อยู่ในโครงสร้างโมเลกุล การเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย -ol เช่น Benzyl alcohol, Phenyl ethyl alcohol, eugenol, menthol, Anethol ฯลฯ

2.2 Aldehyde group พวกนี้จะมีหมู่ R-C-H อยู่ในโครงสร้างโมเลกุล การเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย -al เช่น Citral, Octanal, Cuminaldehyde ฯลฯ

2.3 Ketonic group พวกนี้จะมีหมู่ R-C-R อยู่ในโครงสร้างโมเลกุล การเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย –one เช่น Thujone, Camphor , Jasmone, Carvone, Coumarin, ฯลฯ

2.4 Esteric group สารกลุ่มนี้จะมีสูตรโครงสร้างเป็น R-C-O-R การอ่านซึ่งมักจะลงท้ายด้วย -ate เช่น Benzyl acetate, Geranyl acetate, Methyl cinnamate, Benzyl benzoate, Isoamyl acetate ฯลฯ

2.5 กลุ่มอื่นๆ เช่น - Hydrocarbon สารหอมจำพวกนี้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ชนิดแอลเคน (alkane) จัดเป็นสารประกอบ Hydrocarbon ชนิดอิ่มตัว มีสูตรโครงสร้างเป็น C_nH_{2n+2} เมื่อ n คือจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยเริ่มต้นตั้งแต่ C 1 อะตอม แล้วลงท้ายด้วย -ane สารหอมในกลุ่มนี้ ได้แก่ cyclohexadecane และชนิดแอลคีน (alkene) จัดเป็นสารประกอบ Hydrocarbon ชนิดไม่อิ่มตัว มีสูตรโครงสร้างเป็น C_nH_{2n} เมื่อ n คือจำนวนคาร์บอน แล้วลงท้ายด้วย -ene สารหอมในกลุ่มนี้ ได้แก่ 1-propene

- Carboxylic acid เป็นสารประกอบของคาร์บอนที่มีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสูตรทั่วไป R–COOH การเรียกชื่อสารหอมเหล่านี้มักจะลงท้ายด้วย -oic ได้แก่ n-hexadecanoic acid

- Nitrogen-containing compound เป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก มีหมู่ Amino (-NH2) R–CO–NH2 และหมู่คาร์บอนิลเป็นองค์ประกอบ การเรียกชื่อสารหอมเหล่านี้มักจะลงท้ายด้วย -amide ได้แก่ diethyltoluamide

3. **จำแนกตามสูตรโครงสร้างพื้นฐานของสารหอมที่เหมือนกัน** สามารถเรียกสารตามจำนวน C (Carbon) ที่มีอยู่ในโมเลกุลเป็นทวีคูณ

3.1 C5 เรียกว่า Isoprene

$$\begin{array}{c} \quad CH_2 \\ \quad | \\ CH_2 = C\ CH\text{-}CH_2 \end{array}$$

3.2 C10 เรียกว่า Monoterpene เช่น Geraniol, Cineol, Terpineol, Limonene, Menthol, Carvone, Menthone, pinene, Thujone ฯลฯ

3.3 C15 เรียกว่า Sesquiterpene เช่น Farnesol, Nerolidol, β-caryphyllene ฯลฯ

3.4 C20 เรียกว่า Diterpene เช่น resin ฯลฯ

3.5 C30 เรียกว่า Triterpene เช่น Squalene, Sterol, Steroids, Saponins ฯลฯ

3.6 C40 เรียกว่า Carotenoid เช่น Carotene ฯลฯ

3.7 Cn เรียกว่า Polyisoprene เช่น rubber ฯลฯ

จากที่ทราบแล้วว่า Fragrance Flavor เกิดจากสาร Aromatic Substance ที่มีอยู่ใน Fragrance เหล่านั้นรวมกัน บางชนิดประกอบด้วยสารหอมหลายตัว บางชนิดประกอบด้วยสารหอมไม่กี่ตัวรวมกันในปริมาณที่เหมาะสมเกิดกลิ่นออกมา ซึ่งสามารถจำแนกได้หลายแบบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการจำแนก เช่น Herbal Notes, Spicy Notes, Floral Notes, Green Notes เป็นต้น

เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย

การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นเทคนิคสำคัญในการแยกสารและทำให้สารบริสุทธิ์ โดยใช้ความสามารถในการละลายของสาร ใช้แยกสารประกอบออกจากสารผสมที่เกิดในธรรมชาติ สารประกอบที่ต้องการแยกจะต้องละลายในตัวทำละลายชนิดหนึ่งได้ดีกว่าอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ตัวทำลายทั้งสองชนิดไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปใช้น้ำกับตัวทำลายอินทรีย์ เช่น อีเทอร์ เบนซีน โทลูอีน คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ไดคลอโรมีเทน เพนเทน และแฮกเซน (สมยศ, 2535) สารประกอบที่แยกจะละลายในตัวทำละลายทั้งสองชนิดเป็นอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์การแบ่งละลาย (distribution coefficient หรือ partition coefficience) ใช้สัญลักลักษณ์แทนด้วย K_D เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดเรียกว่า กรวยแยก ซึ่งประกอบด้วยจุกปิดเปิดสองแห่ง ก่อนใช้ต้องตรวจสอบดูว่าจุกทั้งสองแห่งปิดเปิดได้สะดวกหรือไม่ ถ้าฝืดต้องถูบางๆ ด้วยวาสลีน และในขณะที่เขย่ากรวยเพื่อแยกสารสกัดนั้น ในกรณีที่ตัวทำละลายหรือสารระเหยได้ดี ต้องเปิดจุกไล่

อากาศออกบ่อยๆ เพื่อลดความดันภายในกรวยแยก เมื่อสกัดแล้วตั้งกรวยแยกไว้ สารละลายจะแยกชั้น ต้องทราบว่าชั้นไหนเป็นชั้นที่ต้องการ และไม่ควรนำชั้นอินทรีย์ที่ต้องการไปกลั่นทันทีที่ทำเสร็จ เพราะสารละลายจะมีน้ำปนไปอยู่ด้วยเสมอ จึงจำเป็นต้องทำให้แห้งโดยการดูดน้ำออกหรือใส่สารดูดน้ำเช่น Magnesium sulfate, Sodium sulfite, Calcium chloride ฯลฯ เมื่อดูดน้ำออกสารละลายหมดแล้ว จะได้สารละลายใส จากนั้นจึงนำมาแยกเอาตัวทำละลายออก (ประดิษฐ์, 2545; ประเสริฐ, 2539)

เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี

ส่วนใหญ่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี เนื่องจากเป็นเทคนิคในการแยกสารผสม โดยที่สารที่แยกสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะก๊าซได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง (ไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส) ก๊าซโครมาโทกราฟีมีเฟสเคลื่อนที่เป็นก๊าซ ส่วนเฟสคงที่นี้ถ้าเป็นของแข็งเรียกว่า gas-solid chromatography, GSC แต่ถ้าเฟสคงที่เป็นของเหลวที่ฉาบอยู่บนอนุภาคของแข็งเรียกว่า gas-liquid chromatography, GLC (นิรนาม ข, 2551) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้น วิธีที่ง่ายที่สุดคือ หาเวลารีเทนชัน (retention time) เป็นเวลาที่สารแต่ละชนิดในการเดินทางผ่านคอลัมน์ หาได้จากการวัดระยะทางตั้งแต่เริ่มใส่สารตัวอย่างลงในคอลัมน์จนถึงส่วนยอดของพีค ซึ่งเป็นลักษณะของเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของก๊าซตัวพาอุณหภูมิของคอลัมน์หรือชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ (สุกัญญา, 2543)

เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี เป็นการเชื่อมต่อเทคนิค ก๊าซโครมาโทกราฟี เข้ากับเทคนิคแมสสเปคโทรเมตรี เพื่อให้ได้เทคนิคการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพขึ้น เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีสามารถแยกองค์ประกอบของสารผสมได้ ในขณะที่เทคนิคแมสสเปคโทรเมตรีมีจุดเด่นในด้านความเฉพาะเจาะจง ความว่องไวและความรวดเร็ว ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างขององค์ประกอบที่แยกโดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี (สุทธิรักษ์, 2549)

โมเลกุลเครื่องหมาย

การศึกษาเครื่องหมาย (marker) เพื่อบ่งชี้ความแตกต่างหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ของสิ่งมีชีวิตทั้งทางปริมาณและคุณภาพ ซึ่งอาจจะเป็นการจำแนกความแตกต่างระหว่างประชากรหรือภายในประชากร (กฤษฎา, 2544) เครื่องหมายที่บ่งบอกความแตกต่างนี้มี 2 ประเภท คือ 1) เครื่องหมายทางสัณฐานวิทยา (morphological marker) เป็นการบ่งบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต โดยใช้วิธีเปรียบเทียบลักษณะภายนอกทางทางสัณฐานวิทยา (กฤษณพงศ์, 2543) การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยายังมีความจำเป็นต้องทำเป็นอันดับแรกแล้วจึงใช้วิธีการอื่น

เพื่อให้ได้ข้อมูลอื่นที่สำคัญขึ้น หรือเป็นการแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวได้ 2) เครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) มี 2 ระดับ คือระดับโปรตีน เป็นการตรวจสอบที่โมเลกุลของโปรตีนชนิดต่างๆ และระดับดีเอ็นเอ เป็นการตรวจสอบความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุลของดีเอ็นเอ (สุรินทร์, 2545; อภิชาต, มปป)

ในปัจจุบันเครื่องหมายโมเลกุล (Molecular marker) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องหมาย DNA หรือลายพิมพ์ DNA มีบทบาทและมีความสำคัญอย่างมากในการปรับปรุงพันธุ์พืชเนื่องจาก 1) ใช้ในการจำแนกตรวจสอบสายพันธุ์ให้ผลแม่นยำโดยไม่ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตหรือชิ้นส่วนของพืช 2) ใช้ในการหาความสัมพันธ์และความแตกต่างทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ต่างสปีชีส์กันและภายในสปีชีส์เดียวกัน 3) ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่สำคัญทางพืชไร่กับเครื่องหมายโมเลกุล เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกและผสมพันธุ์ ในลักษณะที่สำคัญในการปรับปรุงพันธุ์พืช (Tingey et al., 1992)

ในการศึกษาการจำแนกพันธุ์เพื่อศึกษาความหลากหลายของพันธุกรรมและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชที่ผ่านมายังอยู่ในขีดจำกัด เนื่องจากว่าการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยดูจากฟีโนไทป์ภายนอกอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ในกรณีสายพันธุ์ที่มีลักษณะภายนอกใกล้เคียงกัน และในบางกรณีลักษณะความแตกต่างของสายพันธุ์อาจต้องใช้เวลาในการตรวจสอบ เนื่องจากต้องพิจารณาในระยะออกดอกหรือแก่จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต (กิตติพัฒน์และคณะ, 2543) การวิเคราะห์เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องหมายโมเลกุล (Molecular marker) นอกจากใช้เพื่อศึกษาการจัดเรียงตัวของดีเอ็นเอส่วนต่างๆ ในจีโนมหรือการทำแผนที่ยีน ยังสามารถใช้ตรวจสอบความหลากหลายของพันธุ์ ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของพันธุ์ ตรวจสอบพันธุ์พ่อแม่และทดสอบลูกผสม ศึกษาการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต หรือเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้ตรวจสอบหรือบ่งชี้ลักษณะจำเพาะ เช่นความต้านทานโรค ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมบางอย่าง ซึ่งนำไปสู่การโคลนยีนโดยอาศัยแผนที่ (map-base cloning) (กฤษณพงศ์, 2543) การตรวจสอบในระดับดีเอ็นเอมีความเสถียรกว่าจึงเก็บไว้ได้นาน สามารถวิเคราะห์จากตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลายาวนานได้ (สุรินทร์, 2543)

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะที่แสดงออกมาภายนอก (Phenotype) แต่สามารถใช้บอกความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรมของพืชหรือใช้ในการจัดการเชื้อพันธุกรรม (germplasm) ที่ได้รวบรวมไว้ และนอกจากนี้ยังใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการตรวจสอบความถูกต้องหรือความบริสุทธิ์ของพืชลูกผสมได้ (จุลภาค, 2543)

การจำแนกสายพันธุ์พืช

สุรินทร์ (2543) กล่าวว่าการปรับปรุงพันธุ์พืชส่วนใหญ่ จะศึกษาเฉพาะลักษณะภายนอก (phenotype) ที่สังเกตเห็นได้ และลักษณะทางพันธุกรรม (genotype) ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม (conventional) แต่ในปัจจุบันความรู้ทางชีววิทยาโมเลกุลมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก (marker-assisted selection, MAS) หรือเครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการผสมกลับ (marker-assisted backcross, MAB) ซึ่งวิธีการนี้ให้ผลอย่างเด่นชัดในการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2543) จุลภาค(2543) กล่าวว่า ลายพิมพ์ดีเอ็นเอนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสัณฐานวิทยา แต่สามารถใช้บอกถึงความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรมพืช และสามารถใช้ในการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของพันธุ์พืชลูกผสม (สมวงษ์, 2540) ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพ ที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพันธุ์พืชที่เป็นประโยชน์ใหม่ๆ ได้อย่างรวดเร็ว (สมวงษ์, 2543)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายพันธุ์พืชขึ้นมาหลายพันธุ์ และพันธุ์ใหม่ที่ได้มีความใกล้ชิดกับพันธุ์เดิมที่ใช้ปลูกอยู่ การจำแนกความแตกต่างของพันธุ์พืช โดยอาศัยลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียว จึงไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน และได้มีการนำเอาเทคนิคทางด้านชีวเคมีมาใช้ประโยชน์ โดยทำการสกัดเอาไอโซไซม์หรือโปรตีน ไปทำการตรวจด้วยเทคนิคอิเล็กโตรโฟริซิส (electrophoresis) โดยอาศัยความแตกต่างของสารด้วยขนาดหรือน้ำหนักที่จะเคลื่อนบนแผ่นเจลในเวลาที่เท่ากัน (ภาณี, 2546) ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนไปใช้การวิเคราะห์ในระดับ DNA กันมากขึ้น ซึ่งเป็นการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งจาก DNA marker ที่สามารถใช้แยกกับพืชหลายๆชนิด เช่นการจำแนกพันธุ์พืชในระดับดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิคของ Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) โดยมีการทำแผนที่ RFLP แล้วในสิ่งมีชีวิตหลายๆ ชนิด (Michelmore *et al*., 1997; Wang and Paterson, 1994; Yaghoodi *et al*., 1995; Jones *et al*., 1997; Foolad and Chen, 1999) เมื่อมีการพัฒนาวิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยวิธีพีซีอาร์ (Polymerase chain reaction, PCR) (Saiki *et al*., 1985) ซึ่งทำได้รวดเร็วและง่าย ทำให้เกิดเทคนิคใหม่ๆ ในการวิเคราะห์โดยอาศัยพีซีอาร์เป็นหลัก ข้อดีคือใช้ปริมาณดีเอ็นเอเริ่มต้นน้อยใช้ระยะเวลาสั้น แรงงานน้อย ค่าใช้จ่ายต่ำและแปลผลง่าย เครื่องหมายดีเอ็นเอได้รับการพัฒนามาจากเทคนิคพีซีอาร์ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ประเภทที่มี (primer) ชนิดจำเพาะเจาะจง (specific primer)เครื่องหมายชนิดนี้ได้แก่ STS(sequence-tagged site) และ SSR (simple sequence repeat) และประเภทที่มีไพรเมอร์ไม่จำเพาะเจาะจง (Random primer) ได้แก่ RAPD (random amplified polymorphic DNAs) (Williams et al., 1990) และ AFLP (Amplified fragment length polymorphism) (Vos et al., 1995) (สุรินทร์, 2545)

นอกจากนี้พืชแต่ละชนิดสามารถให้แบบแผนของแถบดีเอ็นเอ หรือลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เฉพาะเจาะจง จึงถือว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ในพืชแต่ละชนิด (สมวงษ์, 2543) ข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืชได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมทำให้สามารถติดตามการถ่ายทอดของลักษณะนั้นๆ ไปยังรุ่นต่อไปได้ เรียกว่าเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ทำให้สามารถคัดเลือกพันธุ์พืชได้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต (จุลภาค, 2543)

เครื่องหมายแบบเอสเอสอาร์

เครื่องหมายแบบเอสเอสอาร์ (simple sequence repeat, SSR) หรือเรียกว่า ไมโครแซทเทลไลท์ (micro satellites) เป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้หลักการกระจายตัวของเบสซ้ำที่มีในสิ่งมีชีวิตจำพวกโปรคาริโอท ลักษณะที่สำคัญของเบสซ้ำเหล่านี้ก็คือการมีลำดับเบสซ้ำเหล่านี้ก็คือการมีลำดับเบสจำเพาะอยู่บริเวณหัวท้ายเป็นชุดหัวสลับหาง การเรียงตัวของลำดับเบสเกิดจากการแทรกตัว หรือการแทนที่ของลำดับเบสที่ไม่ใช่ลำดับเบสซ้ำแล้วทำให้เกิดลำดับเบสซ้ำเรียงตัวติดกัน (Zhu *et al*., 2000 อ้างโดย De Vienne, 2003) ในเริ่มแรกจำนวนซ้ำจะมีไม่มาก ต่อมาจำนวนซ้ำจะเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ ดีเอ็นเอโพลีเมอเรสโดยเกิดการลื่นไถล (Polymerase slippage) ในบริเวณลำดับเบสซ้ำระหว่างการจำลองดีเอ็นเอ (DNA replication) ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของจำนวนซ้ำเรียกว่า VNTR (variable number of tandem repeat) ดังนั้นนอกจากคุณสมบัติข้อดีของไมโครแซทเทลไลท์ที่มีการกระจายตัวทั่วจีโนมแล้วอัตราการเกิดความแตกต่างของลำดับเบสระหว่างสายพันธุ์ค่อนข้างสูง ซึ่งเบสจำเพาะเหล่านี้สามารถนำมาสร้างเป็นไพรเมอร์ขนาด 20 เบส หรือมากกว่า เพื่อใช้ขยายปริมาณเบสซ้ำในตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้หลักการของพีซีอาร์จากนั้นนำผลผลิตของการทำพีซีอาร์ที่ได้ตรวจสอบความแตกต่างของขนาดอัลลีลโดยใช้ polycrylamide gel electrophoresis หรือ agarose gel electrophoresis เป็นตัวกลางในการแยกขนาด สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละต้นในประชากร ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของจำนวนเบสซ้ำในแต่ละต้น โดยมีความจำเพาะเจาะจงของตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลบนจีโนมและจำนวนของอัลลีล ที่สามารถตรวจสอบได้ (ธีรยุทธ, มปป) ซึ่งสามารถใช้ในการศึกษาแผนที่ข้าวโพด (Seenior and Heum, 1993) ข้าว (Wu and Tanksley, 1993) ข้าวบาเล่ย์ (Saghai Maroof *et al*., 1994) ถั่วเหลือง (Maughan *et al*., 1995; Chung *et al*., 2003; Hoeck *et al*., 2003; Orf *et al*., 1999; Mian *et al*., 1996; Mansur *et al*., 1996) มะเขือเทศ (Martin *et al*., 1991) อาราบิดอฟซีส (Bell and ecker, 1994) เป็นต้น

นอกจากนั้นเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบเอสเอสอาร์ ยังเป็นชนิด Codominance จึงสามารถตรวจสอบ Heterozygous ได้ Cregan *et al*. (1999) ได้ทำแผนที่เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์

ในจีโนมถั่วเหลืองรวม 606 ตำแหน่ง ปัจจุบันมีการค้นพบกว่า 700 ตำแหน่งบน 20 กลุ่มลิงเกจของจีโนมถั่วเหลือง Panthee *et al.* (2005) ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณที่ควบคุมองค์ประกอบของโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดและขนาดเมล็ดในถั่วเหลืองโดยใช้ประชากรสายพันธุ์แท้ 101 สายพันธุ์ ใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ 585 เครื่องหมาย พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์จำนวน 94 เครื่องหมาย ที่ให้ความแตกต่างในประชากรและพบว่าลักษณะองค์ประกอบโปรตีนและน้ำมันมีความสัมพันธ์กันทางลบ แต่ลักษณะองค์ประกอบโปรตีนในเมล็ดมีความสัมพันธ์กันทางบวกกับขนาดเมล็ด ค่าอัตราพันธุกรรมขององค์ประกอบโปรตีน น้ำมัน และขนาดเมล็ดเท่ากับ 0.66 0.54 และ 0.71 ตามลำดับ

พรพันธ์และคณะ (2549) ได้ทำการจำแนกเครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่เชื่อมโยงกับลักษณะเชิงปริมาณที่ควบคุมองค์ประกอบของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids content) ในเมล็ดสดของประชากรสายพันธุ์แท้ที่ได้จากคู่ผสมระหว่างถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 กับถั่วเหลืองไร่พันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้า (advance breeding line)K3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แท้ที่ได้จากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ G8891 กับ G7945 พบว่ามียีนที่ควบคุมลักษณะเชิงปริมาณอย่างน้อย 3 ตำแหน่งควบคุมลักษณะองค์ประกอบของเมล็ดแห้งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เครื่องหมายโมเลกุล Satt236 บนกลุ่มลิงเกจ (Molecular linkage group) A1 มีอิทธิพลมากที่สุดต่อองค์ประกอบของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพันธุ์ศาสตร์โมเลกุล (Molocular genetics) อย่างต่อเนื่องมานานกว่า 20 ปี Saiki *et al.* (1985) ได้ค้นพบเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองซึ่งเทคนิค PCR นี้สามารถนำไปพัฒนาให้มี DNA markers มากขึ้นเช่น Random amplified polymorphic DNA (RAPD), Simple sequence repeat (SSR) or Microsattellites and Minisatteli, Amplified fragment length polymorphism (AFLP)

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีเบสซ้ำกันเป็นชุด (Repeated sequence) อยู่กระจายทั้งจีโนม (Genome) จึงเหมาะที่จะนำเอาเทคนิค PCR เข้ามาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนของเบสที่ซ้ำกันเป็นชุด โดยออกแบบไพรเมอร์ ที่ขนาบข้างเบสที่ซ้ำกัน ซึ่งก็คือเทคนิค SSR แถบดีเอ็นเอที่ได้เกิดจากจำนวนซ้ำที่แตกต่างกันของชุดเบสจะแสดงถึงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของสายพันธุ์พืช

พรพันธ์ (2546) กล่าวว่า phylogeny หรือ phylogenesis หมายถึงความสัมพันธ์และหรือประวัติทางวิวัฒนาการ (evolutionary relationship) ของสิ่งมีชีวิตหรือกลุ่มของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นการประเมินเบื้องต้น โดยอาศัยข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา หรือข้อมูลทางพันธุกรรมต่างๆ เช่น

Isozyme หรือ restriction หรือ DNA sequence แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ภายในหรือระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิต ซึ่งแนวทางการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 แนวทางดังนี้

Phylogenetic relationships เป็นการจัดกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยค่าความคล้ายคลึง (similarity) หรือระยะห่าง (distance)

Cladistic relationships เป็นการจัดกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลทุกค่ามาวิเคราะห์ร่วมกันและมีการอ้างอิงถึง ancestor ซึ่งสามารถใช้ศึกษา evolutionary pathway ได้

การศึกษาความสัมพันธ์ทั้งสองแบบ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตได้ดีที่สุดในรูปแบบของ dendrogram หรือ tree (พรพันธ์, 2546) ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์หรือประวัติทางวิวัฒนาการ ส่วนใหญ่ศึกษาในระดับspecies ที่ใกล้เคียงกันหรือในระดับที่สูงกว่า ซึ่งปัจจุบันได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตในระดับที่ต่ำกว่า species เช่น สายพันธุ์ต่างใน species เดียวกัน และพื้นฐานของการสร้าง dendrogram สามารถทำได้ 3 วิธีการหลักๆ คือ

Distance matrix method (cluster analysis) เป็นวิธีการทาง algorithm มีการคำนวณค่าความคล้ายคลึง (similarity) หรือระยะห่าง (distance) ของตัวอย่างแต่ละคู่ที่ทำการศึกษา จากนั้นนำมาจับกลุ่ม โดยนำคู่ที่มีค่าความคล้ายคลึงสูงที่สุดหรือระยะห่างต่ำสุด วิธีการ Distance matrix method สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้เพียง dendrogram (tree) เดียว และวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Unweighted Pair-Group Method using Arithmetical Average (UPGMA)

Maximum parsimony เป็นวิธีการเปรียบเทียบและค้นหา tree ที่สั้นที่สุด และมีจำนวน mutation น้อยที่สุด ในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และวิธีการนี้เป็นการนำข้อมูลทุกค่าร่วมกันวิเคราะห์เพื่อให้ได้ evolutionary tree ที่สั้นที่สุด

Maximum likelihood เป็นวิธีการที่มีการวิเคราะห์เหมือนกับ Maximum parsimony โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดแทนที่จะลดรูปเพียง distance matrix เหมือนวิธีการ cluster analysis แต่จะแตกต่างจาก Maximum parsimony ตรงที่ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเข้ามาเกี่ยวข้อง (พรพันธ์, 2546)

การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis)

Hair et al. (1995) กล่าวว่า การวิเคราะห์กลุ่มเป็นการวิเคราะห์ โดยการกลุ่มข้อมูลและตัวอย่าง โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการจำแนกหรือแบ่งข้อมูลหรือตัวอย่างที่ศึกษา ออกเป็นกลุ่มย่อยตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยการประเมินความสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ศึกษา โดยอาศัยค่าความสัมพันธ์ (Correlation) และความน่าจะเป็น (probability) รูปแบบที่ใช้ในการจัดการกลุ่ม มักจะใช้กันอยู่ 2 รูปแบบคือ 1) แบบที่ใช้หลักการความห่างของสิ่งมีชีวิต (distance-base methods) และ 2) แบบที่ใช้หลักการของโมเดล (model-based methods) การจัดกลุ่มโดยใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบ

distance function ที่จะคำนวณความเหมือน (similarity) หรือความต่าง (distance) ของตัวอย่างที่ศึกษา แล้วนำค่าที่ได้มาจัดกลุ่ม ตัวอย่างที่มีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุด หรือมีค่าความต่างน้อยที่สุด จะถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน ส่วนตัวอย่างที่มีค่าความคล้ายคลึงกันน้อย หรือมีความต่างกันมาก จะจัดให้อยู่กลุ่มต่างกัน ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถบอกได้ว่า ตัวอย่างที่ศึกษามีความคล้ายคลึงหรือต่างกันมากน้อยเพียงไร ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์โดยวิธีจัดกลุ่มนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลที่เป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทางชีวโมเลกุล ในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างที่จัดกลุ่ม และแสดงโดยแผนภูมิต้นไม้จำลอง (dendrogram) ที่จะแสดงค่าความเหมือน (similarity) หรือความต่าง (distance) เพื่อบ่งบอกระดับความสัมพันธ์ของแต่ละตัวอย่างได้

วิธีการสร้างแผนภูมิต้นไม้จำลองด้วยวิธี distance method จะอาศัยระยะห่างระหว่างตัวอย่างแต่ละคู่จากตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด แผนภูมิต้นไม้จำลองที่สร้างขึ้น จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า distance ที่ได้จากตัวอย่างแต่ละคู่ เปรียบเทียบกับคู่อื่นๆ โดยการจัดพันธุ์เข้าเป็นกลุ่มๆ อย่างเป็นลำดับ โดยมากจะใช้วิธีการจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA (Unweighted paired Group Method using Arithmetic averages) (Sneath and Sokal, 1973; Panchen, 1992) ซึ่งจะสร้างแผนภูมิต้นไม้จำลองโดยการหาคู่ตัวอย่างที่มี pairwise distance น้อยที่สุดจาก distance matrix จากนั้นจัดให้ตัวอย่างคู่นั้นรวมกันเป็นกลุ่ม Cluster ในส่วนอื่นๆของ matrix ที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มดังกล่าวให้คงค่าเดิมไว้ จากนั้นดำเนินการรอบใหม่ โดยเริ่มจากการหาคู่ตัวอย่างที่มี pairwise distance น้อยที่สุดเช่นเดิม แล้วจัดกลุ่ม ดำเนินการเช่นนี้ไปจนทุกตัวอย่างถูกจัดเข้าอยู่ในกลุ่ม วิธีการนี้ใช้ได้ดีในกรณีอัตราการกลายพันธุ์แบบแทนที่เบสคงที่เท่านั้น ถ้าอัตราการแทนที่เบสไม่คงที่แล้ว สัณฐานของแผนภูมิต้นไม้จำลองที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนสูง (Nei and Kumar, 2000)

เมื่อได้ tree จากการทำ cluster analysis แล้วต้องตรวจสอบ goodness of fit โดยพิจารณาค่า Correlation (r) (Duarte *et al*, 1999; พรพันธ์, 2546 และ Meyar *et al*, 2004) ค่า Degree of distance % (D) และค่า Stress value (S) (Duarte *et al*, 1999 และ Meyar *et al*, 2004) ซึ่งค่าดังกล่าว สามารถบ่งบอกได้ว่า ผลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต (tree) ที่ได้ มีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ โดยค่า similarity coefficient แบบต่างๆ ได้แสดงไว้ในตาราง ดังนี้

ตาราง 1 แสดงค่า Similarity coefficient

coefficient	Similarity expression	Occurrence interval	Source
1. Simple Matching (SM)	$\frac{a+d}{a+b+c+d}$	[0, 1]	Sokal and Michener (1958)

ตาราง 1 (ต่อ) แสดงค่า Similarity coefficient

2. Roger and Tanimoto (RT)	$\frac{a+d}{a+2b+2c+d}$	[0, 1]	Roger and Tanimoto (1960)
3. Anderberg (A)	$\frac{a}{a+2(b+c)}$	[0, 1]	Anderberg (1973)
4. Russel and Rao (RR)	$\frac{a}{a+b+c+d}$	[0, 1]	Russel and Rao (1940)
5. Jaecard (J)	$\frac{a}{a+b+c}$	[0, 1]	Jaccard (1901)
6. Sorensen-Dice (SD)	$\frac{2a}{2a+b+c}$	[0, 1]	Dice (1945); Sorensen (1948)
7. Ochiai (O)	$\frac{a}{\sqrt{(a+b)(c+d)}}$	[0, 1]	Ochiai (1957)
8. Ochiai II (OII)	$\frac{ad}{\sqrt{\{(a+b)(a+c)(d+b)(d+c)\}}}$	[0, 1]	Ochiai (1957)

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชหรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม โดยใช้ค่า Similarity coefficient ดังนี้

กรณีใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบข่มสมบูรณ์ (Dominant Marker data) เช่น RAPD หรือ AFLP ควรใช้วิธี Jaccard's coefficient (J) (Chandra *et al*, 2001)

กรณีที่ใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบข่มร่วม (Co-dominance marker data) เช่น RFLP หรือ SSR ควรใช้วิธี Dice's coefficient (D หรือ SD) (Chandra et al, 2001) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Duarte *et al.* (1999) ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของถั่ว Common bean โดยใช้เทคนิค RAPD และเปรียบเทียบค่า similarity coefficient แบบต่างๆ กันเช่น Simple matching, Roger and Tanimoto, Anderberg, Russel and Rao, Jaccard, Sorensen-Dice, Ochiai และ Ochiai II โดยพบว่าค่า similarity coefficient จากวิธี orensen-Dice มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมากกว่าวิธี Jaccard's coefficient ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Raina *et al.* (2001) ที่วิเคราะห์ความหลากหลายและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงชนิดที่เป็นพันธุ์ป่าและพันธุ์ปลูก โดยใช้เทคนิค RAPD และ SSR และวิเคราะห์ค่าความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม โดยใช้วิธี Dice coefficient และ Nelson et al. (2006) ได้ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจัดกลุ่มถั่วลิสง (*Arachis Hypogaea L.*) โดยใช้เทคนิค RAPD และวิเคราะห์ค่าคล้ายคลึงทางพันธุกรรม โดยใช้วิธี Dice coefficient เช่นกัน แต่ Meyar *et al.* (2004) ได้กล่าวว่า การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบข่ม สมบูรณ์ (dominance

marker data) เช่น RAPD หรือ AFLP สามารถใช้ Jaccard's coefficient ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พืชได้ ซึ่งผลจากการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในข้าวโพด (Zea may L.) โดยใช้เทคนิค RAPD พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Dice coefficient และสามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพืช โดยใช้ค่า similarity coefficient ของ Ochiai (O) และ Anderberg (A) ได้อีกด้วย Meyer *et al*. (2004) ได้กล่าวอีกว่า วิธีการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพืชที่เหมาะสม ควรพิจารณาค่า Correlation (r), ค่า Degree of distortion % (D) และค่า Stree value (S) ประกอบการเลือกใช้วิธี similarity coefficient เพื่อให้ได้ tree ที่ถูกต้องที่สุด

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่ม ทำได้โดยการประเมินค่า cophenetic correlation coefficient ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงผลการจัดกลุ่มว่าดีเพียงใด ซึ่งดูได้จากองศาความเหมาะสมหรือค่า goodness of fit (r) โดยที่ถ้า $r \geq 0.9$ ถือว่าเหมาะสมมาก, $0.8 \geq r \geq 0.9$ ถือว่าเหมาะสม, $0.7 \geq r \geq 0.8$ ถือว่าเหมาะสมน้อย และ $r \geq 0.7$ ถือว่าเหมาะสมน้อยมาก (Rohlf, 1992) cophenetic correlation coefficient เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากความสอดคล้องกันระหว่างความแตกต่างและความเหมือนที่แสดงผลด้วยค่า phenogram-dendrogram กับเมตริกซ์ความห่างและความคล้ายคลึง ซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าในการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม วิธีการที่ให้ค่า cophenetic correlation coefficient สูง ถือว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์นั้น (Romesburg, 1984)

จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมควรประกอบด้วยอย่างน้อย 2 พันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมภายในกลุ่มน้อยกว่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของค่าเฉลี่ย และความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากกว่าความแตกต่างภายในกลุ่ม (Brown-Guedira *et al*., 2000) การตรวจสอบทางสถิติเช่นใช้ค่า Bootstrap จะช่วยหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกัญญา (2548) จากการศึกษาหาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวโดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี สามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารหอมในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ข้าวตัวอย่างปริมาณน้อยเพียง 0.5 กรัมการหาปริมาณสารหอมในเมล็ดข้าวพันธุ์ต่างๆ พบว่ามีปริมาณสารหอม 2-acetyl-1- pyrroline อยู่ในช่วง 0.022-0.443 ppm.

การศึกษาการสกัดกลิ่นหอมจากดอกกล้วยไม้ป่าเอื้องแซะโดยสุ่มเก็บดอกกล้วยไม้ป่าเอื้องแซะ (ประเทืองศรีและธวัชชัย, 2538) ทำการสกัดกลิ่น 3 วิธีการ คือการสกัดเย็น การกลั่น และวิธีตูดซับกลิ่น ผลการทดลองปรากฏว่า วิธีการสกัดเย็นด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ สามารถได้สารสกัดปริมาณมากที่สุดเมื่อตรวจสอบด้วย GC-MS

นันทฤทธิ์ (2548) สกัดน้ำหอมจากดอกเอื้องแซะ มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองทอง จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วย GC-MS พบสารสำคัญอย่างน้อย 18 ชนิด

Maydanyuk et al. (2007) ศึกษาเปรียบเทียบข้าวโพดสายพันธุ์ VIR-27 และ ChK-218 โดยใช้วิธีการของ SSR และ RAPD จากการศึกษาเปรียบเทียบชีววิทยาโมเลกุล พบความแตกต่างระหว่าง SSR เท่ากับ 26.9% และ RAPD เท่ากับ 21.7%

การศึกษาความหลากหลายของ SSR-base และผลผลิตของข้าวโพดไร่ในประเทศไทย Phumichai et al, (2008) วิเคราะห์ด้วย SSR 64 หมายเลข ในโครโมโซมทั้ง 10 แท่ง จำนวนแอลลีลโดยเฉลี่ยต่อ SSR เท่ากับ 4.98 ที่อยู่ในช่วง 2-11 มี polymorphic information content : PIC อยู่ในช่วง 0.24-0.89 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.69 ใช้ SSR-based บ่งบอกความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic distance : GD) โดยใช้โปรแกรม UPGMA สามารถจัดกลุ่มของข้าวโพดไร่ออกเป็น 3 กลุ่ม

ศรายุทธ (2543) การจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดโดยลักษณะทางพืชไร่และลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ของข้าวโพดผสมตัวเอง 1 ชั่ว (S_1) จำนวน 17 สายพันธุ์ โดยเทคนิค RAPD ประกอบด้วย primer 6 หมายเลข เพื่อจัดกลุ่มและจำแนกความแตกต่างของชิ้นส่วนดีเอ็นเอ พบ polymorphic DNA ที่เด่นชัด 2 ตำแหน่ง ประกอบด้วย OPF 20a-1050 และ OPF 20b-600 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจัดกลุ่มตามวิธี UPGMA ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ NTSYS-PC V. 2.02e ได้กลุ่มเชื้อพันธุกรรม 6 กลุ่ม ซึ่งมีค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมภายในกลุ่มมากที่สุดตั้งแต่ 1.000 จนถึงน้อยที่สุด 0.727

ชะบาและคณะ (2551) สกัด DNA จากใบข้าวโพดสดให้มีคุณภาพดี โดยประยุกต์ใช้วิธีสกัด DNA ของ Saghai-Maroof ร่วมกับวิธีการของ Rogers and Bendich โดยในขั้นตอนการเตรียม CTAB Extraction Buffer ใช้สารเคมีในรูปของแข็งและเพิ่มปริมาณสารเคมี (NaCl, EDTA 8.0, CTAB, BME) เป็น 2 เท่า สามารถสกัด DNA จากใบข้าวโพดสดได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพดี

ชะบาและคณะ (2547) ใช้เทคนิค simple sequence repeat (SSR) ตรวจ polymorphism ของ DNA ในข้าวโพด โดยนำเอา DNA มาเพิ่มปริมาณในส่วนของเบสที่ซ้ำกันเป็นชุด โดยใช้เทคนิค PCR-SSR พบว่า เมื่อใช้ Hot master Mix 2.5X ของ Eppendorf ปริมาตร 8 µl DNA ความเข้มข้น 50 ng และ SSR primers ความเข้มข้น 10 µl ในปริมาตรของปฏิกิริยา 20 µl โดยกำหนด Thermocycling program จำนวน 35 รอบ ที่อุณหภูมิและเวลาดังนี้คือ denaturation 94°C เวลา 1 นาที annealing เท่ากับค่า Temperature melting (Tm) ของแต่ละ SSR primers เวลา 1 นาที และ extension 72°C เวลา 2 นาที สามารถเพิ่มปริมาณ DNA ได้ดีและแยกขนาด DNA บน 4% agarose gels โดยใช้กระแสไฟฟ้า 90 โวลต์ เวลา 2-6 ช.ม. สามารถตรวจสอบ polymorphism ได้จากแถบ DNA ที่แตกต่างกัน

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

สถานที่ดำเนินงานวิจัย

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

- แปลงทดลองพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
- สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (IQS) อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

การทดลองที่ 2 การจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

- ห้องปฏิบัติการทางโมเลกุลเครื่องหมาย (อาจารย์ ดร.ชะบา จำปาทอง) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 298 ถ. มิตรภาพ ต. กลางดง อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา

พันธุ์ข้าวโพดหวาน

- พันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า ที่นำมาศึกษาจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่

1. พันธุ์ # 4058	จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. พันธุ์ # 5840	จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. พันธุ์ Wan Maejo 72	จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้
4. พันธุ์ Insee 2	จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. พันธุ์ KSSC 604	จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. พันธุ์ ATS 5	จากบริษัท ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด
7. พันธุ์ ATS 8	จากบริษัท ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด
8. พันธุ์ Ex 30442689	จากบริษัทมอนซานโต้
9. พันธุ์ Golden Sweeter	จากบริษัทมอนซานโต้
10. พันธุ์ WIN 999	จากบริษัทมอนซานโต้

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการตรวจสอบหาชนิดและปริมาณสารความหอม

- สารเคมีที่ใช้เพื่อการตรวจสอบหาชนิดและปริมาณสารความหอม

1. Hydrochloric acid หรือ HCl 1 mol/L
2. Dichloromethane
3. Sodium hydroxide 5 mol/L
4. Sodium sulfate anhydrous
5. Helium gas

- อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการตรวจสอบหาชนิดและปริมาณสารความหอม

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. กระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml
4. บีกเกอร์ขนาด 50 ml, 100 ml, 200 ml, 250 ml และ 500 ml
5. ขวดขนาดเล็ก (Vial)
6. กระบอกฉีดยา (Syringe)
7. กรวยแยก (separatory funnel)
8. ขาตั้งกรวยแยก (ring stand)
9. เครื่องปั่นละเอียด
10. ตู้เย็นเก็บสาร –20°C
11. Magnetic stirrer
12. pH meter
13. เครื่องระเหยความดันต่ำ (Rotary vacuum Evaporator) Buchi/R-114; Switzerland
14. Gas chromatography; Agilent; U.S. GC System 6890m
15. Mass spectrometer; Agilent; U.S. MS 5973 Column (HP-5 MS) 30m x 0.25mm ID x 0.25mm

วิธีการทดลอง

- การสกัดสารหอมจากเมล็ดข้าวโพดหวาน ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 mol/L

เริ่มโดยนำเมล็ดข้าวโพดหวานสดมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้ว น้ำหนัก 100 (g) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 mol/L ปริมาตร 200 ml คนอย่างสม่ำเสมอด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก นาน 90 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดหวานตกตะกอนจนได้สารละลายใส แล้วนำสารละลายปริมาตร 50 ml มาทำให้เป็นเบสด้วยสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 5.0 mol/L แล้วสกัดต่อทันทีด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ Dichloromethane ปริมาตร 150 ml สองครั้ง ด้วยกรวยสกัด แยกเก็บชั้นของตัวทำละลาย Dichloromethane มารวมกันแล้วจึงเติม Sodium sulfate anhydrous เพื่อกำจัดน้ำและนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกรองเอา sodium sulfate anhydrous ออก ทำการทดลองทั้งหมด 8 ครั้ง แล้วจึงนำสารละลายมารวมกันและนำมาระเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้ เครื่องหมุนระเหยความดันต่ำ (Rotary vacuum Evaporator) Buchi/R-114; Switzerland ที่อุณหภูมิ 45°C ความเร็ว 70 รอบต่อนาที จนเหลือปริมาตร 1.00 ml แล้วจึงนำสารละลายมาบรรจุเก็บในขวดเก็บตัวอย่างโดยไม่ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเหลือปริมาตร 0.25 ml

- การวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS)

เครื่อง GC-MS : Agilent U.S; GC System 6890m และ Agilent U.S; MS 5973 Column (HP-5 MS) 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 mm หลังจากทดลอบ Condition มา 2-3 วิธีได้สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังนี้

เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

อุณหภูมินำเข้า	250	(องศาเซลเซียส)
โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์		
อุณหภูมิเริ่มต้น 1	45	องศาเซลเซียส
อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ	5	องศาเซลเซียสต่อนาที
อัตราอุณหภูมิคงที่	3	นาที
อุณหภูมิที่ 2	60	องศาเซลเซียส
อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ	10	องศาเซลเซียสต่อนาที
อุณหภูมิสุดท้าย	250	องศาเซลเซียส
คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย	10	นาที

อัตราการไหลของก๊าซฮีเลี่ยม	1	มิลลิเมตรต่อนาที
ปริมาณสารที่ฉีด	1	ไมโครลิตร

เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์

อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ 250°C

วิธีการผลิตไอออน Electrons Impact Ionization (EI)

พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน	70	อิเล็กตรอนโวลต์
อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน	250	องศาเซลเซียส

- การแปลผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารความหอมและองค์ประกอบต่างๆ

การแปลผลการวิเคราะห์ ทำได้โดยนำแมสสเปคตรัมของสารที่ได้เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของสารมาตรฐานที่บันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เรียกว่า Library search software มี 2 แบบ ได้แก่

Public library : G1035A Wiley Library (Wiley7)

Public library : National Institute of Standards and Technology, NIST NIST02 Mass Spectral Library

การทดลองที่ 2 การจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรม

- สารเคมีที่ใช้เพื่อการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยอาศัยเครื่องหมาย SSR markers

1. เครื่องหมาย SSR primers 30 primer [Primer F (5 µM), Primer R (5 µM)]
2. GoTaq® Green Master Mix 2 X (Promega)
3. CTAB extraction buffer
4. Absolute ethanol
5. Sodium chloride
6. Phenol
7. Chloroform/Octanol (24/1)
8. WASH 2
9. Agarose
10. DNA ladder

11. Ethidium bromide
12. 2.5 Metaphor
13. 1.5 Seakem
14. 1X TBE buffer
15. Master Mix
16. RNAse A
17. TE buffer pH 8.0
18. Iso-Propanol
19. dH_2O
20. 1M Tris7.5
21. 5M NaCl
22. 0.5M EDTA 8.0
23. 14M BME[2]

- อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยอาศัยเครื่องหมาย SSR markers

1. ใบข้าวโพดหวานที่ใช้ศึกษาอายุ 15 วัน
2. ชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพและบันทึกรูปแบบของแถบดีเอ็นเอ (UV-transiluminator 302 nm)
3. ชุดอุปกรณ์แยกดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้า
4. เครื่อง PCR รุ่น 2700 หรือ MJ PCR
5. Biophotometer ความยาวคลื่น 260 และ 280 นาโนเมตร
6. ตู้อบไฟฟ้า (Incubator)
7. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) และ Mini Centrifuge
8. Autoclave
9. ชุดโกร่งบดยา
10. Ultrasonic Cleaners
11. Power supply
12. Microwave
13. ตู้เย็นเก็บสารเคมี –20°C
14. Micro pipette, Auto pipette, Pasture pipette
15. Multi channel-pipette

16. Hot plate stirrer
17. Vortex mixer
18. Plastic boat
19. Flask
20. ถาดล้างเจล
21. Gel tray
22. หลอดทดลอง centrifuge ขนาด 15 ml
23. หลอดพลาสติกขนาด 5 ml
24. PCR plate ขนาด 96 หลุม พร้อมแผ่นยางปิดหลุม
25. อุปกรณ์เก็บข้อมูล SSR primer ที่แสดงแถบ DNA

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการสกัดดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอนเอจากตัวอย่างต้นอ่อนและใบอ่อนสดของข้าวโพด เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 2 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างใบอ่อนข้าวโพดใส่ในถุงตาข่ายพลาสติก ทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว โดยใช้เครื่อง Freeze dry ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง นำมาสกัดดีเอ็นเอ (ชะบา, 2551) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำใบข้าวโพดสดที่แช่แข็งไว้ประมาณ 0.3-0.4 กรัม หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในเครื่องบดยาและบดให้ ละเอียดเป็นผง บรรจุลงในหลอด centrifuge ขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติม CTAB buffer อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ในตู้ดูดควัน) จำนวน 8-9 มิลลิลิตร เขย่าให้ CTAB extraction buffer กับผงใบข้าวโพดผสมเป็นเนื้อ เดียวกัน โดยใช้ Vortex และกลับหลอดขึ้นลงแรงๆ

2. นำไปไว้ในตู้อบอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยวางบน Rocker เพื่อเขย่าหลอดไปมา เวลาที่ใช้ไม่ควรเกิน 90 นาที เพราะจะทำให้ปริมาณ ดีเอ็นเอที่สกัดได้ลดลง

3. นำหลอดออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ 4-5 นาที เพื่อให้อุณหภูมิลดลง จากนั้นเติม Chloroform: Octanol (24:1) จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยวางบน Rocker หรือกลับหลอดขึ้นลง ประมาณ 10 นาที

4. นำไปปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง Centrifuge ความเร็ว 3,400 rpm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เพื่อ แยกส่วนที่เป็นของเหลวและตะกอนออกจากกัน

5. เทของเหลวส่วนบนใส่ลงในหลอดใหม่ เติม Chloroform: Octanol (24:1) จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสม ให้เข้ากันด้วยการวางบน Rocker หรือกลับหลอดขึ้นลงประมาณ 10 นาที

6. นำไปปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง Centrifuge ความเร็ว 3,400 rpm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกชั้นของดีเอ็นเอ และชั้นของ Chloroform ออกจากกัน

7. ใช้ Pasture pipette ดูดของเหลวส่วนบนใส่ลงในหลอดใหม่ ที่มี RnaseA (10 mg/ml) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

8. เติม Iso-propanol (2-propanol) ที่เย็นจัด จำนวน 6 มิลลิลิตร (ก่อนใช้เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง) เขย่าให้เข้ากันเบาๆ ดีเอ็นเอจะรวมตัวกันตกตะกอนออกมา ใช้แท่งแก้วปลายงอ ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วเกี่ยวดีเอ็นเอขึ้นมา

9. นำดีเอ็นเอที่ได้ใส่ลงในหลอดพลาสติก ขนาด 5 มิลลิลิตร ซึ่งมี TE buffer pH 8.0 จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอดไปมาประมาณ 2 ชั่วโมงหรือทิ้งไว้ข้ามคืนบน Rocker ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ดีเอ็นเอละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

10. นำไปปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง Centrifuge ความเร็ว 3,400 rpm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้ของเหลวที่ติดอยู่บริเวณฝาปิดและด้านข้างหลอดลงมาอยู่ที่ก้นหลอด

11. นำมาเติม Phenol จำนวน 1 มิลลิลิตร (1 เท่าของปริมาตร TE) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 3,400 rpm เป็นเวลา 10 นาที

12. ดูดของเหลวส่วนบนใส่ลงในหลอดใหม่ จากนั้นเติม Chloroform : Octanol (24:1) จำนวน 1 มิลลิลิตร (1 เท่าของปริมาตร TE) เพื่อกำจัด Phenol ที่อาจติดอยู่ออกไป นำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่ความเร็ว 3,400 rpm เป็นเวลา 10 นาที

13. ดูดของเหลวส่วนบนใส่หลอดใหม่ จากนั้นเติม Sodium chloride เข้มข้น 5 โมลาร์ จำนวน 50 ไมโครลิตร และ absolute ethanol จำนวน 2.5 มิลลิลิตร (2.5 เท่าของปริมาตร TE) จากนั้นผสมให้เข้ากัน โดยทำการกลับหลอดไปมาเพื่อทำให้ดีเอ็นเอตกตะกอน

14. ใช้แท่งแก้วปลายงอที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วเกี่ยวดีเอ็นเอขึ้นมาจุ่มลงใน WASH 2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซึ่งอยู่หลอดขนาด 15 มิลลิลิตร เพื่อทำการล้างดีเอ็นเอให้สะอาด

15. ตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้งหมาด ๆ (Air dry) จากนั้นนำดีเอ็นเอใส่หลอดพลาสติกขนาด 5 มิลลิลิตร ซึ่งมี TE pH 8.0 จำนวน 0.3 - 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอดไปมาประมาณ 2 ชั่วโมงหรือทิ้งไว้ข้ามคืนบน Rocker ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ดีเอ็นเอละลาย จากนั้นเก็บตัวอย่างดีเอ็นเอไว้ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

16. นำสารละลายดีเอ็นเอที่สกัดได้จากต้นอ่อนและใบอ่อนข้าวโพดหวานอายุ 2 สัปดาห์ไปวัดปริมาณ โดยละลายดีเอ็นเอให้เจือจางด้วย TE buffer pH 8 (dilution 1:50) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 นาโนเมตร และทำการคำนวณหาความเข้มข้นและปรับความเข้มข้นของดีเอ็นเอให้มีความเข้มข้น 20 นาโนกรัม/ไมโครลิตร

- การเลือกเครื่องหมายโมเลกุล (Molecular Marker)

ใช้โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker มีความยาว 20-25 นิวคลีโอไทด์ กระจายตัวทั้ง 10 โครโมโซม โดยแต่ละโครโมโซมมี 1-4 เครื่องหมายโมเลกุล (ตาราง 2)

- การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของข้าวโพดหวาน โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR)

1. การเตรียม Master Mix ต่อ 1 ปฏิกิริยา

- GoTaq® Green Master Mix 2 X (Promega)	7.5	µl
- dH_2O	0.5	µl
- Primer F (5 µM)	1.5	µl
- Primer R (5 µM)	1.5	µl
- DNA (20 ng/µl)	4.0	µl
รวม	15.0	µl

2. แบ่ง Master Mix ใส่ plastic boat
3. เติม Genomic DNA (20 ng/µl) ปริมาตร 4 µl ลงในแต่ละหลุมของ PCR plate
4. ใช้ Multi channel-pipette ดูด Master Mix ปริมาตร 11 µl ใส่ในแต่ละหลุมของ PCR plate ขนาด 96 หลุม
5. ปิดปากหลุมด้วยแผ่นยาง
6. นำไปเข้าเครื่อง PCR เพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยกำหนด PCR cycles ดังนี้

94°C	2 min; 1 cycle	
94°C	1 min	30 cycle
52°C – 64 °C*	2 min	30 cycle
72°C	2 min	30 cycle
72°C	5 min; 1 cycle	
4°C	∝	

* ขึ้นกับค่า Temperature melting (TM) ของ primers

- การเตรียม 4% (2.5 Metaphor: 1.5 Seakem) agarose gel

1. ใส่ 1X TBE buffer ปริมาตร 200 ml ลงใน Flask
2. เติม 4% (2.5 Metaphore : 1.5 Seakem) agarose จำนวน 5 กรัม:3 กรัม

3. นำไปปั่นช้าๆ ด้วยเครื่องกวนประมาณ 30 นาที
4. ปิดปาก Flask ด้วยพลาสติกใส เจาะรูประมาณ 2-3 รู เพื่อระบายความร้อน
5. นำไปเข้า microwave ในระดับ medium ประมาณ 5-6 นาที จนเดือด สลับกับนำมาปั่นช้าๆ ด้วยเครื่องกวนจน agarose ละลายหมด
6. ปั่นช้าๆ ด้วยเครื่องกวนอีกครั้งจนอุณหภูมิลดลงประมาณ 60°C (ใช้เวลาประมาณ 15 นาที หรือจนฟองอากาศหายหมด)
7. เท agarose ที่ละลายดีลงใน gel tray ที่เตรียมไว้ ประมาณ 1 ชั่วโมง agarose จะแข็งตัว จึงนำไปใช้ (ถ้าจะเก็บค้างคืนควรเก็บที่ 4°C โดยใส่ในถุงพลาสติก)

- การใช้กระแสไฟฟ้าแยกขนาดของดีเอ็นเอ

1. ใช้ 1X TBE buffer เป็น running buffer
2. ใช้ Micro pipette ดูด PCR product 20 μl จาก plate ขนาด 96 หลุม ปล่อยลงในแต่ละหลุมของช่องหวีใน 4% (2.5 Metaphore : 1.5 Seakem) agarose gel (ใช้ 1000 bp ladder 1 μl ความเข้มข้น 500 μg/ml เป็น standard marker)
3. ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวล์ต ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ในการแยกขนาดของดีเอ็นเอ

- การย้อม แถบดีเอ็นเอ

ย้อมเจลด้วย Ethidium bromide (10 mg/ml ปริมาตร 150 μl) ในน้ำกลั่น 700 ml นานประมาณ 20 นาที เขย่าเบาๆ ตลอดเวลา ล้างเจลด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 นาที (ระยะเวลาขึ้นกับจำนวนครั้งของเจลที่นำมาใช้ใหม่) อ่านแถบดีเอ็นเอโดยนำเจลไปส่องดูแถบดีเอ็นเอภายใต้แสง UV ด้วยเครื่อง GelDoc ความยาวคลื่น 302 นาโนเมตร บันทึกภาพไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

- การบันทึกข้อมูล

พิจารณาการปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จากไพรเมอร์ที่แสดงความแตกต่างทางพันธุกรรม (Polymorphic band) ซึ่งกำหนดให้ค่าเป็น 1 และ 0 ตามลำดับ

- การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากไพรเมอร์ที่สามารถแสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ (Polymorphism) ได้ ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้าวโพดหวานโดยวิธี UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetical Averages) และจัดกลุ่มความคล้ายคลึงของ

ข้าวโพดหวานที่ศึกษาแบบ Jaccard's coefficient (J) จากโปรแกรม NTSYS-pc2.2 (Numerical Taxonomy and Systematic Personal Computer)

เปรียบเทียบผลจากการจัดกลุ่มข้าวโพดหวานที่ใช้ศึกษาทั้ง 10 พันธุ์ โดย เทคนิค Simple sequences repeat (SSR) กับผลการจัดกลุ่มข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์โดยอาศัยค่าความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม (Similarity Coefficient)

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

เวลา	เริ่มดำเนินการ	เดือนมิถุนายน 2551
	สิ้นสุดการดำเนินการ	เดือนธันวาคม 2552

ตาราง 2 โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker, ลำดับเบสของเครื่องหมาย SSR Marker และ Temperature melting (TM) ของ SSR Marker ที่ใช้ในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน 10 พันธุ์ ในระดับโมเลกุล

Chro	bin	Primers	Forward Primer	Reverse Primer	An Temp.
1	1.00	**umc1354**	GATCAGCCCGTTCAGCAAGTT	GAGTGGAGGCGGAGGATCTG	59°C
1	1.01	**bnlg1112**	GTGAGAATCCTTCAGCGGAG	CTGTGGCAGATGTGGTATGG	59°C
1	1.09	**bnlg1331**	TGGTGATAACTGTCAAGCGC	TTGGGGCATTGGCCTATATA	60°C
1	1.11	**umc2241**	CGTGATCGACATGGACCACTT	CACCATCACATTCACACGCATAG	60°C
2	2.01	**bnlg1338**	GTGCAGAATGCAGGCAATAG	GCAAATGTTTTCACACACACG	63°C
2	2.03	**umc2246**	AGGCTCCAGCTCTAGGGGAGT	GTGAACTGTAGCGTGGAGTTGT	62°C
2	2.06	**umc1080**	GAGGAGAAAAGGAGATGGAAAAGC	AGATGCCGCAGAAGATTCTAAACA	60 °C
2	2.09	**umc1256**	CATCTCGACCTTTGACTATTCTCCT	AGAAGACGATGATGATGATGCAGA	58°C
3	3.02	**umc2258**	AGGTAAGACCAGACAGCACCGAAC	AAGATTGTATAAATGGCAGCCACG	58°C
3	3.04	**bnlg1452**	CTCCTCTCCTCCACGATCAC	CGCAAACGATCTCTGACCTT	59°C
3	3.09	**umc1640**	CTCCCTTCGTCTCCCGACTC	CAGATCGGCTCAGCCACAAC	56°C
4	4.01	**umc1759**	GTGAGGAGAGGAGACGGAGAGAG	GAAGCTCCTGTGGAACGTGTG	56°C
4	4.05	**nc005**	CCTCTACTCGCCAGTCGC	TTTGGTCAGATTTGAGCACG	63°C
5	5.01	**phi024**	ACTGTTCCACCAAACCAAGCCGAGA	AGTAGGGGTTGGGGATCTCCTCC	60°C

ตาราง 2 (ต่อ) โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker, ลำดับเบสของเครื่องหมาย SSR Marker และ Temperature melting (TM) ของ SSR Marker ที่ใช้ในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน 10 พันธุ์ ในระดับโมเลกุล

Chro	bin	Primers	Forward Primer	Reverse Primer	An Temp.
6	6.00	**umc1883**	GAATAATCAATCCATCGATCTCGC	AACTGCTGTGGATGAAAGAGGAAG	60°C
6	6.04	**umc1014**	GAAAGTCGATCGAGAGACCCTG	CCCTCTCTTCACCCCTTCCTT	64°C
6	6.08	**umc2059**	GGAAAAGGAGGAACAGTGTAAGCA	AGCGTGATCAGACGTACAATGCTA	59°C
7	7.04	**umc2332**	GTCGGAGAAGGAGCTACTGAGCTA	CACAGGTACGTCTGGATGCTGT	64°C
7	7.04	**bnlg1666**	GCTGGTAGCTTTCAGATGGC	TGTCCCTCCTCCAGTTTCAC	62°C
8	8.02	**bnlg2289**	CAGCACCACCCAGTTAACCAC	GGCTCCGATTCACTTGATGC	60°C
8	8.03	**bnlg1863**	GGCGTTCGTTTTGCACTAAT	CGACACAGTTGACATCAGGG	60°C
8	8.06	**bnlg1031**	AATCGGTGAGGCTTCACAAC	ATGCCTACCTACCACCATGC	58°C
8	8.08	**phi080**	CACCCGATGCAACTTGCGTAGA	TCGTCACGTTCCACGACATCAC	60°C
9	9.03	**umc1634**	TCCGTTGAGGACACTCGAATTTAT	GTAGCCTGCAAAACATCCAAGAAC	56°C
9	9.05	**umc1078**	AGGCACTAGCAGGCGAGAGG	GCGTAGTAACATCCATCCAACCAA	60°C
9	9.08	**umc1505**	TTACACAGAAGCCCATTTGAAGGT	GGATGGTTGTTGGTGGTGTAGAAT	60°C
10	10.02	**umc1152**	CCGAAGATAACCAAACAATAATAG TAGG	ACTGTACGCCTCCCCTTCTC	56°C
10	10.03	**bnlg1079**	CGTACGTCGTTGCTGTCTGT	CAGTACGTGCAGTCCCTCCT	60°C
10	10.05	**umc1506**	AAAAGAAACATGTTCAGTCGAGCG	ATAAAGGTTGGCAAAACGTAGCCT	61°C
10	10.07	**bnlg1450**	ACAGCTCTTCTTGGCATCGT	GACTTTGCTGGTCAGCTGGT	56°C

Note : Chro = Chromosome number 1 ถึง 10

bin = Primer จำเพาะในแต่ละตำแหน่งของโครโมโซม 1 ถึง 10

An Temp. = Temperature melting (TM) ของ primers

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การอาศัยเทคนิค GC-MS เพื่อการตรวจสอบสารความหอมในข้าวโพดหวานต่างพันธุ์กัน

4.1.1 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 13.194 ถึง 32.511 นาที (ภาพ 1) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 19 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 0.88 ถึง 26.64% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีชนิดของสารความหอม 10 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol และ ethanol

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate, methyl ester และ bis (2-ethylhexyl) phthalate

สารหอมในกลุ่มของ Nitrogen-containing compound ได้แก่ diethyltoluamide

สารหอมในกลุ่มของ Carboxylic acid ได้แก่ 9-octadecenoic acid

และสารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-pentanone

สารหอมทั้ง 10 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ได้แก่

1) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 14.047 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 2) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 3) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม phenylethyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 26.64% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

2) 1-nonen-4-ol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 15.237 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 142.14 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 5) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม 1-nonen-4-ol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.47% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

3) 1-penten-3-ol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 18.412 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 100.09 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 7) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม 1-penten-3-ol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.92% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

4) diethyltoluamide ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 21.136 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 191.13 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 8) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 9) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม diethyltoluamide ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.20% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

5) 2-pentanone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 22.492 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 222.20 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 10) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 11) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม 2-pentanone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.15% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

6) ethanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 22.647 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 230.22 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 12)

เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 13) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม ethanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.88% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

7) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 25.330 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 14) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 15) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 8.24% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

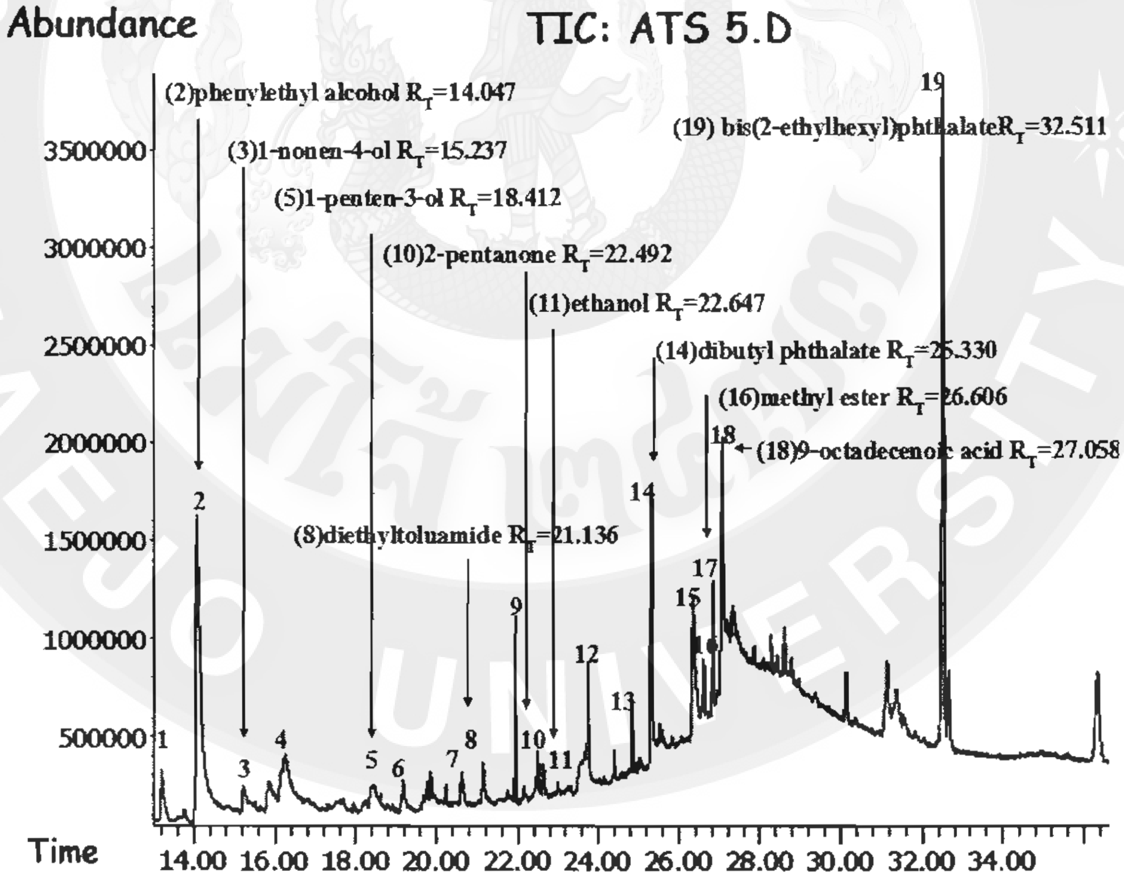
8) methyl ester ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 26.606 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 296.27 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 16) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 17) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 97% และพบว่าสารหอม methyl ester ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.88% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

และนอกจากนี้ ยังพบ methyl ester ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.844 และ 26.829 นาที มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) 270.26 และ 298.29 ตามลำดับ (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และ 96% ตามลำดับ และพบว่าสารหอม methyl ester ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.27% และ 2.43% ตามลำดับของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

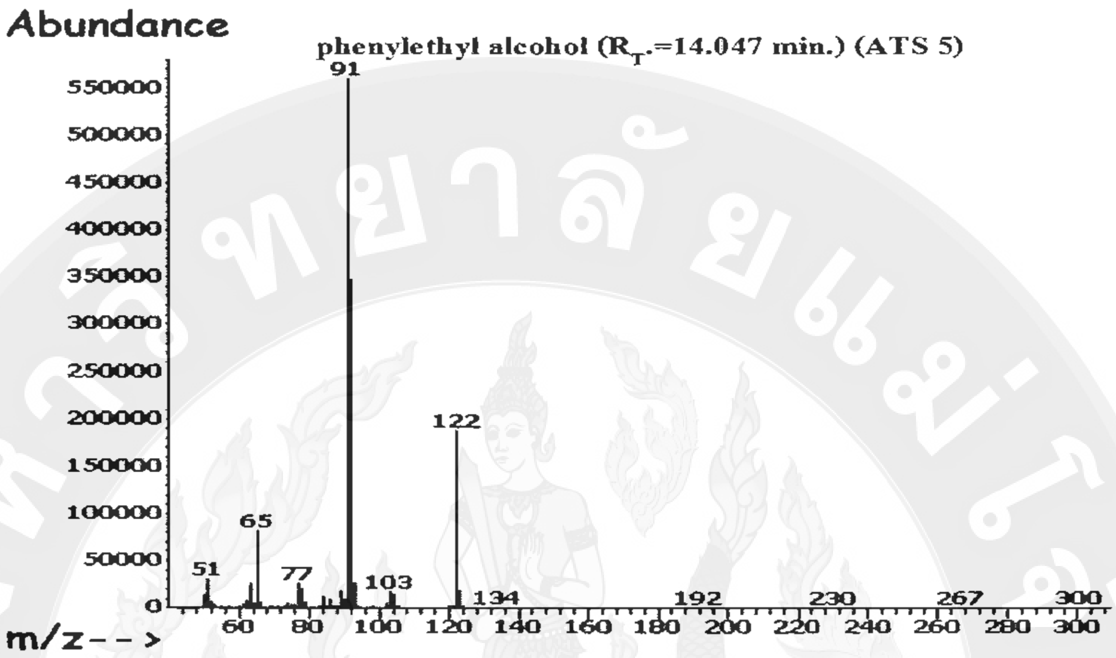
9) 9-octadecenoic acid ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 27.058 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 282.26 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 18) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 19) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐาน

ในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม 9-octadecenoic acid ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 9.84% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)

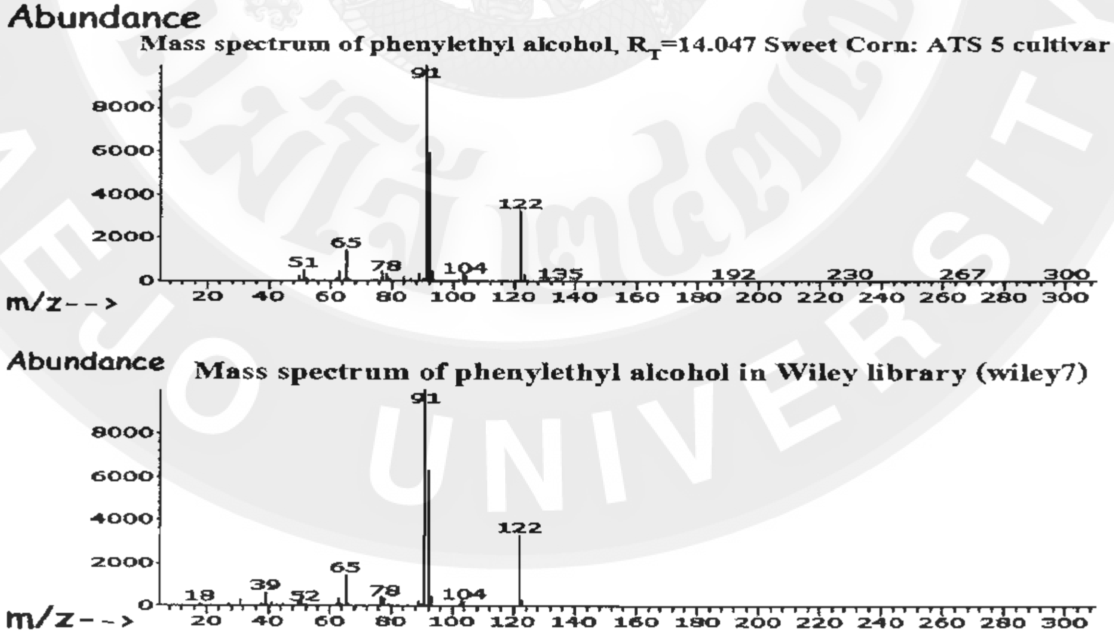
10) bis(2-ethylhexyl)phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 32.511 นาที (ภาพ 1) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 390.28 (ตาราง 3) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 20) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 21) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม bis(2-ethylhexyl) phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 25.71% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 3)



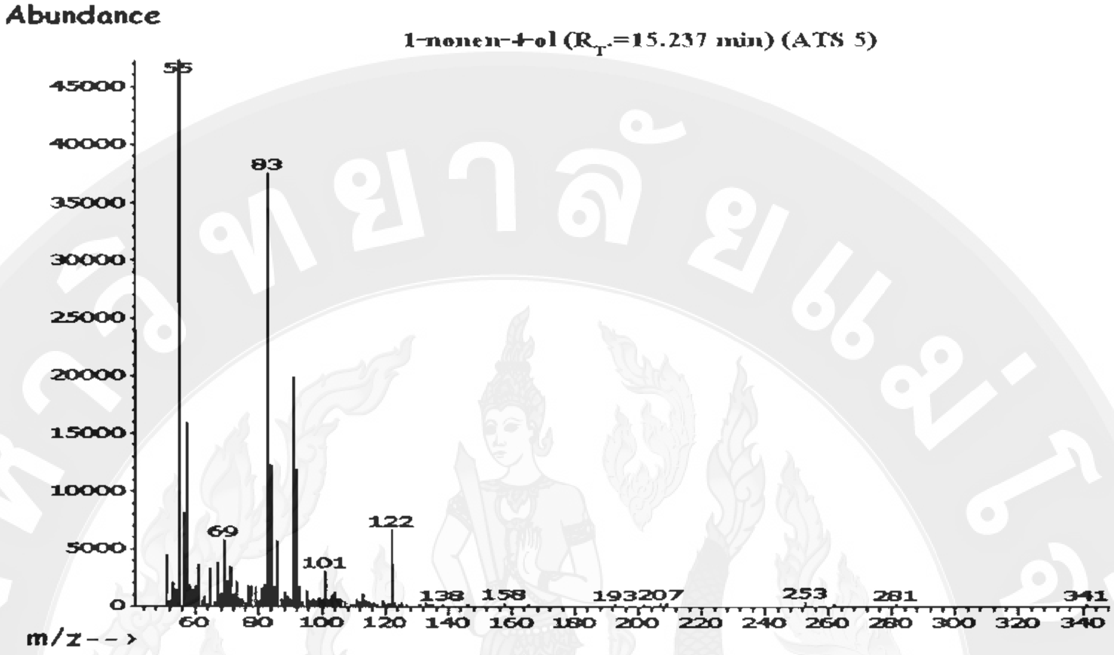
ภาพ 1 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 19 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



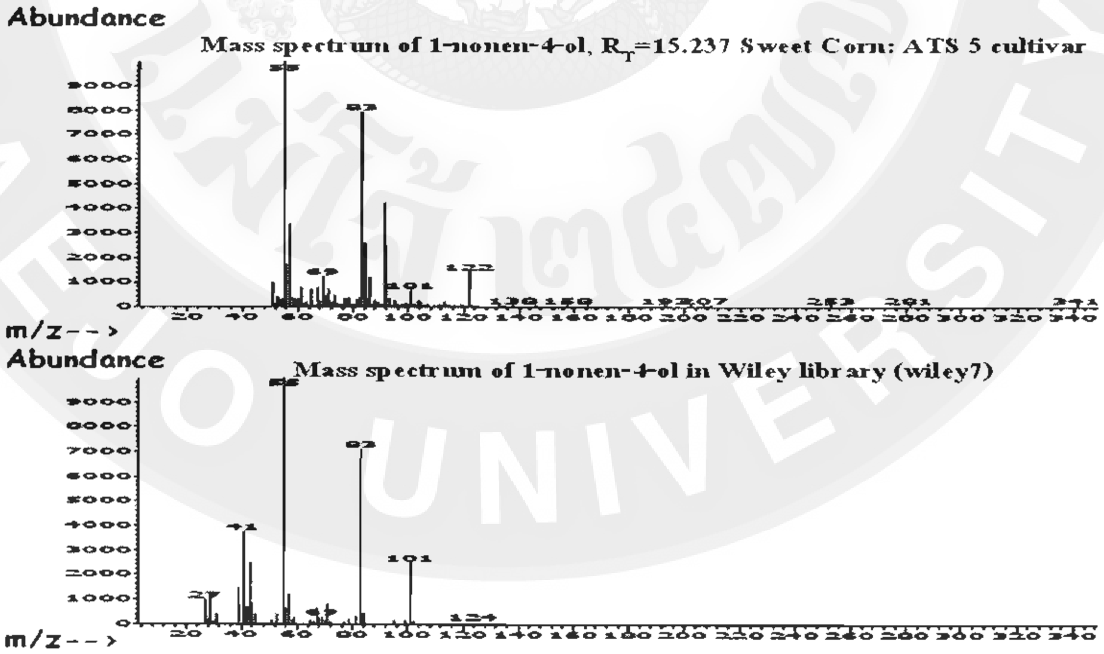
ภาพ 2 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 14.047 นาที



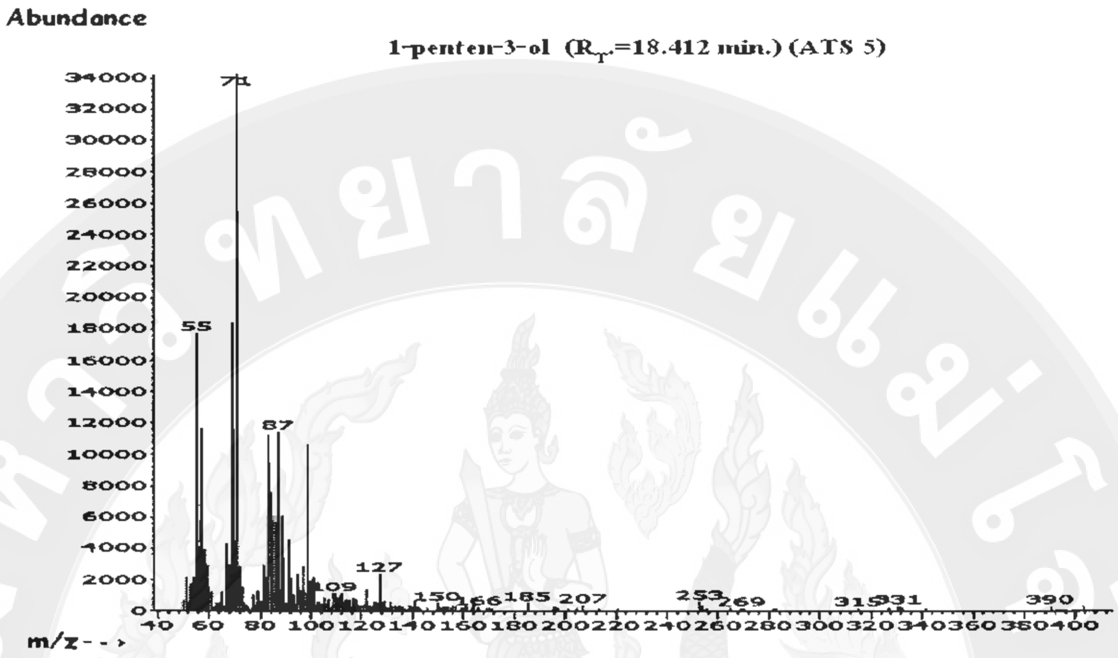
ภาพ 3 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 14.047 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



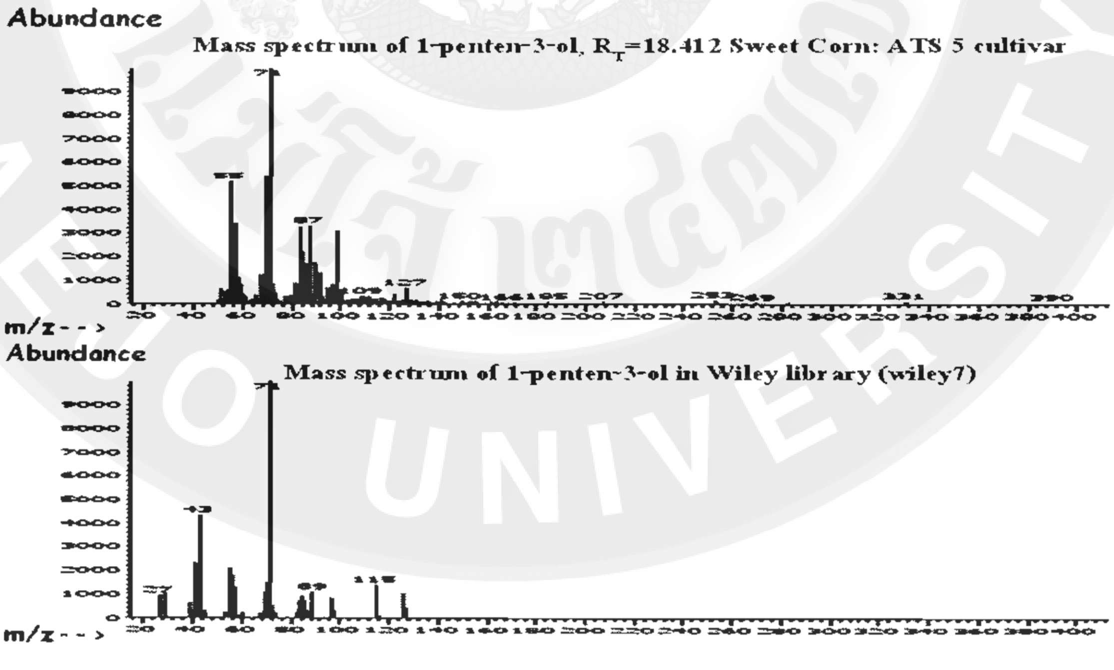
ภาพ 4 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-nonen-4-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 15.237 นาที



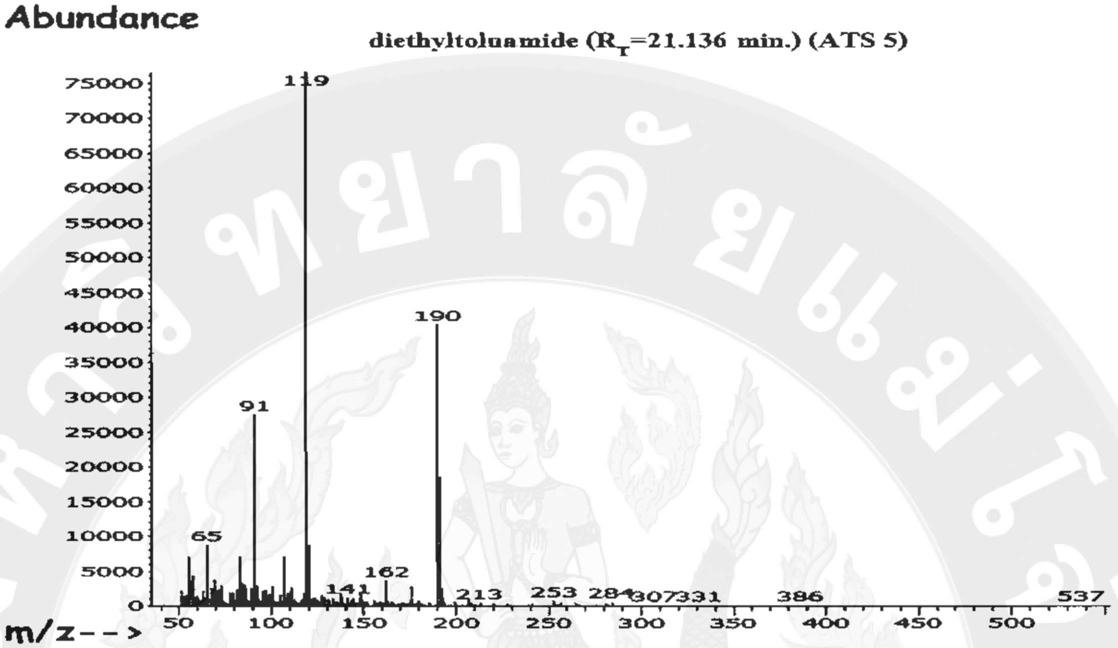
ภาพ 5 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 15.237 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-nonen-4-ol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



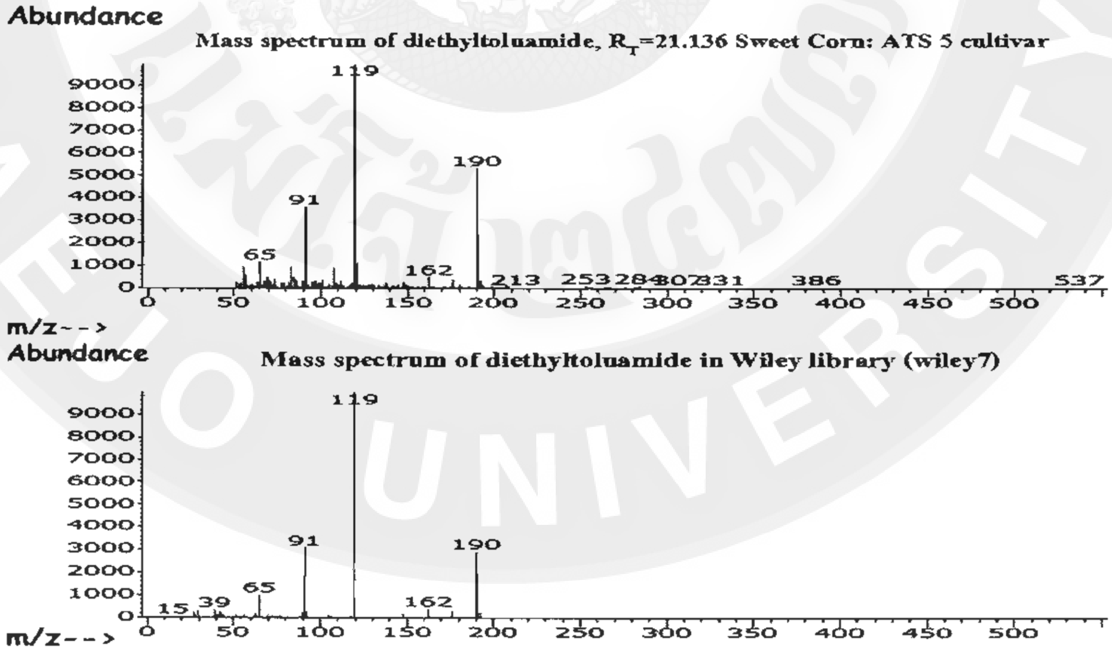
ภาพ 6 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-penten-3-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 18.412 นาที



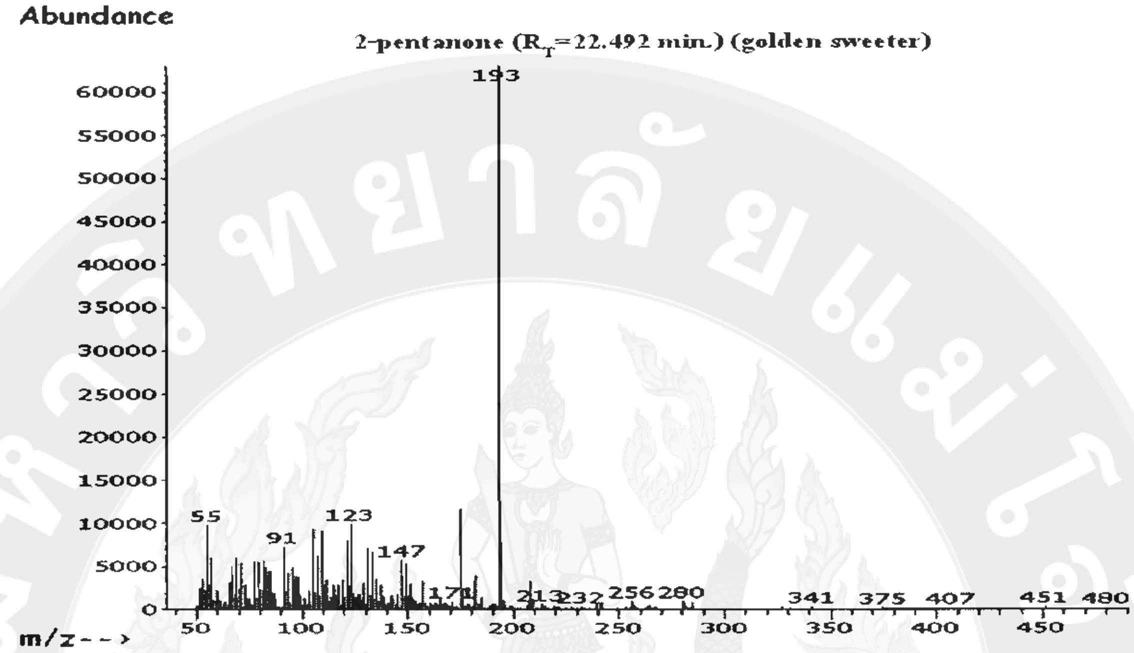
ภาพ 7 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 18.412 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-penten-3-ol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



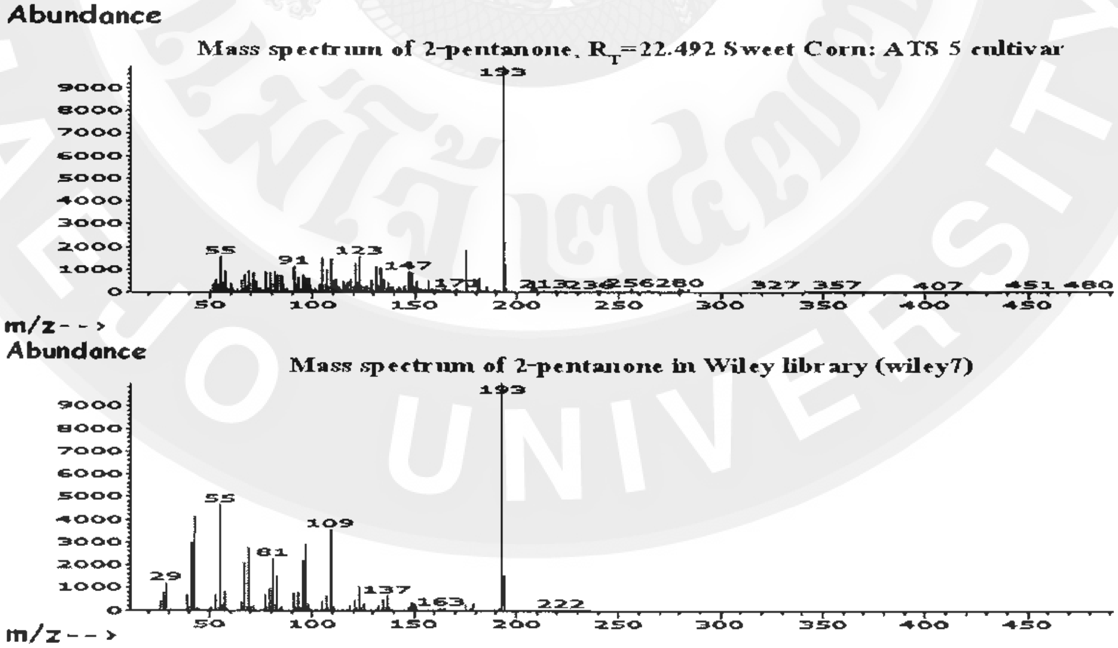
ภาพ 8 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.136 นาที



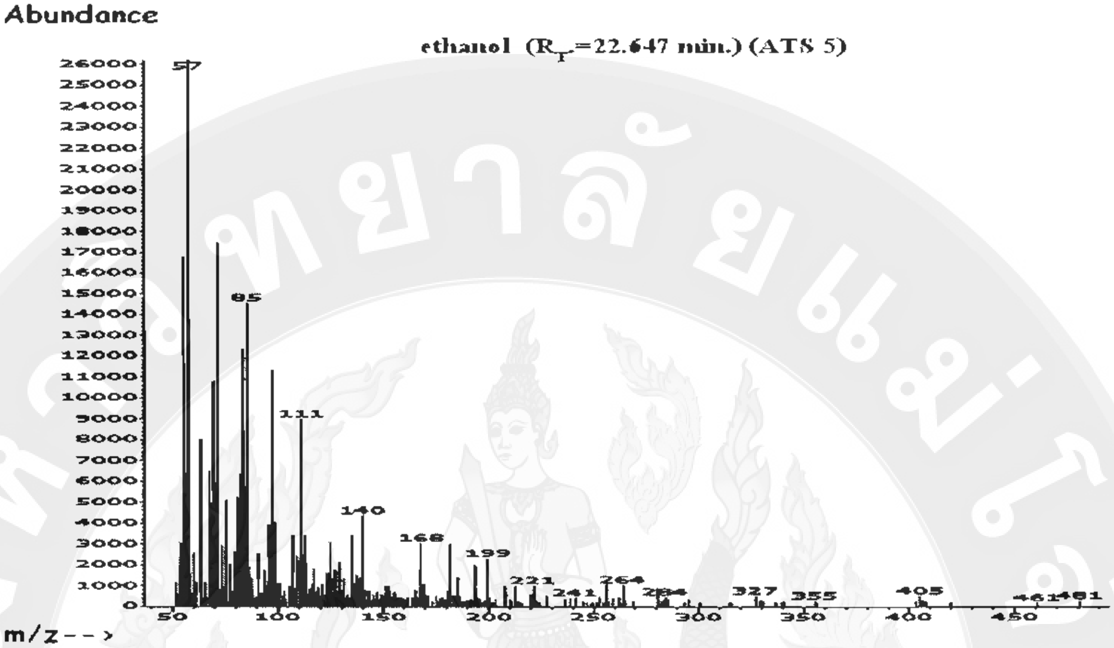
ภาพ 9 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 21.136 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



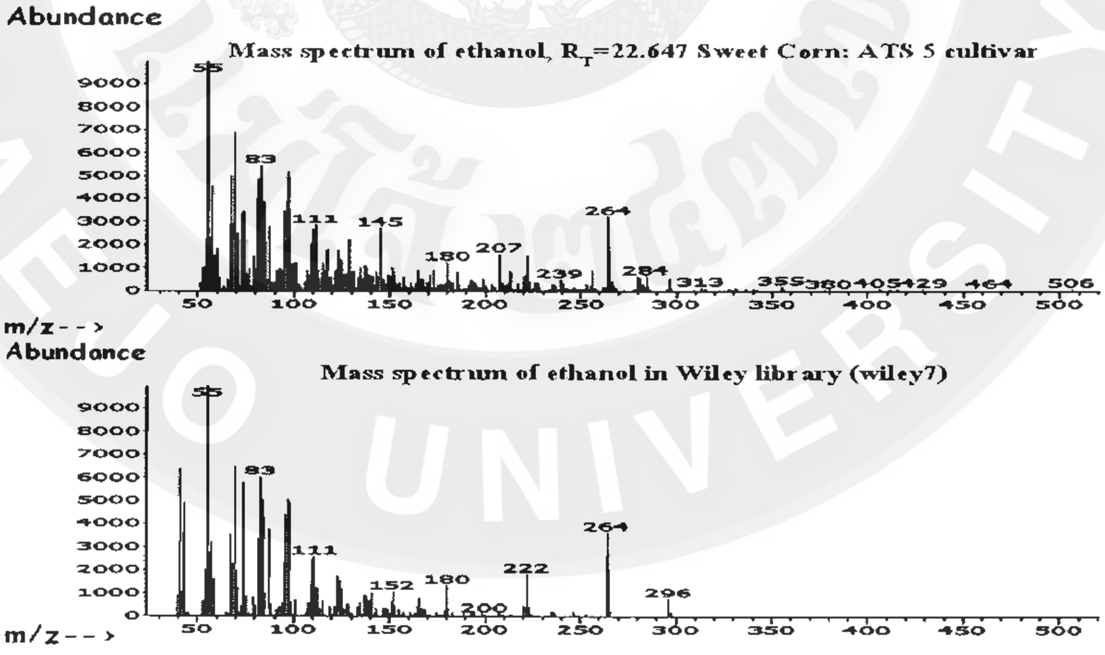
ภาพ 10 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.492 นาที



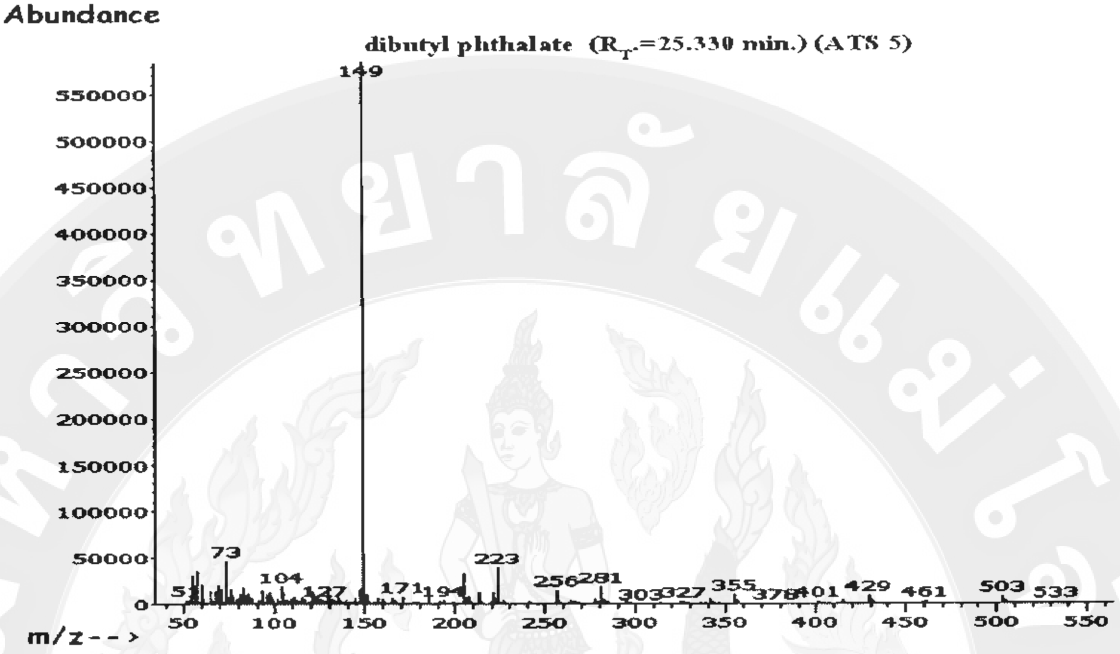
ภาพ 11 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 22.492 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



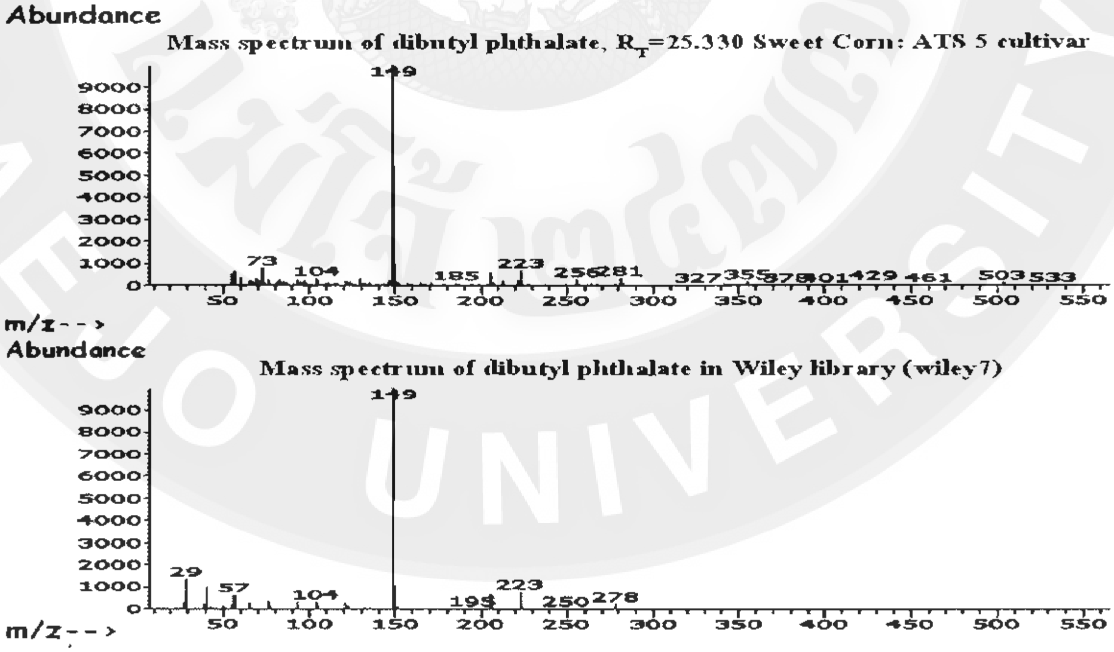
ภาพ 12 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ ethanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.647 นาที



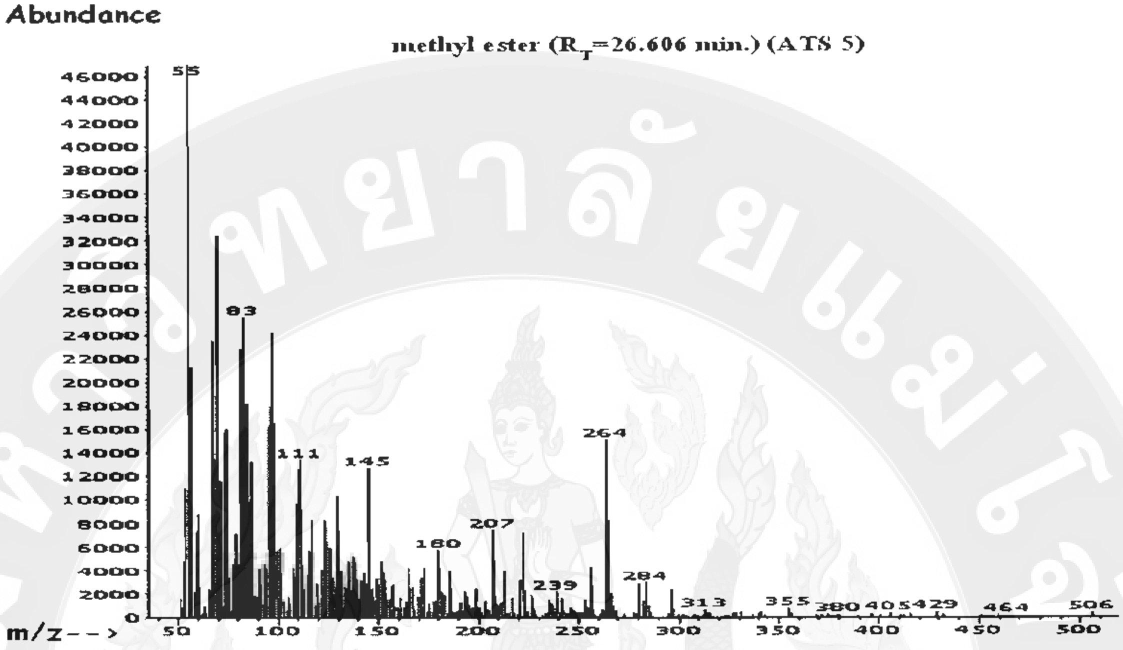
ภาพ 13 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 22.647 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร ethanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



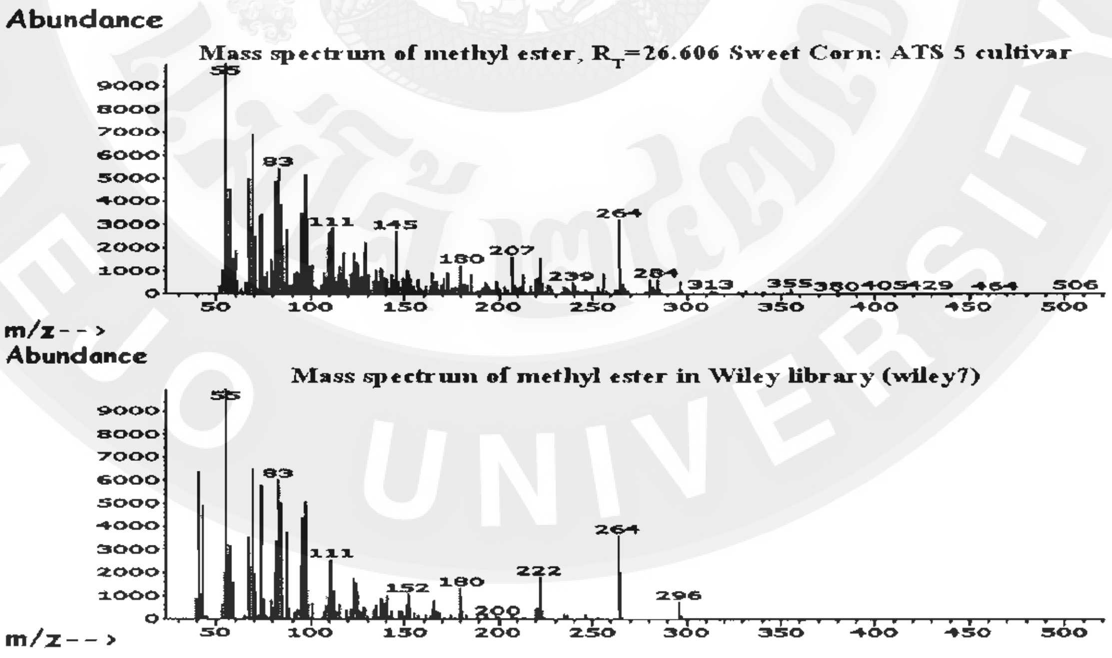
ภาพ 14 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 25.330 นาที



ภาพ 15 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 25.330 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

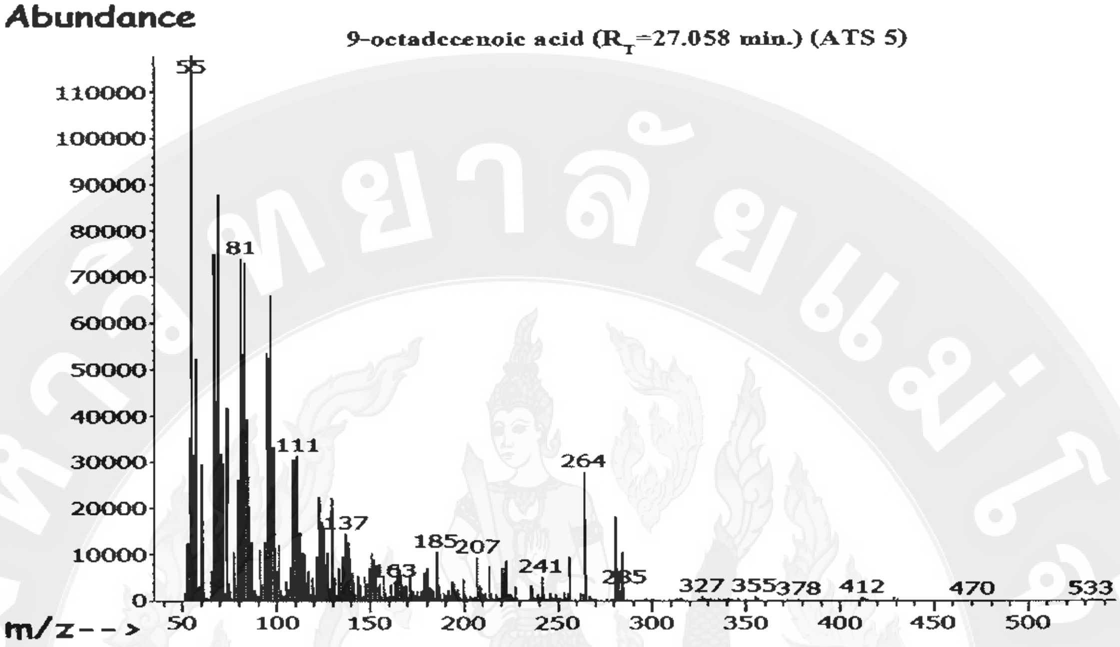


ภาพ 16 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ methyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 26.606 นาที

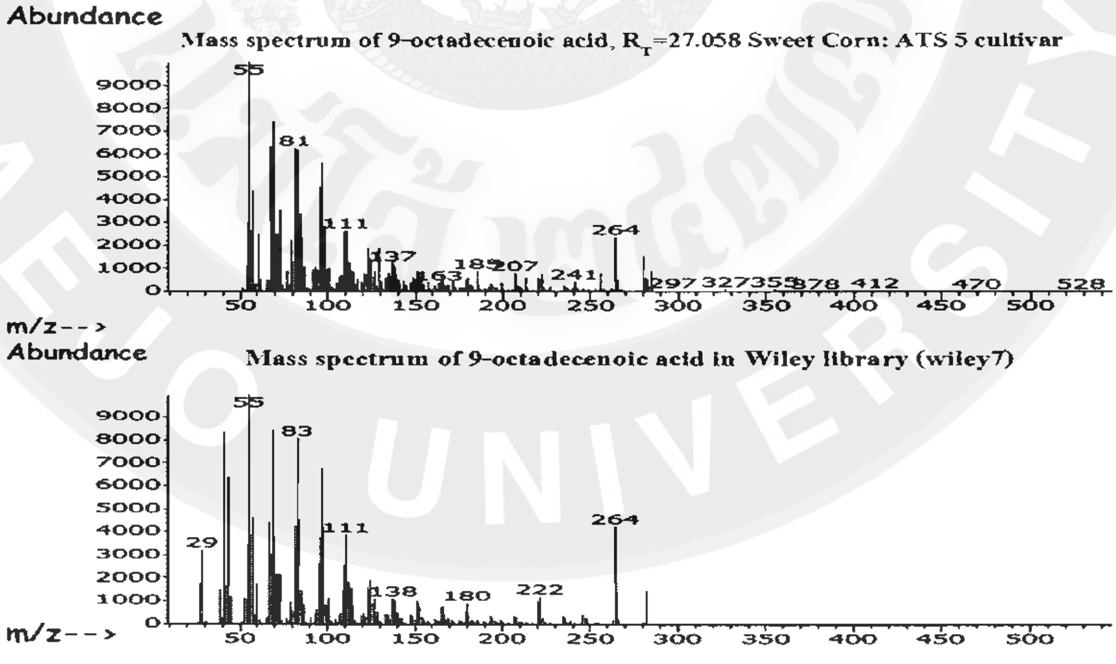


ภาพ 17 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 26.606 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร methyl ester ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

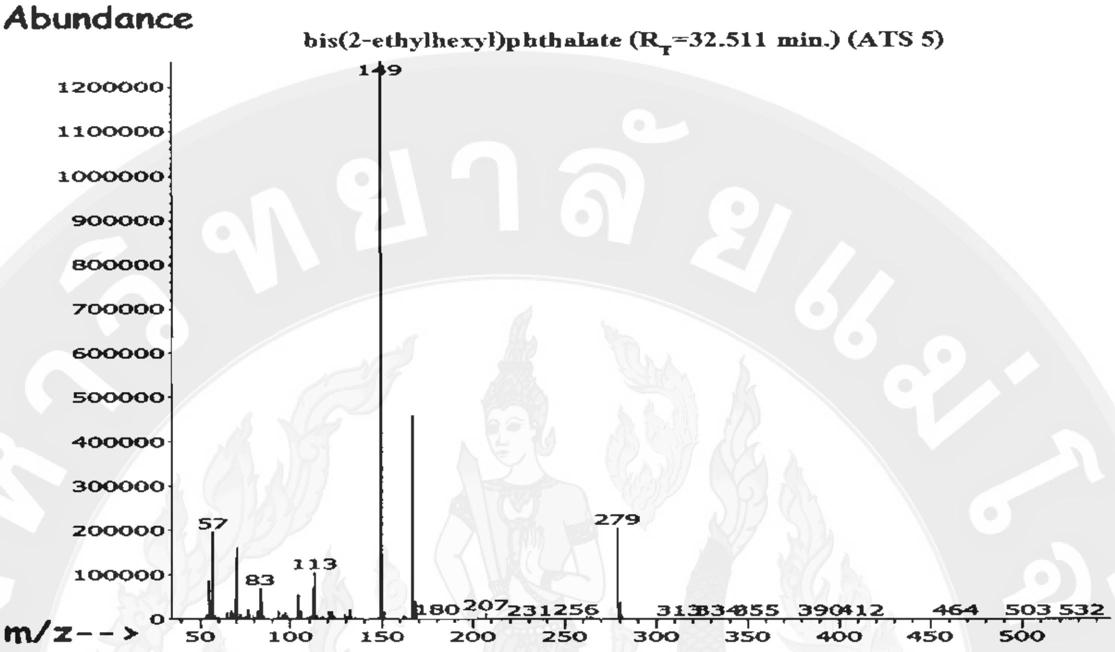
MAEJO UNIVERSITY



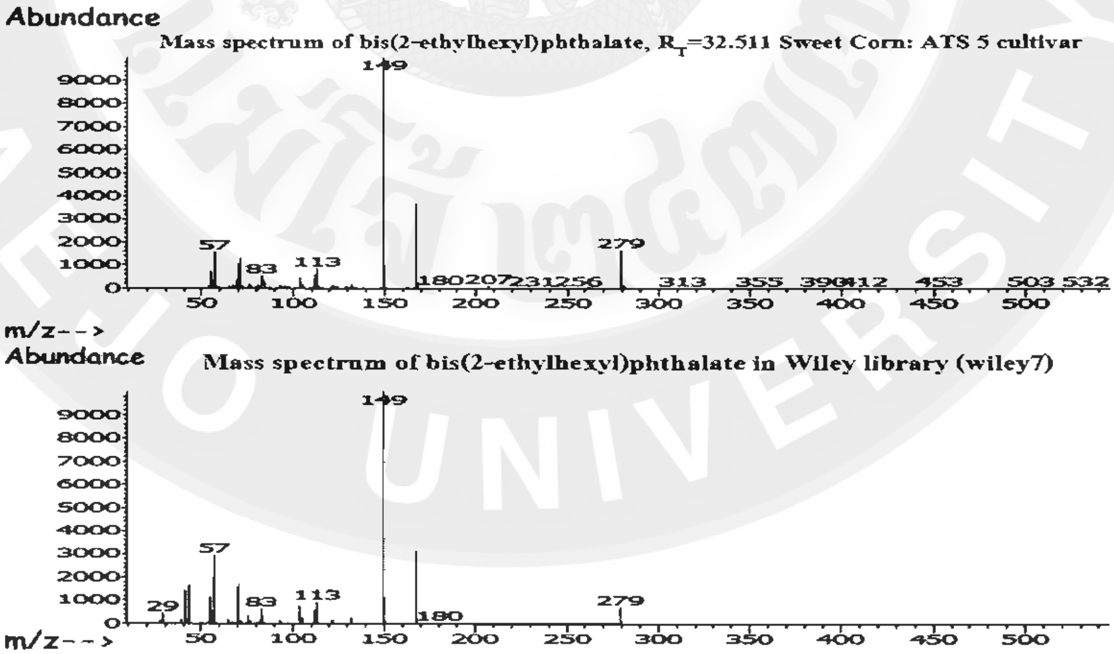
ภาพ 18 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 9-octadecenoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 27.058 นาที



ภาพ 19 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 27.058 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 9-octadecenoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 20 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ bis(2-ethylhexyl)phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 32.511 นาที



ภาพ 21 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 ที่เวลา R_T= 32.511 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร bis(2-ethylhexyl)phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 3 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	13.194	5-ethylcyclopent-1-enyl	55, 67, 79, 86, 97, 105, 112, 119, 126, 134, 148, 157, 180, 196, 209, 297, 323, 385	126.10	70	2.62
2	14.047	phenylethyl alcohol	51, 57, 65, 71, 77, 84, 91, 97, 103, 109, 122, 129, 135, 192, 230, 267, 300	122.07	95	26.64
3	15.237	1-nonen-4-ol	55, 62, 69, 76, 83, 91, 101, 113, 122, 133, 146, 158, 165, 193, 207, 253, 262, 281, 341	142.14	93	1.47
4	16.152	4-(1-hydroxy-ethyl)	57, 65, 73, 85, 97, 111, 122, 135, 144, 157, 168, 185, 207, 239, 253, 281, 407	86.02	72	0.95
5	18.412	1-penten-3-ol	55, 63, 71, 79, 87, 99, 109, 117, 127, 141, 150, 157, 164, 171, 185, 196, 207, 221, 253, 265, 283, 315, 331, 342, 390, 403	100.09	98	0.92
6	19.156	methyl ester	55, 67, 74, 87, 97, 104, 111, 122, 135, 143, 155, 168, 179, 186, 195, 207, 239, 253, 264, 280, 331, 342, 389, 405	186.16	64	1.67

ตาราง 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
7	20.633	2-pyrazolin-5-one	55, 69, 77, 85, 95, 107, 117, 125, 133, 141, 148, 156, 171, 184, 199, 214, 222, 239, 253, 264, 280, 315, 331, 346, 405, 415	214.11	70	0.34
8	21.136	diethyltoluamide	51, 65, 79, 91, 107, 119, 137, 148, 162, 176, 190, 207, 220, 241, 253, 264, 284, 307, 331, 348, 386, 406, 537	191.13	93	1.20
9	21.943	unknown	55, 73, 83, 97, 107, 117, 133, 147, 156, 169, 179, 191, 207, 221, 249, 267, 281, 295, 313, 327, 341, 355, 371, 385, 401, 415, 441, 457, 473, 489	354.96	58	2.93
10	22.492	2-pentanone	55, 69, 81, 91, 105, 123, 133, 147, 157, 166, 175, 184, 193, 208, 219, 232, 241, 256, 267, 280, 297, 327, 341, 357, 375, 407, 451, 480	222.20	92	1.15
11	22.647	ethanol	57, 71, 85, 97, 111, 125, 140, 151, 168, 182, 199, 213, 227, 241, 253, 264, 280, 295, 315, 327, 341, 355, 405	230.22	90	0.88

ตาราง 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
12	23.728	unknown	55, 73, 83, 95, 111, 130, 147, 167, 185, 196, 207, 221, 237, 256, 267, 281, 295, 313, 325, 341, 355, 369, 385, 401, 145, 429, 445, 459, 475, 489	429.13	91	2.41
13	24.844	methyl ester	55, 63, 74, 87, 97, 111, 121, 130, 143, 155, 165, 175, 185, 199, 208, 219, 227, 236, 243, 251, 262, 270, 280, 297, 315, 327, 341, 355, 381, 389	270.26	96	1.27
14	25.330	dibutyl phthalate	57, 73, 93, 104, 115, 129, 149, 160, 171, 185, 205, 223, 241, 256, 267, 281, 295, 327, 341, 355, 369, 385, 401, 415, 429, 443, 461, 475, 503, 533	278.15	95	8.24
15	26.337	oxyquinoline	55, 69, 79, 90, 101, 117, 129, 145, 157, 173, 185, 195, 207, 217, 227, 241, 256, 265, 281, 295, 313, 327, 341, 355, 377, 386, 405, 415, 480	145.05	76	7.42

ตาราง 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
16	26.606	methyl ester	55, 69, 83, 97, 111, 129, 145, 155, 165, 180, 193, 207, 222, 239, 253, 264, 284, 296, 313, 331, 341, 355, 380, 395, 405, 415, 429, 451, 164, 506	296.27	97	0.88
17	26.829	methyl ester	55, 74, 87, 98, 111, 129, 143, 157, 171, 185, 199, 213, 227, 241, 255, 267, 281, 298, 313, 327, 341, 355, 369, 393, 404, 415, 429, 465, 503, 535	298.29	96	2.43
18	27.058	9-octadecenoic acid	55, 69, 81, 97, 111, 123, 137, 151, 165, 175, 185, 196, 207, 222, 241, 258, 264, 280, 297, 314, 327, 339, 355, 369, 383, 401, 412, 429, 470, 528	282.26	98	9.84
19	32.511	bis(2-ethylhexyl) phthalate	57, 71, 83, 93, 103, 113, 132, 149, 167, 180, 191, 207, 221, 231, 241, 251, 262, 279, 299, 313, 327, 339, 355, 371, 390, 401, 42, 429, 453, 503	390.28	91	25.71

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.2 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 9.00 ถึง 34.279 นาที (ภาพ 21) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 12 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.43 ถึง 44.78% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีชนิดของสารความหอม 9 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-propanol, และ 1h-Indole-3-ethanol

สารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-butanone, และ 2(1h)-quinolinone

สารหอมในกลุ่มของ Carboxylic acid ได้แก่ n-hexadecanoic acid และ linoleic acid

และสารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate และ di-n-octyl phthalate สารหอมทั้ง 9 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ได้แก่

1) 1-propanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 9.023 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 106.05 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 23) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 24) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม 1-propanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 6.81% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

2) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 12.072 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 25) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 26) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม phenylcthyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.46% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

3) 2-butanone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 20.375 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 304.24 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 27) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 28) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม 2-butanone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.46% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

4) 1h-indole-3-ethanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 21.336 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 161.08 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 29) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 30) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม 1h-indole-3-ethanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 5.04% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

5) n-hexadecanoic acid ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.156 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 256.24 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 31) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 32) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม n-hexadecanoic acid ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 8.28% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

6) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.230 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 33) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 34) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 94% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.84% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

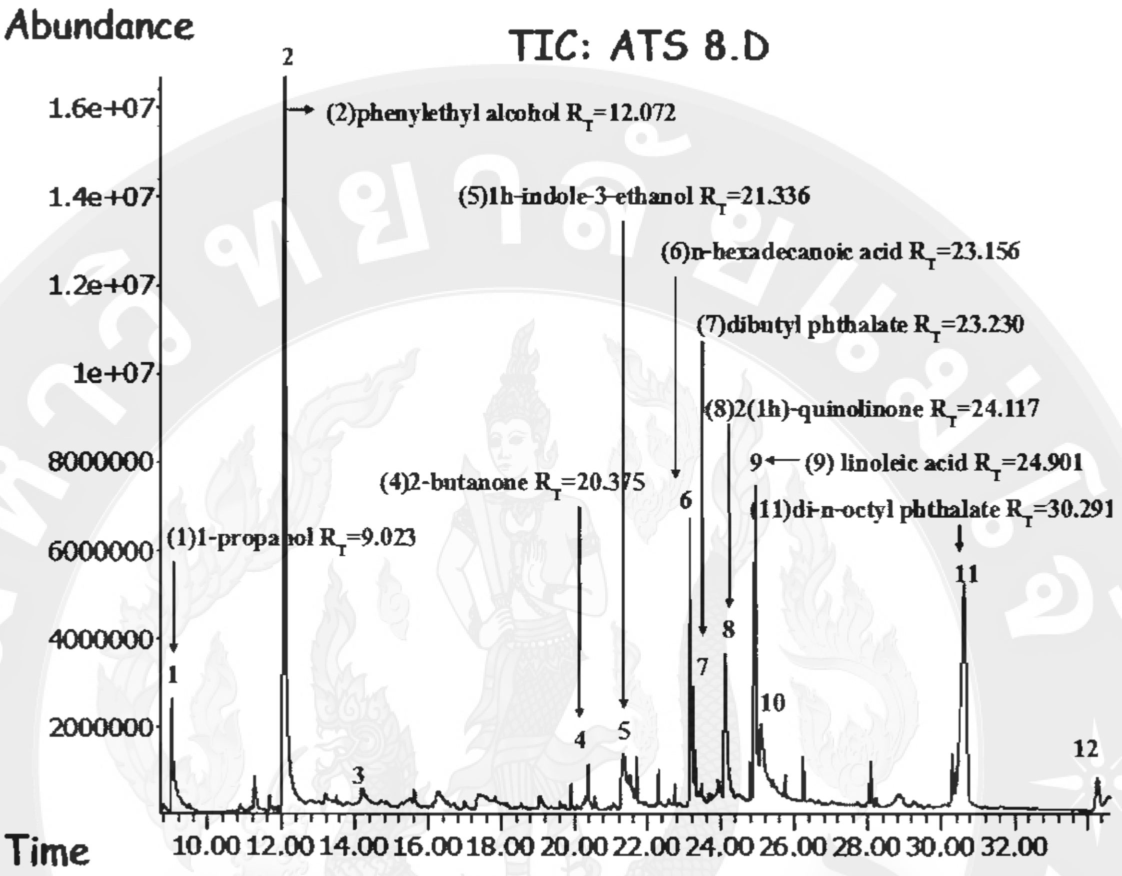
7) 2(1h)-quinolinone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.117 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 145.05 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่

พบ (ภาพ 35) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 36) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 89% และพบว่าสารหอม 2(1h)-quinolinone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 8.01% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

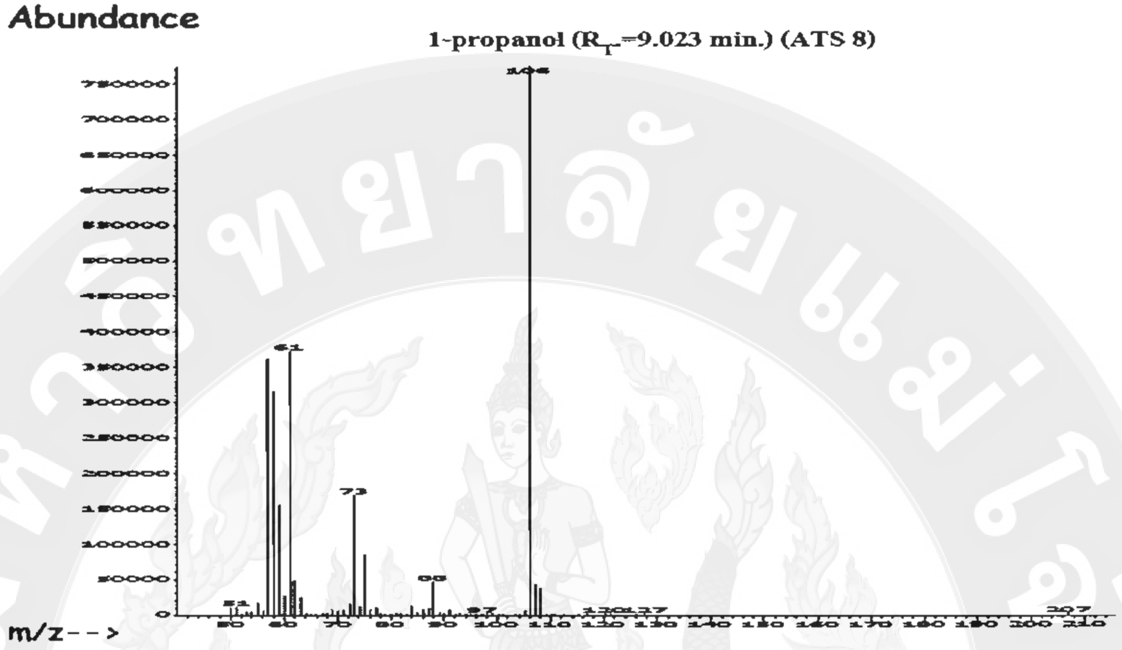
และนอกจากนี้ ยังพบ 2(1h)-quinolinone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 25.090 นาที มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) 145.05 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และพบว่าสารหอม 2(1h)-quinolinone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.43% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

8) linoleic acid ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.901 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 280.24 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 37) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 38) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม linoleic acid ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 15.31% ของพื้นที่ได้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)

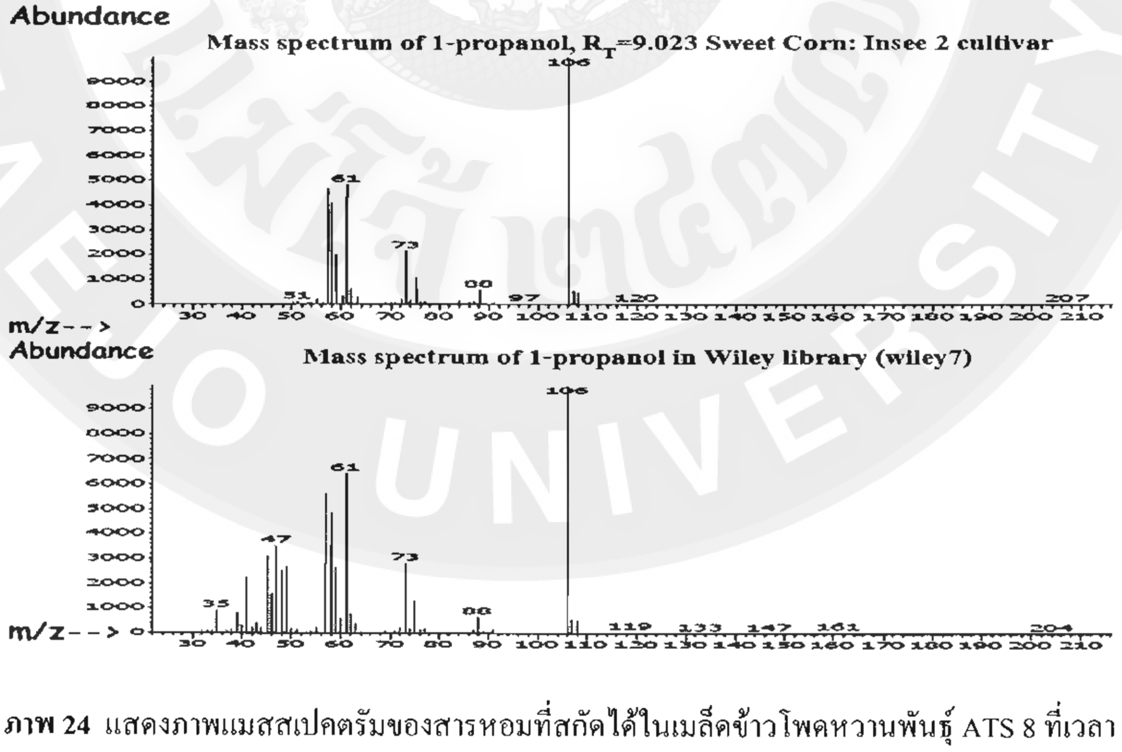
9) di-n-octyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 30.291 นาที (ภาพ 22) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 390.28 (ตาราง 4) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 39) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 40) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม di-n-octyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.16% ของพื้นที่ได้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 4)



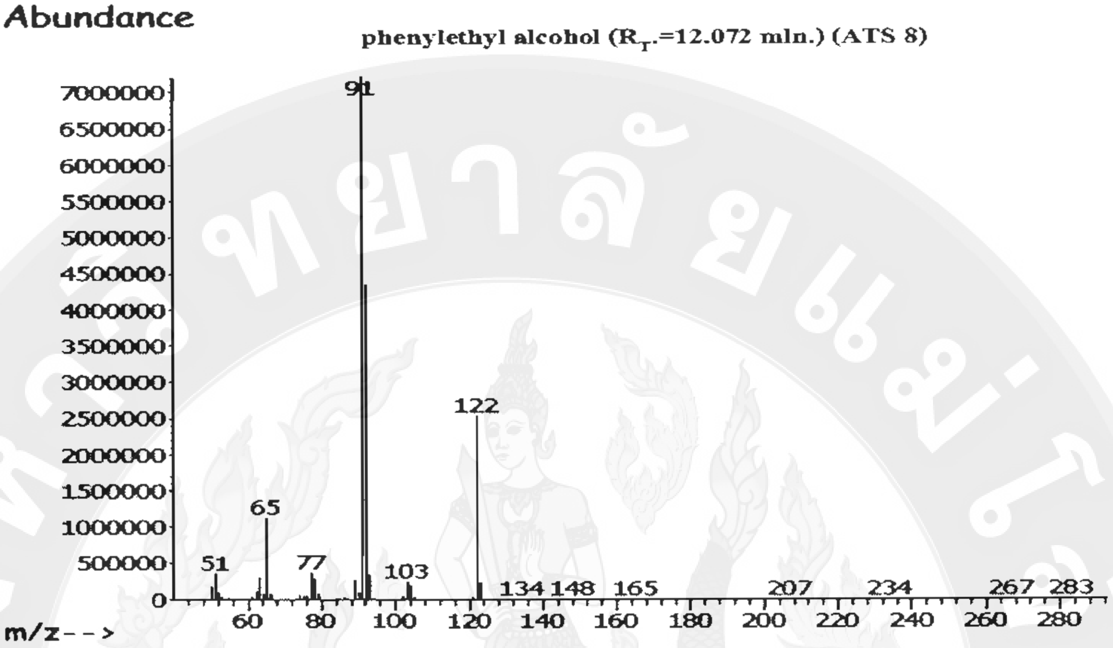
ภาพ 22 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 12 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



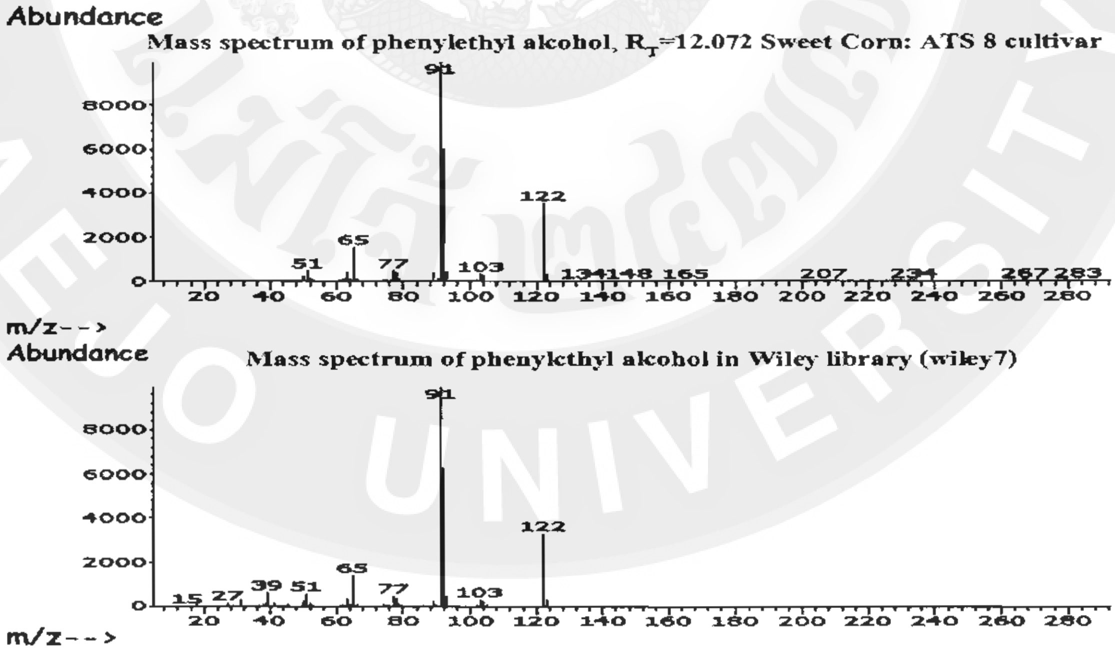
ภาพ 23 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.023 นาที



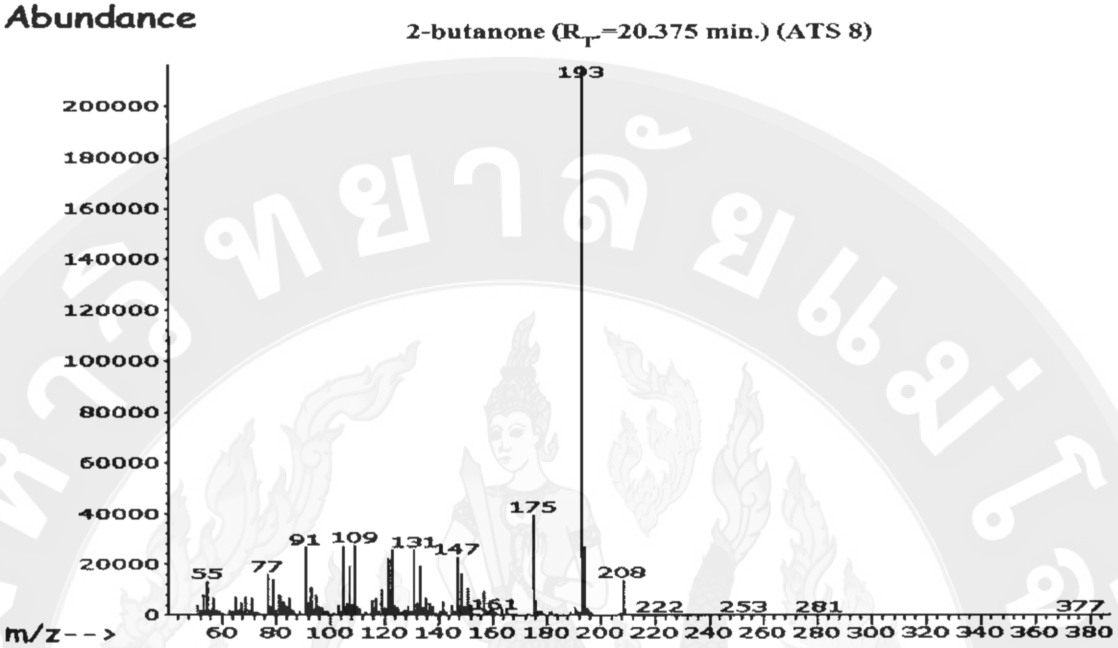
ภาพ 24 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 9.023 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



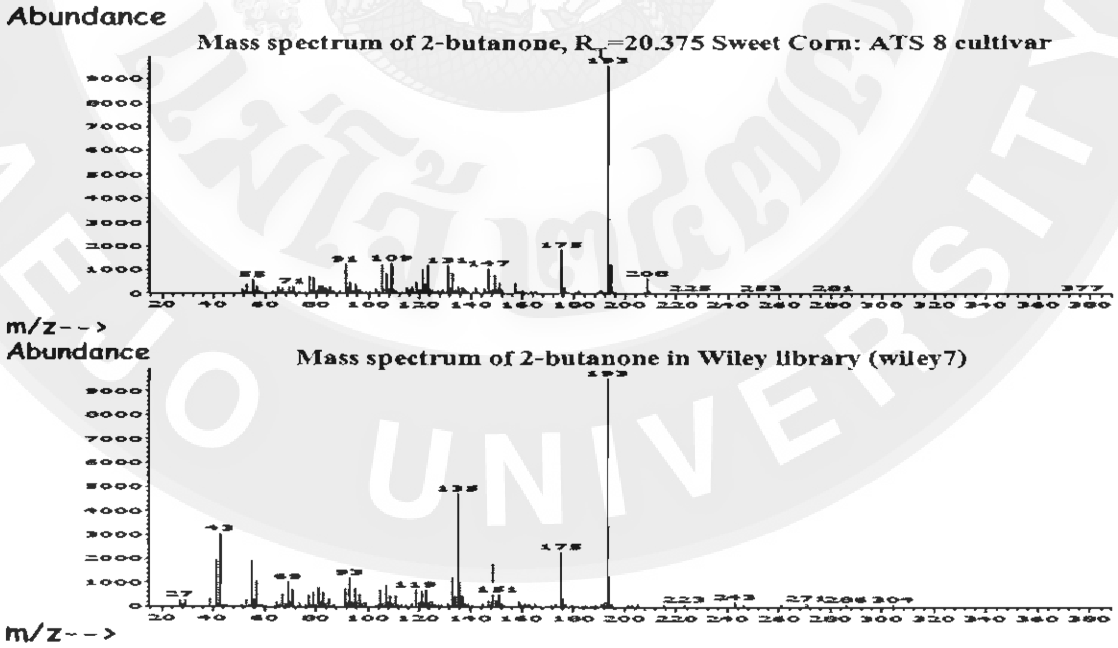
ภาพ 25 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.072 นาที



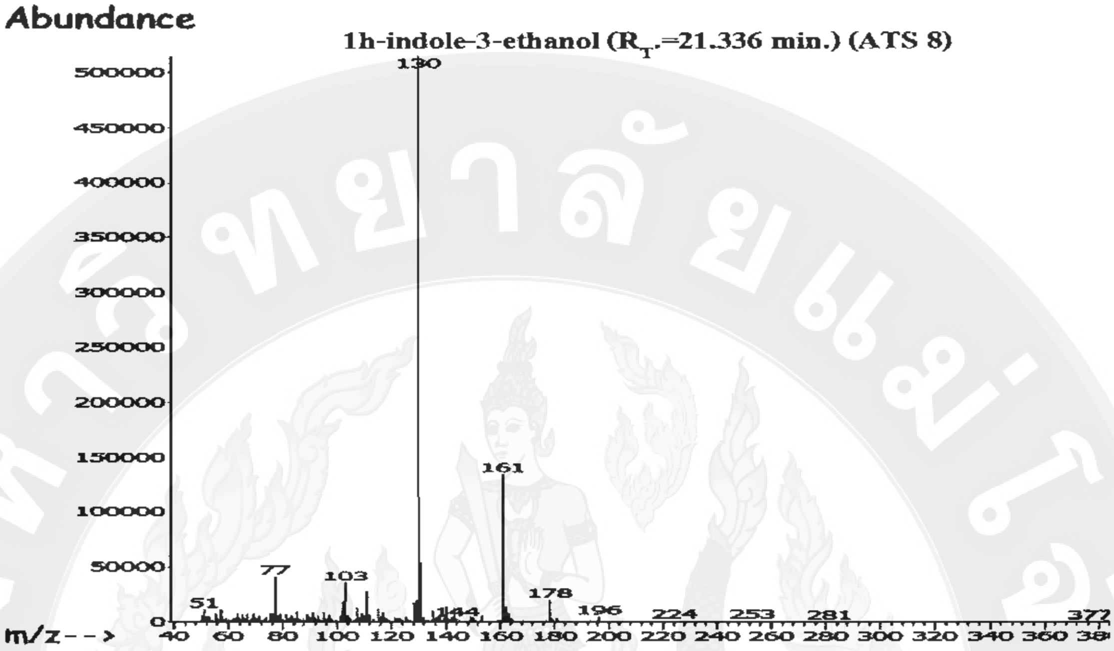
ภาพ 26 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 12.072 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



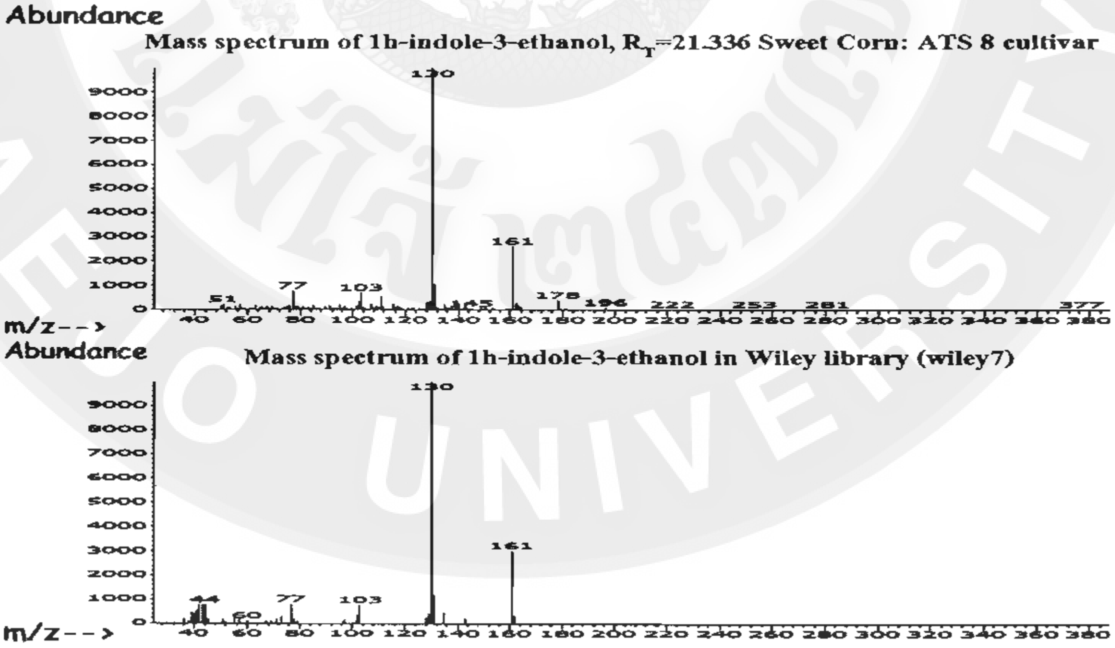
ภาพ 27 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-butanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 20.375 นาที



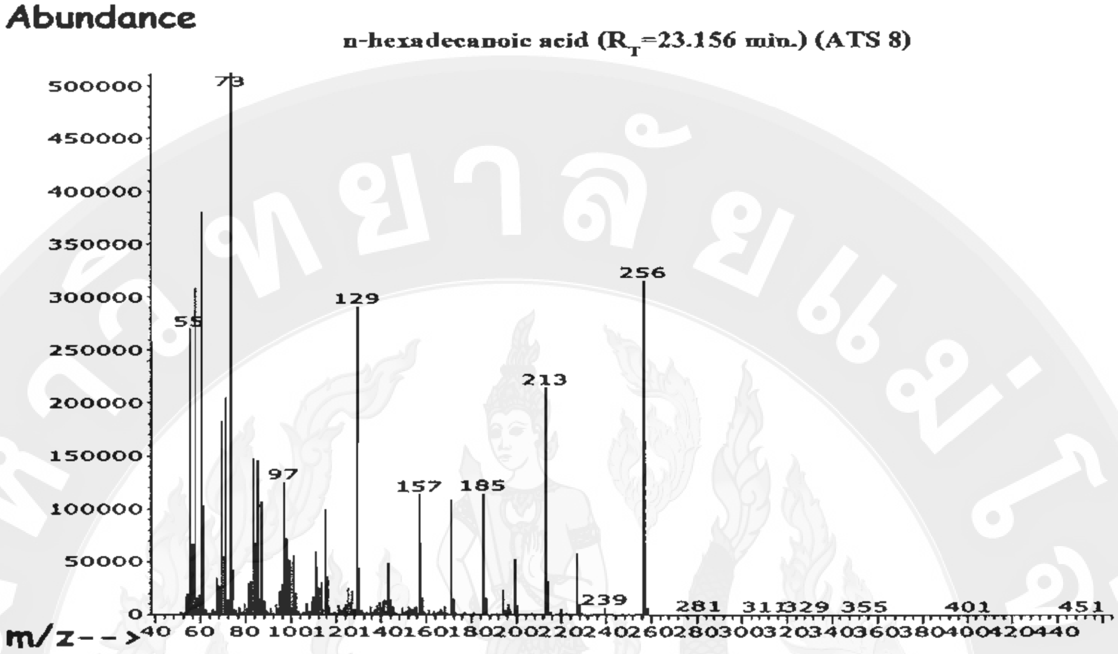
ภาพ 28 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 20.375 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-butanone ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



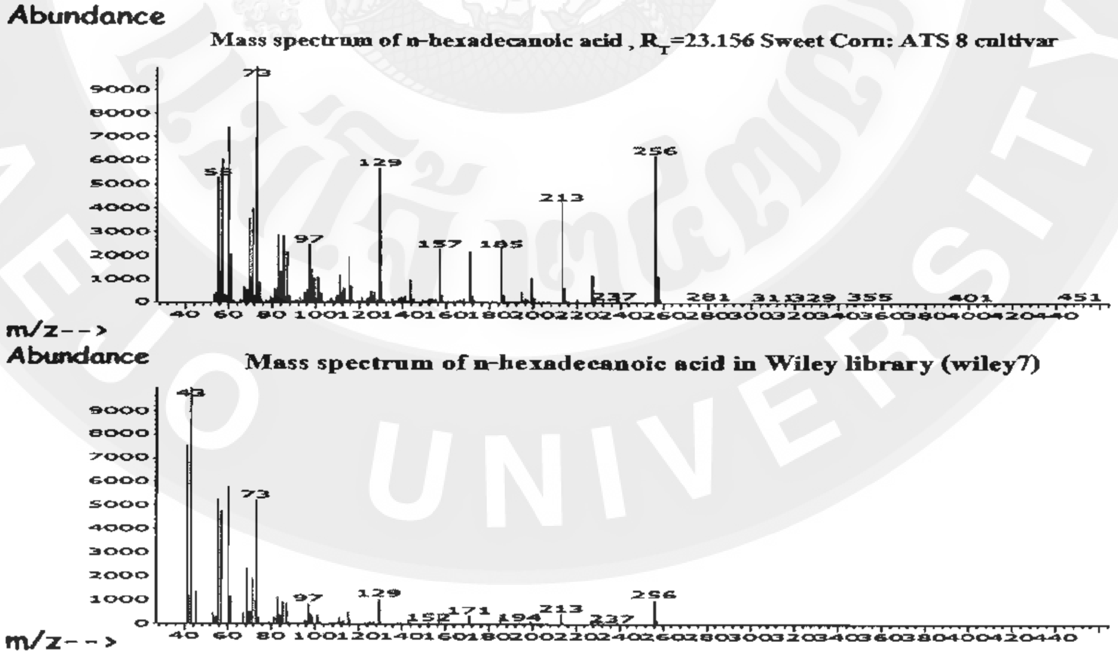
ภาพ 29 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1h-indole-3-ethanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.336 นาที



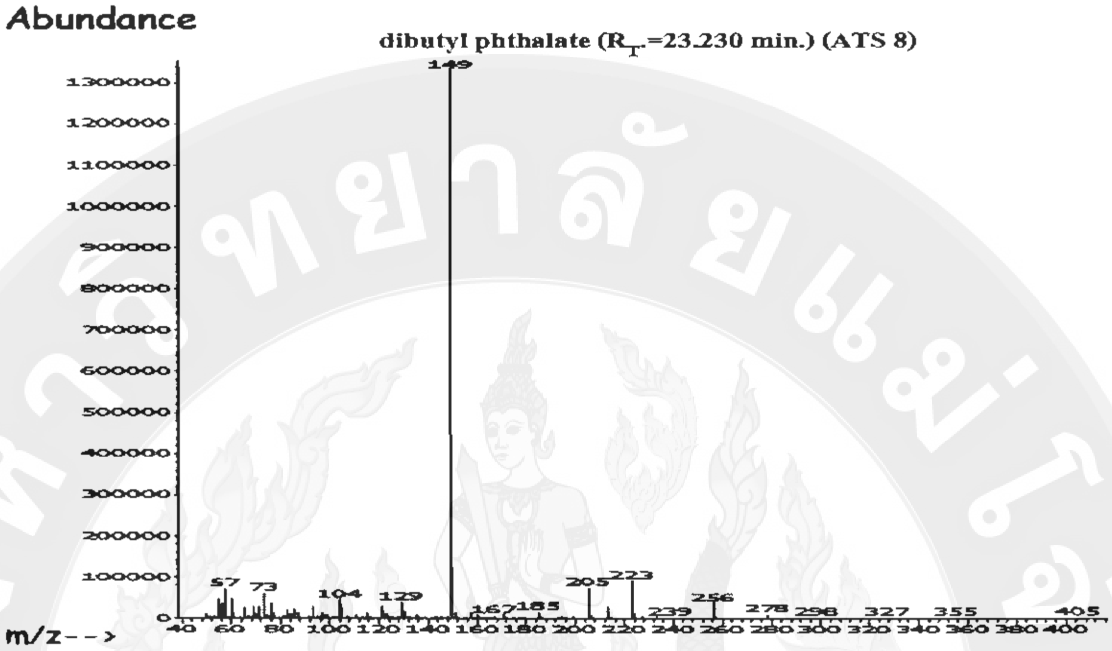
ภาพ 30 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 21.336 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1h-indole-3-ethanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



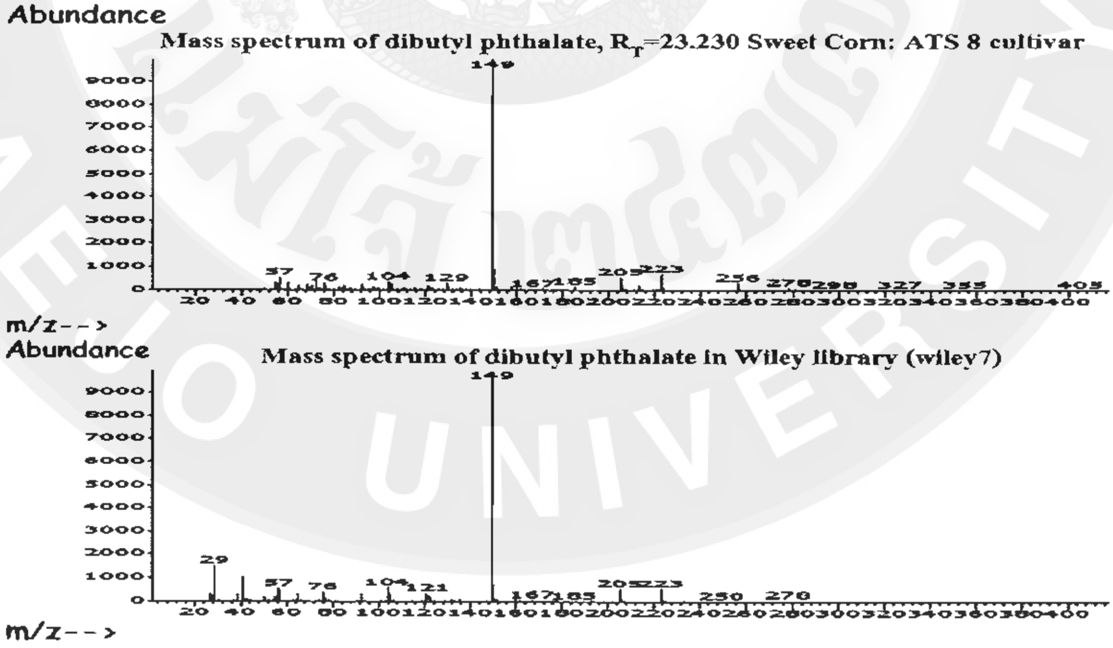
ภาพ 31 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ n-hexadecanoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.156 นาที



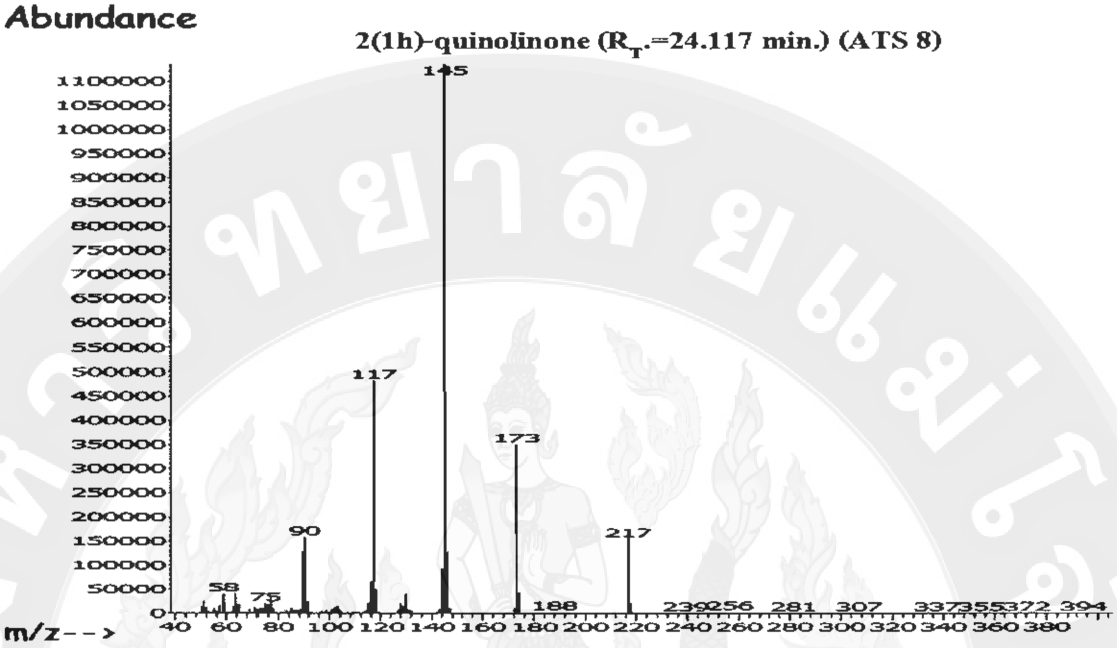
ภาพ 32 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 23.156 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร n-hexadecanoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



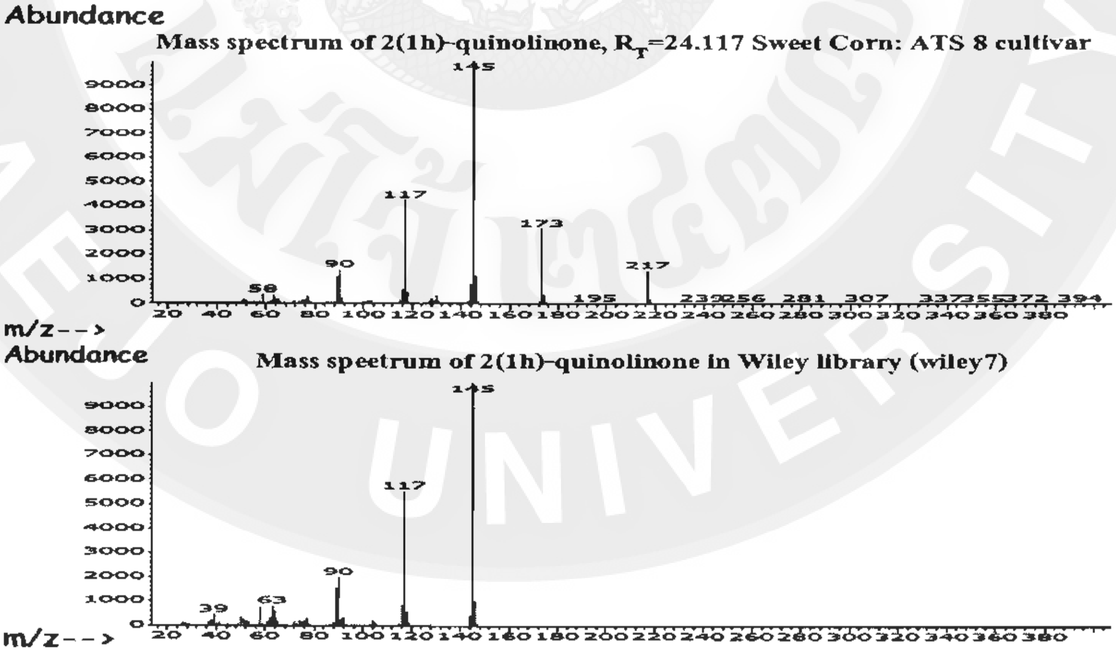
ภาพ 33 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.230 นาที



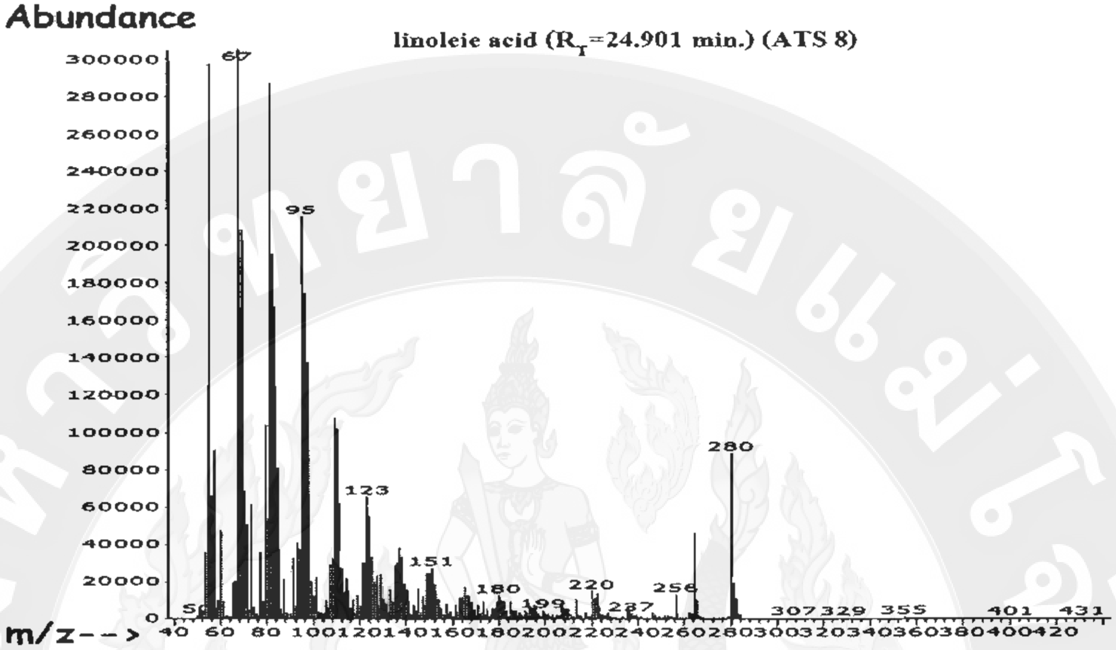
ภาพ 34 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 23.230 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



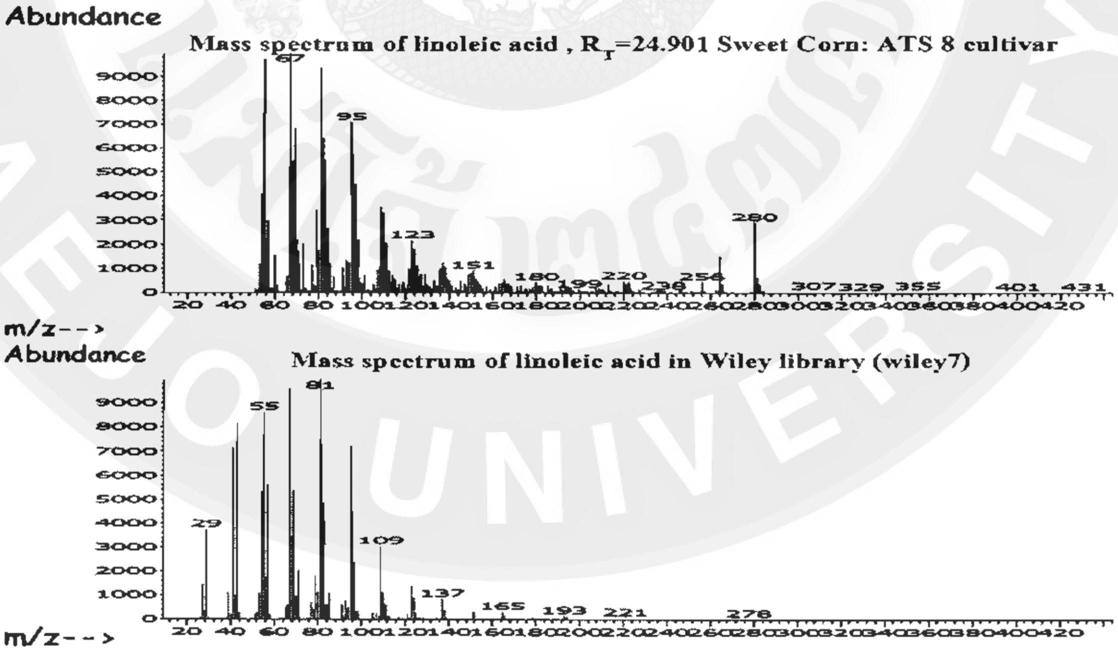
ภาพ 35 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2(1h)-quinolinone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.117 นาที



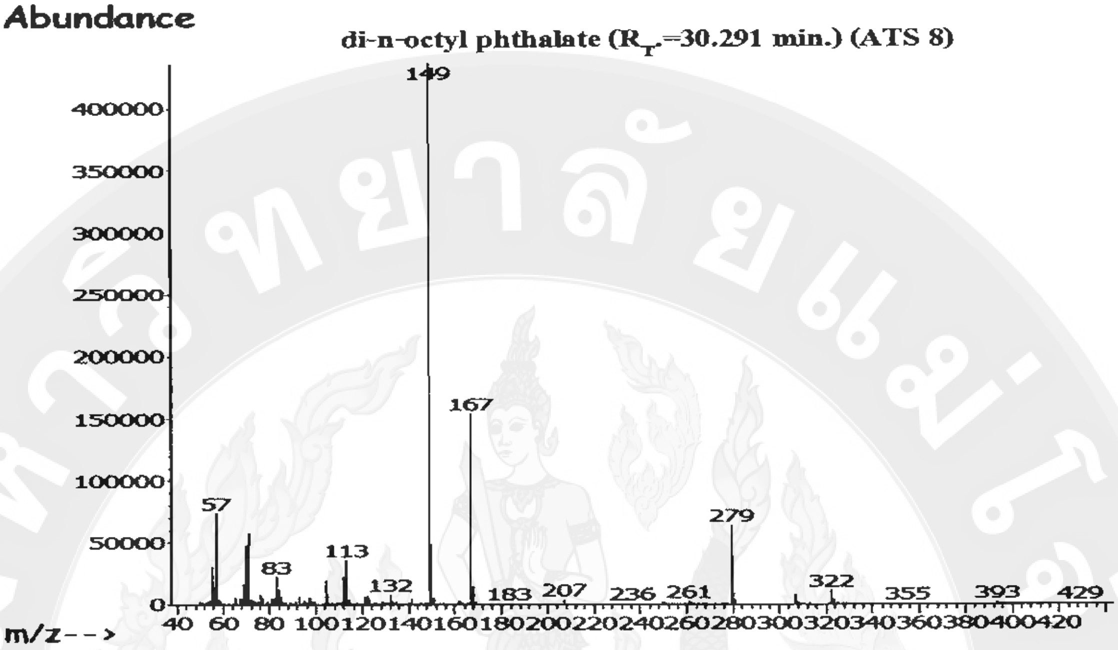
ภาพ 36 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 24.117 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2(1h)-quinolinone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



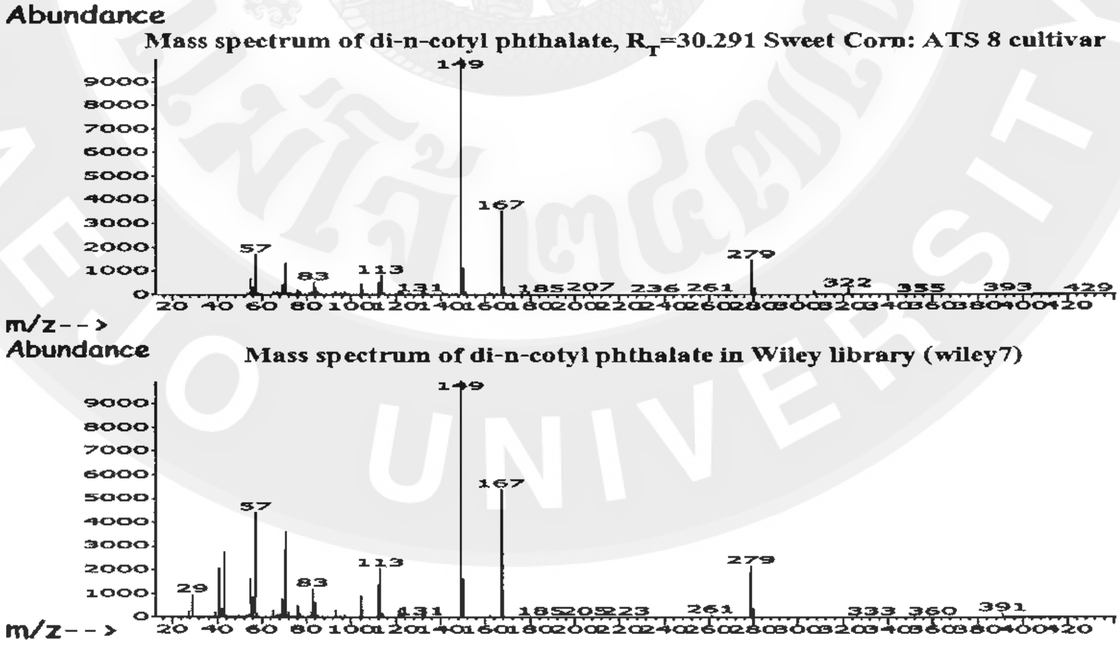
ภาพ 37 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ linoleic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.901



ภาพ 38 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 24.901 เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร linoleic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 39 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ di-noctyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.291 นาที



ภาพ 40 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 ที่เวลา R_T= 30.291 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร di-n-cotyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	9.023	1-propanol	51, 57, 61, 69, 73, 77, 84, 88, 93, 99, 106, 110, 115, 120, 128, 135, 151, 207, 217	106.05	90	6.81
2	12.072	phenylethyl alcohol	51, 57, 65, 71, 77, 85, 91, 97, 103, 113, 122, 133, 140, 148, 154, 165, 207, 234, 267, 283	122.07	95	1.46
3	20.364	unknown	55, 65, 77, 84, 91, 98, 105, 115, 123, 131, 138, 147, 157, 165, 175, 182, 193, 208, 224, 253, 259, 281, 365	193.13	43	44.78
4	20.375	2-butanone	55, 65, 77, 84, 91, 99, 109, 109, 116, 109, 116, 123, 131, 138, 147, 157, 165, 175, 182, 193, 200, 208, 215, 222, 253, 281, 377	304.24	90	1.46
5	21.336	1h-Indole-3-ethanol	51, 63, 70, 77, 85, 95, 103, 111, 118, 130, 140, 153, 161, 168, 178, 185, 196, 207, 222, 253, 260, 281, 377	161.08	90	5.04
6	23.156	n-hexadecanoic acid	51, 60, 73, 83, 97, 107, 115, 129, 143, 157, 171, 185, 195, 213, 227, 239, 247, 256, 267, 281, 293, 311, 326, 340, 355, 401, 416, 451	256.24	90	8.28

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 4 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
7	23.230	dibutyl phthalate	57, 65, 73, 85, 93, 104, 113, 121, 129, 141, 149, 157, 171, 185, 194, 205, 213, 223, 233, 241, 256, 267, 278, 293, 327, 340, 355, 405	278.15	94	2.84
8	24.117	2(1h)-quinolinone	58, 69, 77, 90, 103, 110, 117, 130, 137, 145, 157, 165, 173, 180, 188, 195, 207, 217, 227, 239, 247, 256, 267, 281, 293, 307, 337, 355, 394	145.05	79	8.01
9	24.901	linoleic acid	55, 61, 67, 73, 81, 87, 95, 101, 109, 115, 123, 129, 137, 145, 151, 157, 165, 173, 180, 187, 193, 199, 207, 213, 220, 227, 235, 246, 256, 264, 280	280.24	99	15.31
10	25.090	2(1h)-quinolinone	55, 67, 81, 90, 98, 109, 117, 130, 145, 157, 165, 173, 185, 193, 207, 217, 227, 235, 246, 256, 264, 280, 294, 308, 327, 343, 355, 368, 384, 405	145.05	96	1.43

ตาราง 4 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
11	30.291	di-n-octyl phthalate	57, 71, 83, 93, 104, 113, 122, 132, 140, 149, 157, 167, 180, 193, 207, 221, 235, 250, 261, 279, 289, 307, 322, 331, 341, 355, 378, 393, 405, 429	390.28	95	2.16
12	34.279	unknown	57, 73, 85, 97, 117, 133, 147, 167, 191, 207, 221, 235, 251, 267, 281, 295, 307, 327, 341, 355, 369, 385, 401, 415, 429, 461, 475, 489, 503, 535	429.13	90	2.37

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.3 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 5.040 ถึง 30.291 นาที (ภาพ 41) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 16 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 0.73 ถึง 23.04% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีชนิดของสารความหอม 9 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ 1-hexanol, 1-propanol, phenol, phenylethyl alcohol และ 2-cyclohexen-1-ol

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate และ diisooctyl ester

สารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ cyclohexadecane

และสารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-pentadecanone

สารหอมทั้ง 9 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ได้แก่

1) 1-hexanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.040 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 102.10 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 42) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 43) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม 1-hexanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.77% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

2) 1-propanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 8.920 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 106.05 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 44) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 45) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม 1-propanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.84% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

3) phenol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 11.563 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 124.05 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 46) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 47) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม phenol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.29% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

4) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 12.124 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 48) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 49) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และพบว่าสารหอม phenylethyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.78% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

5) 2-cyclohexen-1-ol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 19.746 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 152.12 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 50) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 51) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และพบว่าสารหอม 2-cyclohexen-1-ol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.57% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

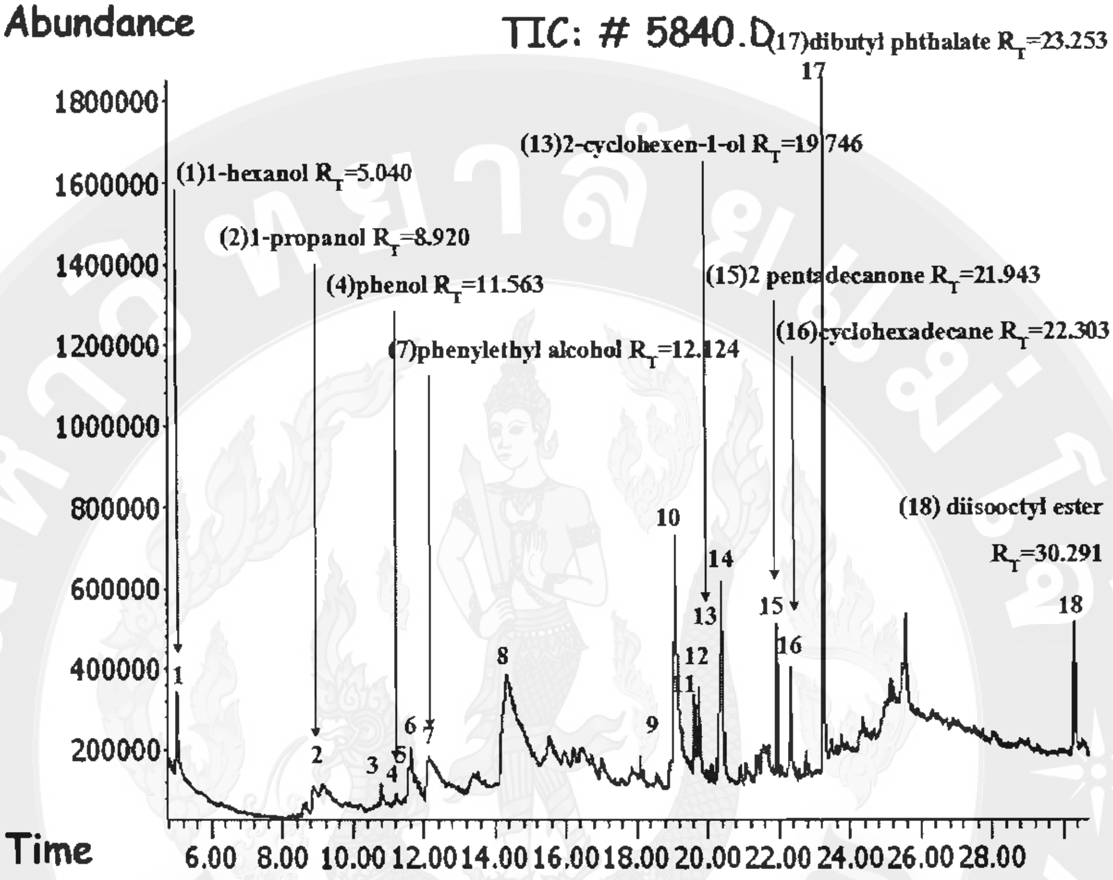
6) 2-pentadecanone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 21.943 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 268.28 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 52 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 53) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม 2-pentadecanone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.76% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

7) cyclohexadecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 22.303 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 268.28 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่

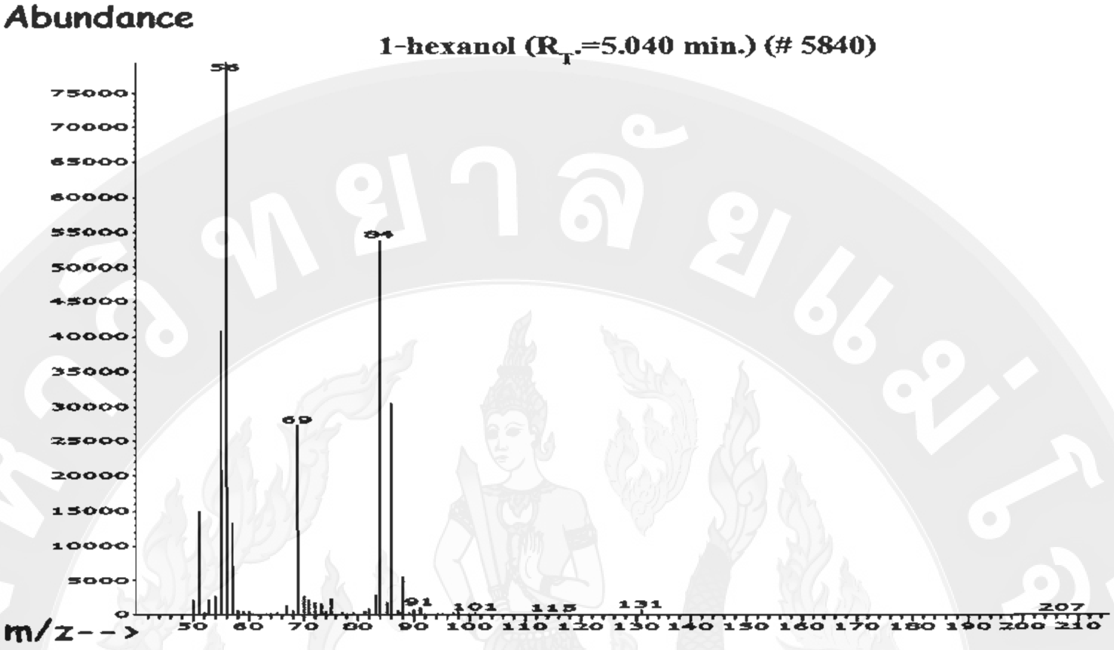
พบ (ภาพ 54) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 55) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม cyclohexadecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.82% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

8) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.253 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 56 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 57) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 23.04% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)

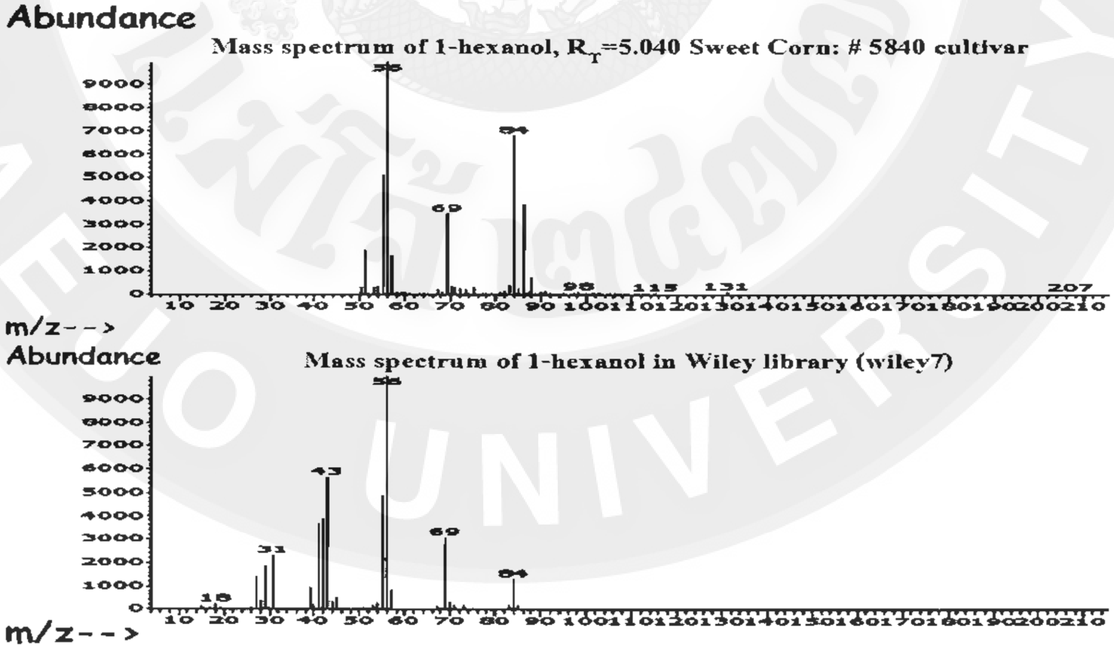
9) diisooctyl ester ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 30.291 นาที (ภาพ 41) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 390.28 (ตาราง 5) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 58) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 59) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และพบว่าสารหอม diisooctyl ester ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 6.28% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 5)



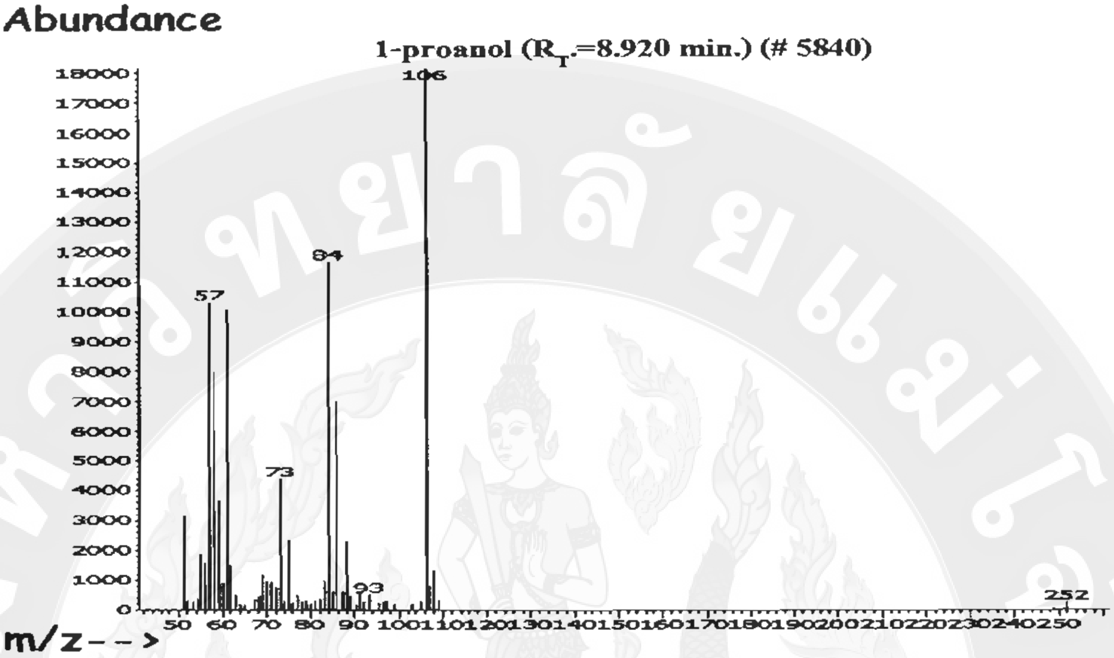
ภาพ 41 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 18 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



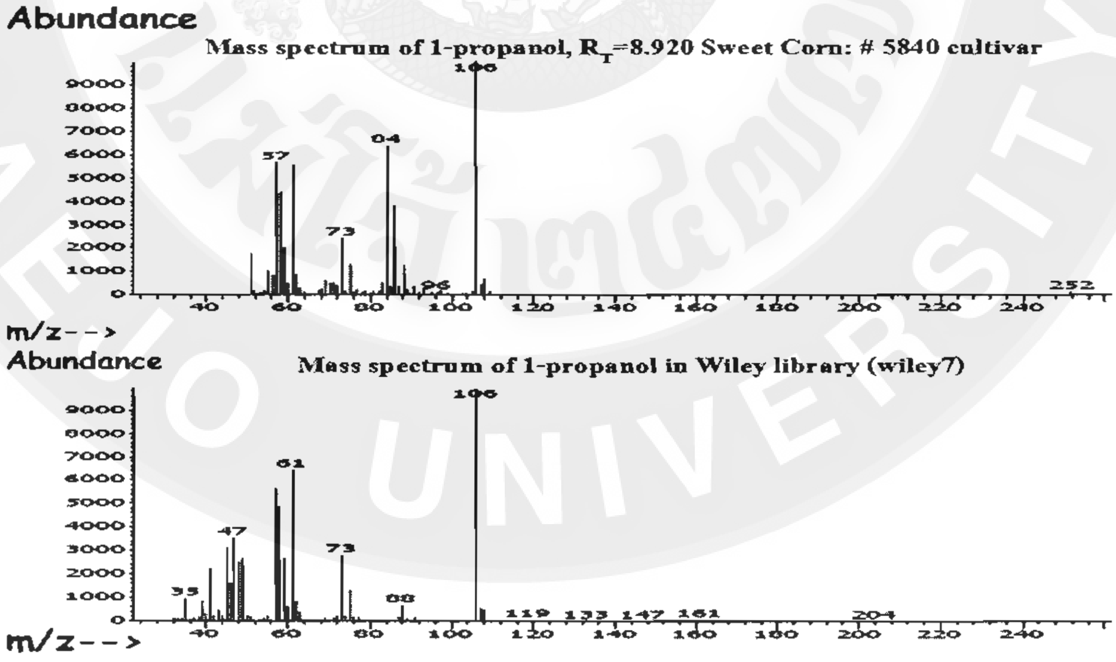
ภาพ 42 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.040 นาที



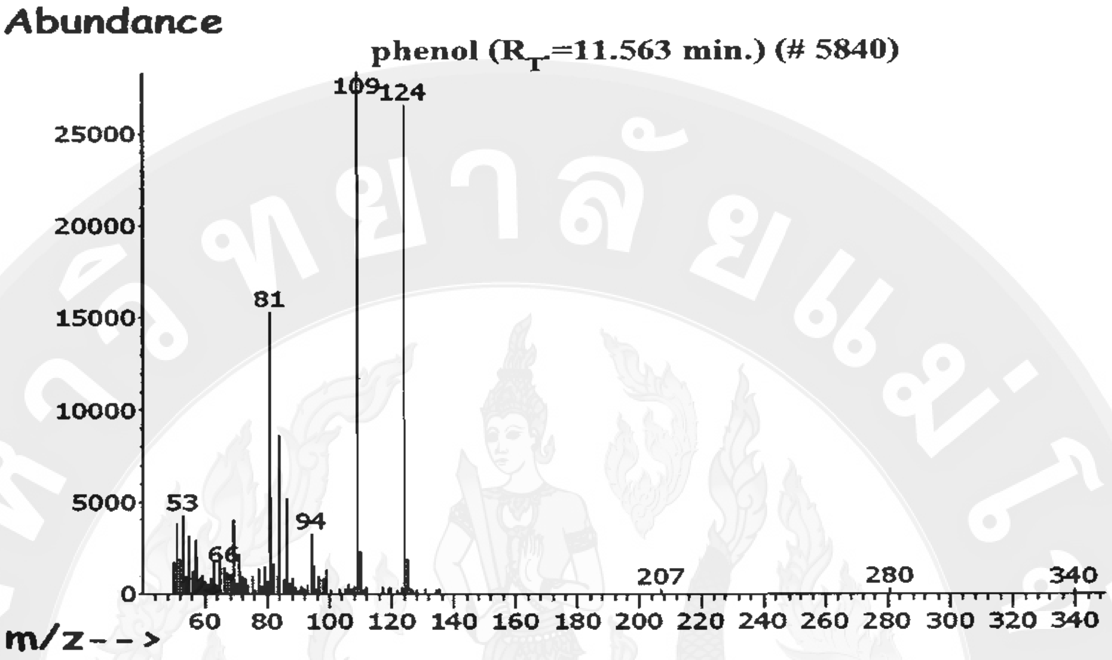
ภาพ 43 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 5.040 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



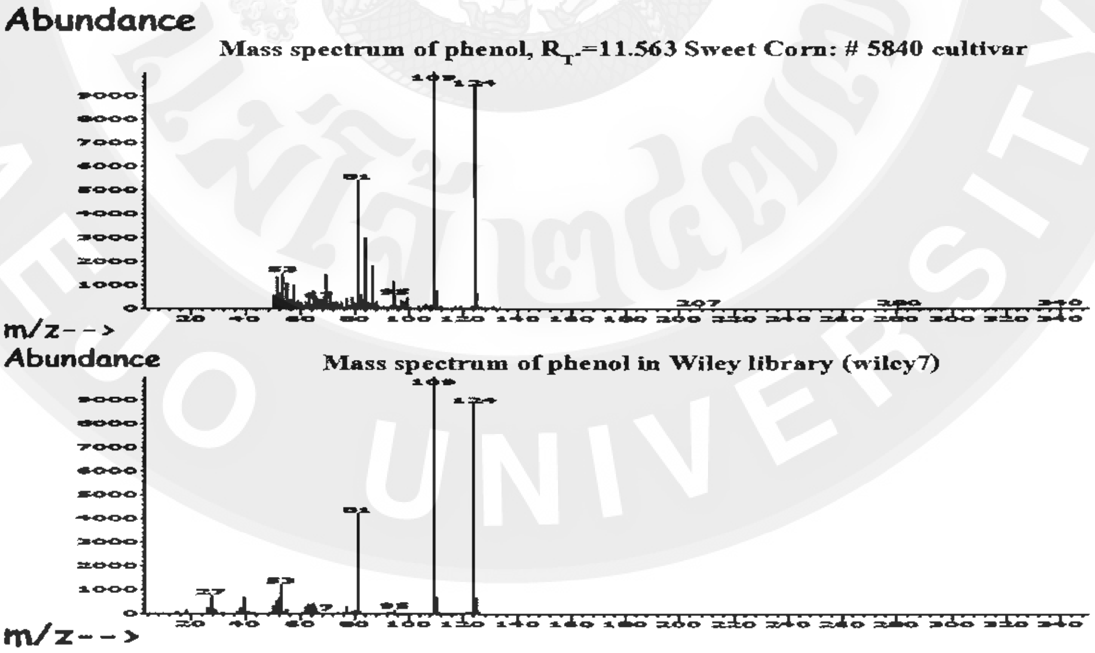
ภาพ 44 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.920 นาที



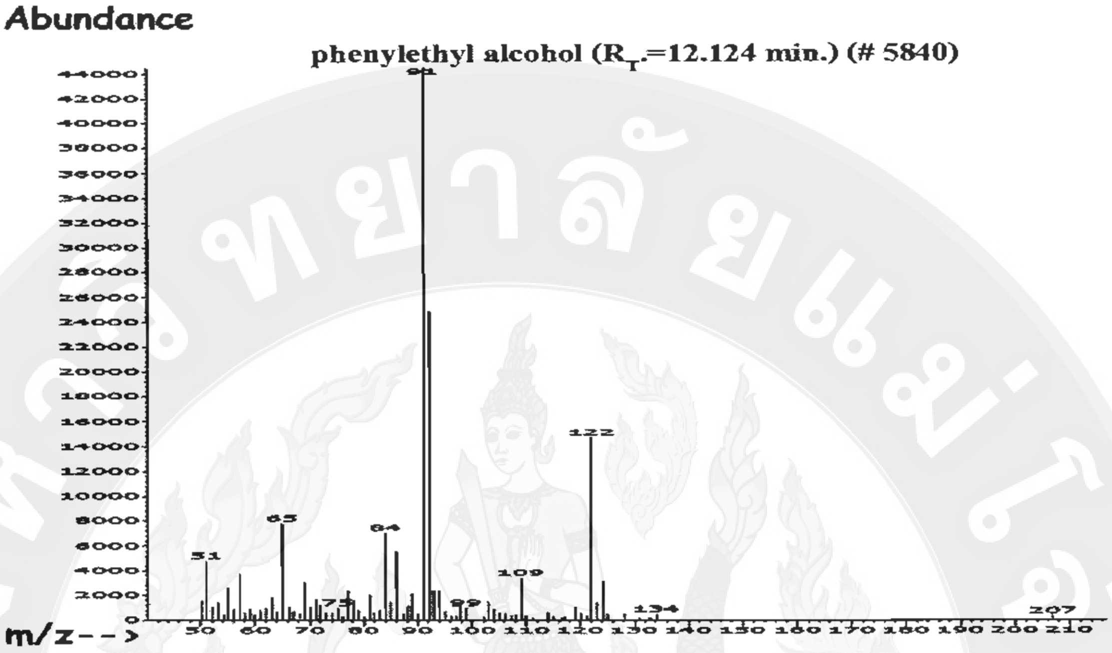
ภาพ 45 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 8.920 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



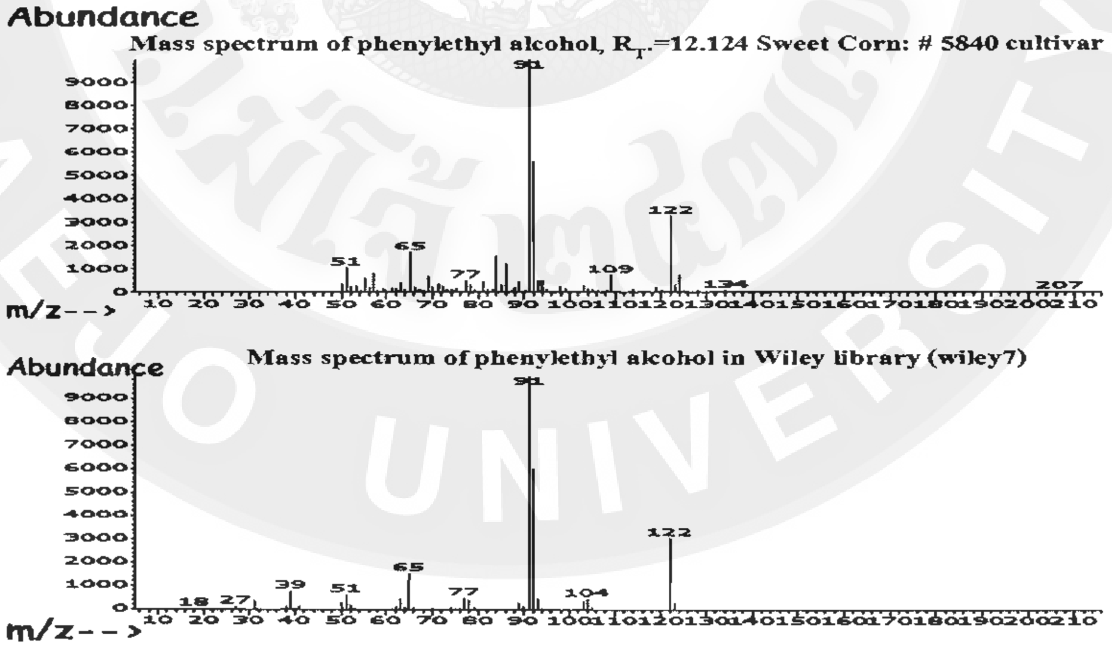
ภาพ 46 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 11.563 นาที



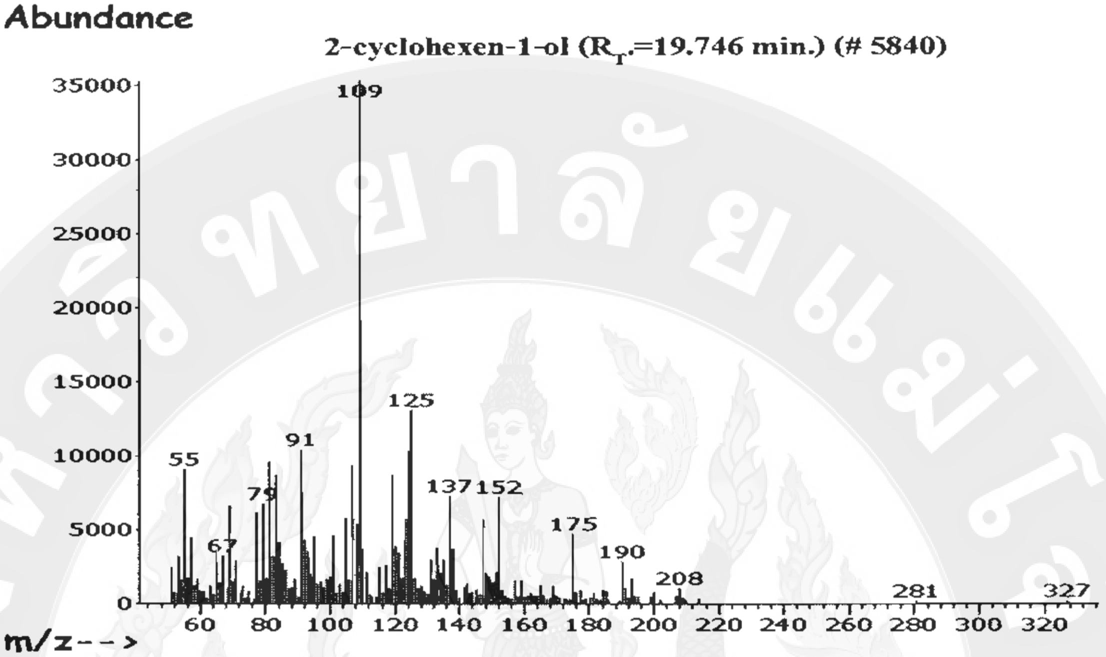
ภาพ 47 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 11.56 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



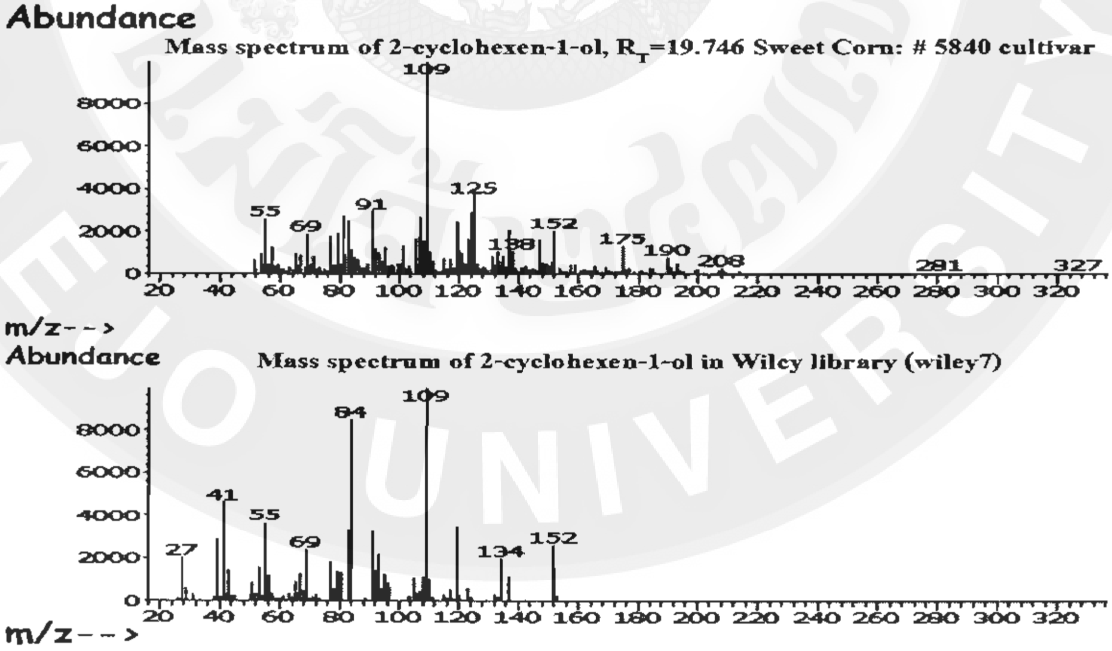
ภาพ 48 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.124 นาที



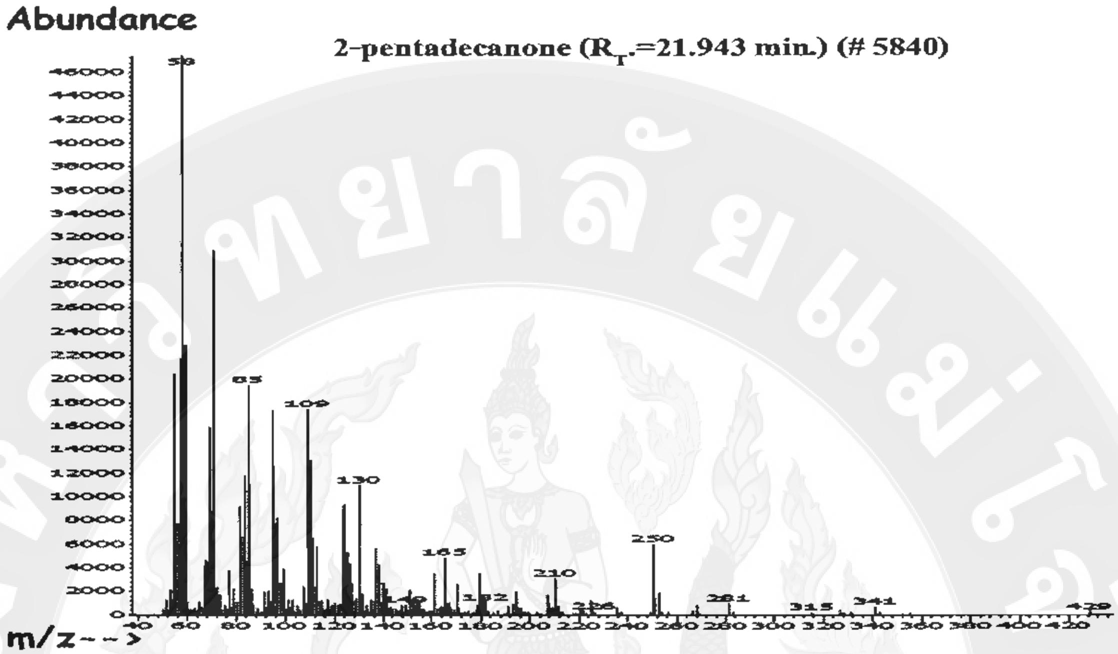
ภาพ 49 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 12.124 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



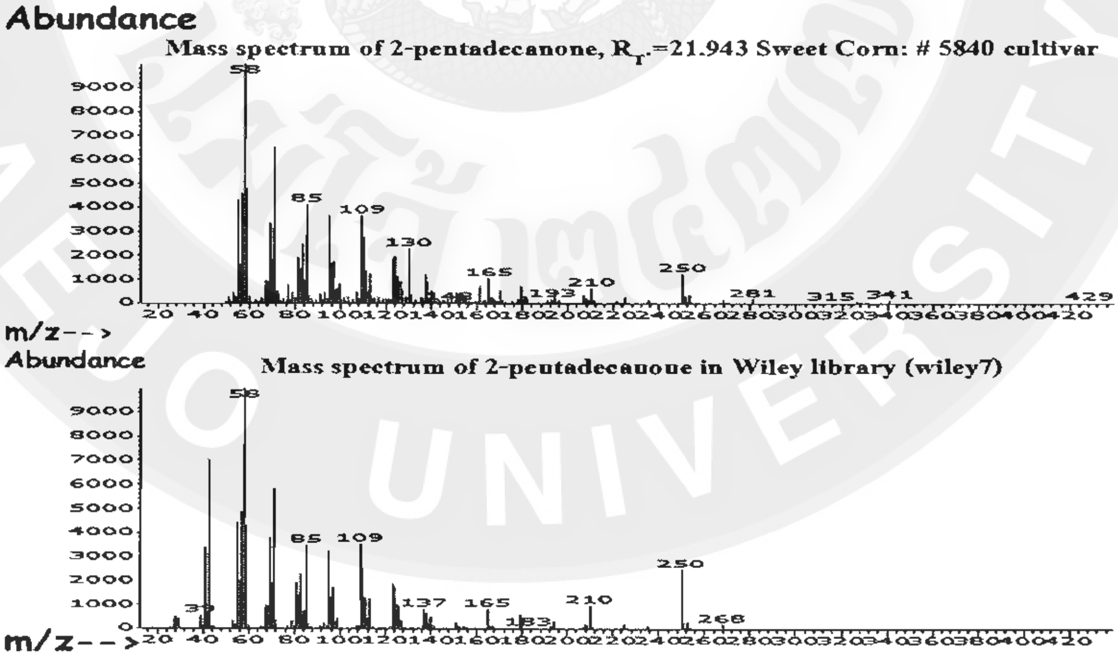
ภาพ 50 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-cyclohexen-1-ol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.746 นาที



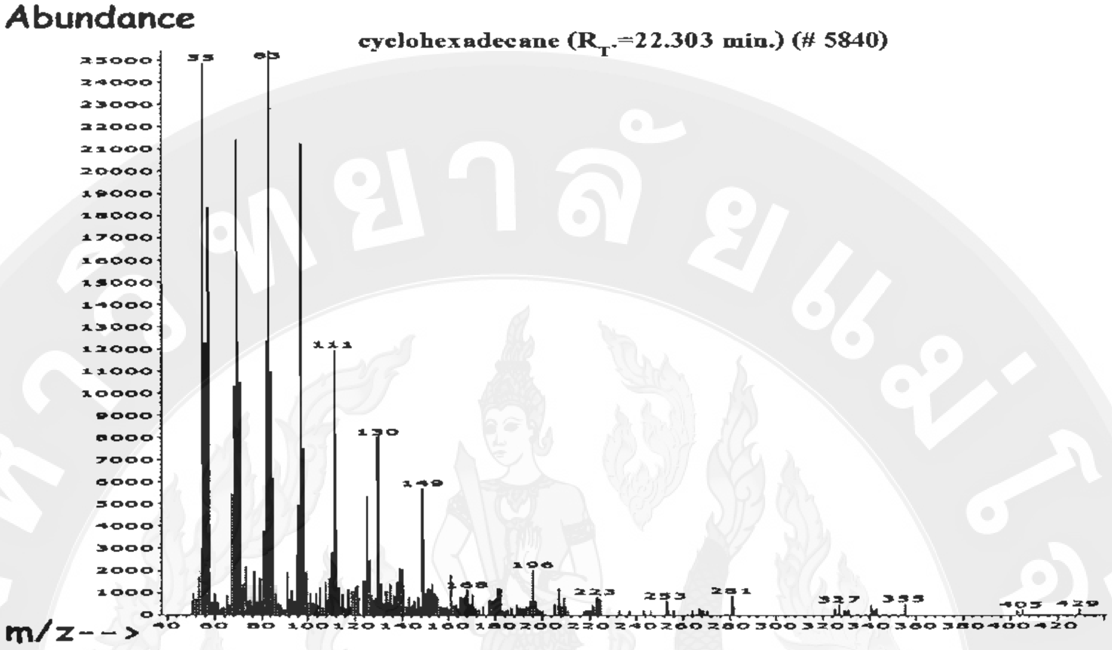
ภาพ 51 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 19.746 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-cyclohexen-1-ol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



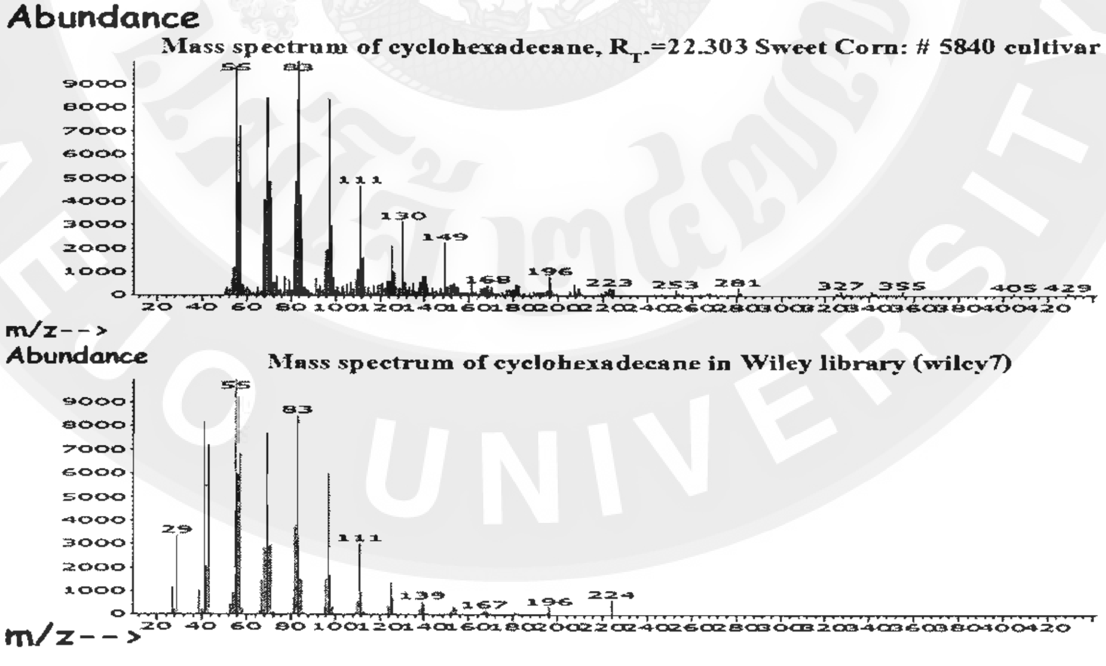
ภาพ 52 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentadecanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.943 นาที



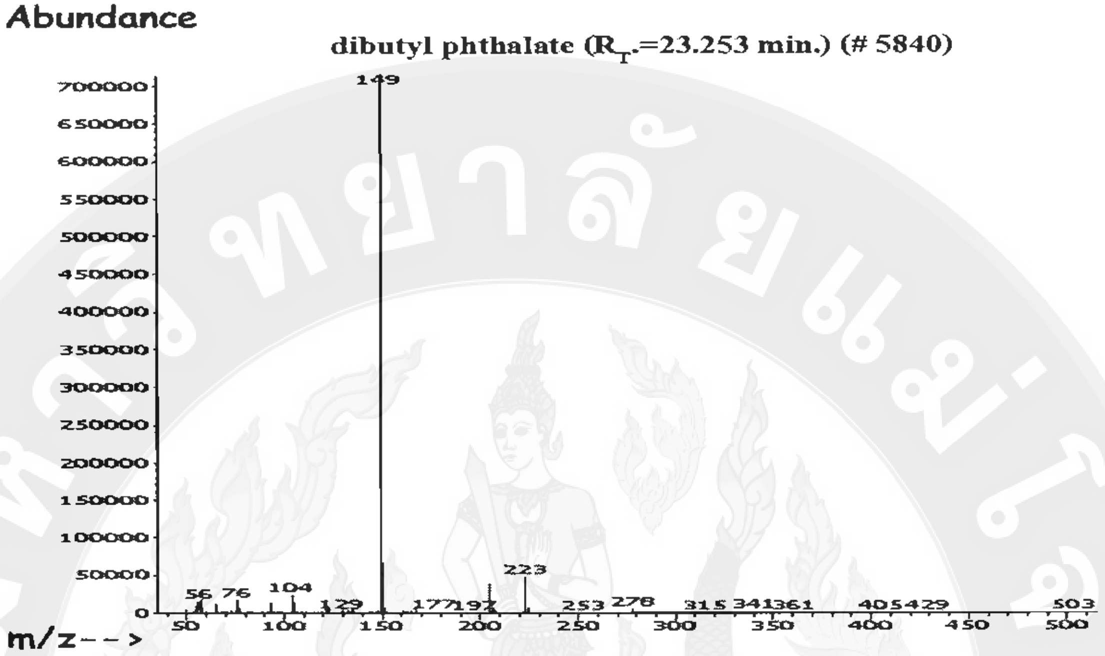
ภาพ 53 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 21.943 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentadecanone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



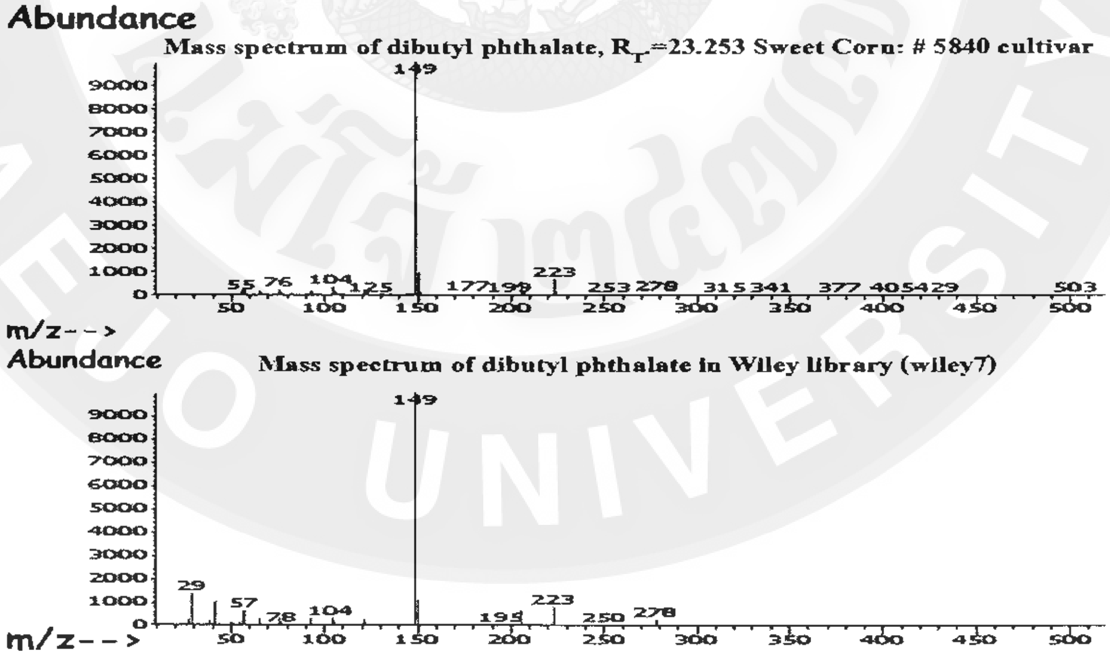
ภาพ 54 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ cyclohexadecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.303 นาที



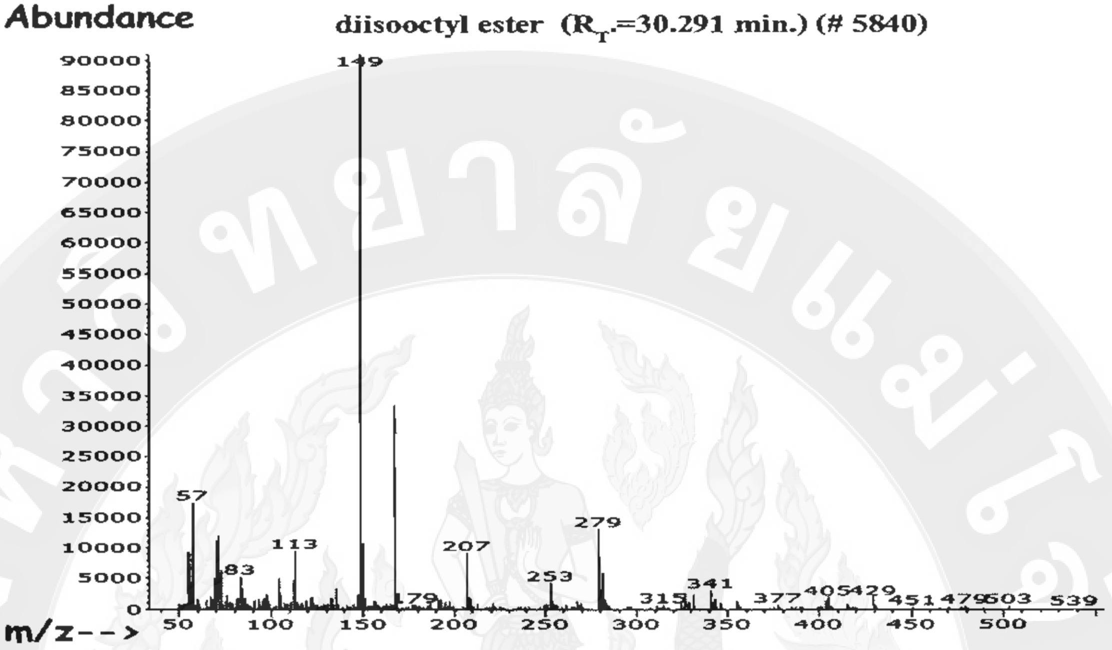
ภาพ 55 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T=22.30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร cyclohexadecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



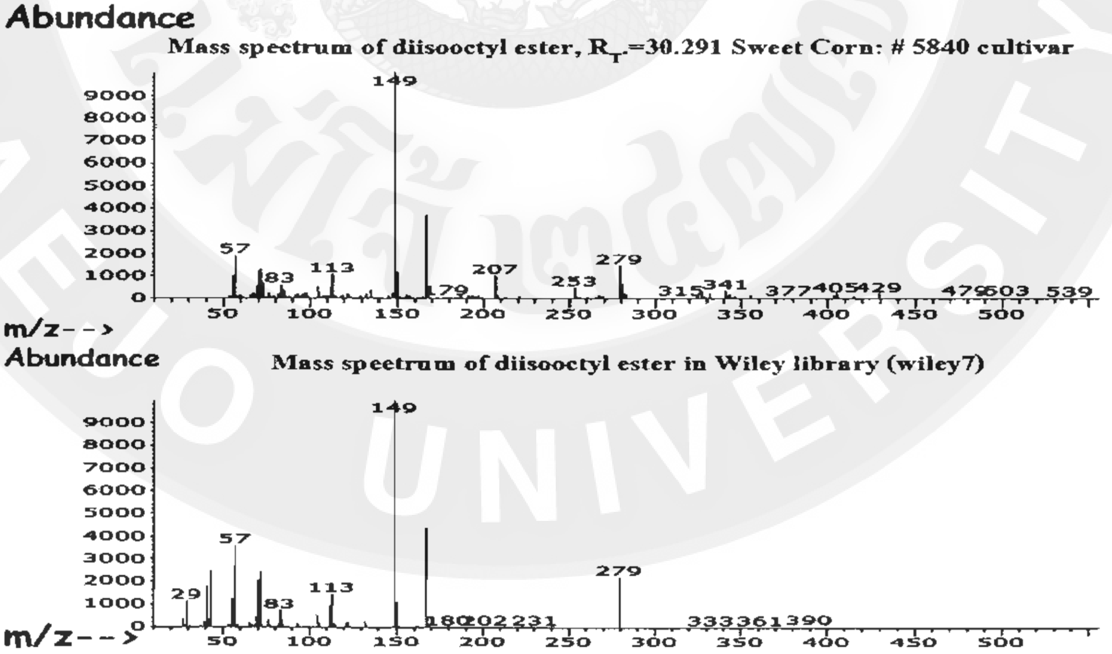
ภาพ 56 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที



ภาพ 57 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 58 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diisooctyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.291 นาที



ภาพ 59 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 ที่เวลา R_T=30.291 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diisooctyl ester ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

ตาราง 5 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	5.040	1-hexanol	51, 56, 60, 65, 69, 75, 79, 84, 88, 92, 98, 103, 115, 131, 207	102.10	93	4.77
2	8.920	1-propanol	51, 57, 62, 68, 73, 79, 84, 91, 97, 106, 252	106.05	98	1.84
3	10.791	unknown	51, 53, 55, 57, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 84, 86, 88, 91, 93, 95, 97, 103, 105, 108, 110, 113, 119, 128, 134	128.12	47	1.09
4	11.205	unknown	51, 55, 59, 65, 69, 75, 79, 84, 91, 97, 102, 105, 109, 115, 119, 126, 134, 281	128.94	35	0.73
5	11.563	phenol	53, 62, 69, 81, 94, 109, 117, 124, 131, 207, 280, 340	124.05	93	1.29
6	11.638	phenol	51, 57, 66, 71, 81, 88, 94, 99, 109, 115, 124, 131, 156, 207, 281	124.05	86	1.43
7	12.124	phenylethyl Alcohol	51, 57, 61, 65, 69, 73, 77, 84, 91, 98, 103, 109, 114, 122, 128, 134, 207	122.07	96	1.78

ตาราง 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
8	14.324	unknown	55, 65, 77, 84, 91, 99, 107, 120, 128, 136, 155, 162, 313, 325, 341	120.06	64	10.82
9	18.971	unknown	50, 55, 65, 71, 77, 83, 91, 96, 101, 107, 115, 120, 125, 130, 137, 144, 152, 157, 162, 168, 175, 180, 193, 207, 213, 228, 253, 281, 388	172.18	48	0.97
10	19.072	unknown	55, 65, 71, 77, 83, 91, 101, 107, 114, 119, 125, 131, 138, 148, 154, 162, 168, 176, 190, 107, 213, 253, 281	191.13	91	16.74
11	19.201	unknown	51, 55, 60, 65, 71, 77, 83, 91, 95, 101, 107, 113, 119, 127, 132, 137, 144, 149, 155, 162, 167, 176, 181, 190, 207, 243	224.14	80	4.00
12	19.632	unknown	55, 69, 83, 91, 99, 107, 119, 133, 141, 149, 159, 169, 177, 192, 200, 210, 267, 281, 341, 434	134.11	30	5.08

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
13	19.746	2-cyclohexen-1-ol	55, 63, 69, 75, 81, 91, 101, 109, 119, 125, 131, 137, 145, 152 159, 165, 175, 184, 190, 200, 208, 214, 253, 281, 294, 327	152.12	96	3.57
14	20.371	unknown	55, 62, 69, 77, 84, 91, 101, 109, 118, 123, 131, 139, 147, 157, 165, 175, 182, 193, 200, 208, 222, 241, 253, 281, 327, 341, 405	193.07	47	8.93
15	21.943	2-pentadecanone	50, 58, 71, 85, 95, 109, 120, 130, 138, 151, 165, 179, 194, 210, 225, 235, 250, 268, 281, 315, 327, 341, 355, 429	268.28	93	3.76
16	22.303	cyclohexadecane	55, 69, 83, 97, 111 ,121, 130, 139, 149, 161, 170, 182, 196, 207, 224, 241, 253, 268, 281, 315, 327, 341, 355	224.25	99	3.82

ตาราง 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
17	23.253	dibutyl phthalate	57, 67, 76, 93, 104, 121, 135, 149, 160, 177, 193, 205, 223, 233, 253, 267, 273, 288, 315, 341, 355, 377, 405, 415, 429, 503	278.15	95	23.04
18	30.291	diisooctyl ester	57, 71, 83, 97, 113, 124, 135, 149, 167, 179, 193, 207, 221, 235, 253, 267, 279, 295, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 417, 429, 451, 479, 503	390.28	96	6.28

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ Golden Sweeter เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 5.286 ถึง 30.331 นาที (ภาพ 60) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 23 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 0.6 ถึง 19.72% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีชนิดของสารความหอม 8 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-hexanol, phenol และ 8-quinolinol

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate

สารหอมในกลุ่มของ hydrocarbon group ได้แก่ 1-propene และ 3-hexene

และสารหอมในกลุ่มของ Nitrogen-containing compound ได้แก่ diethyltoluamide

สารหอมทั้ง 8 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ได้แก่

1) 1-hexanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.286 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 102.10 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 61) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 62) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม 1-hexanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.66% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

2) 1-propene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 7.741 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 88.03 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 63) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 64) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม 1-propene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.51% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

3) 3-hexene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 10.739 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 98.11 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 65) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 66) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม 3-hexene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.74% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

4) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 12.158 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 67) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 68) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม phenylethyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 18.95% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

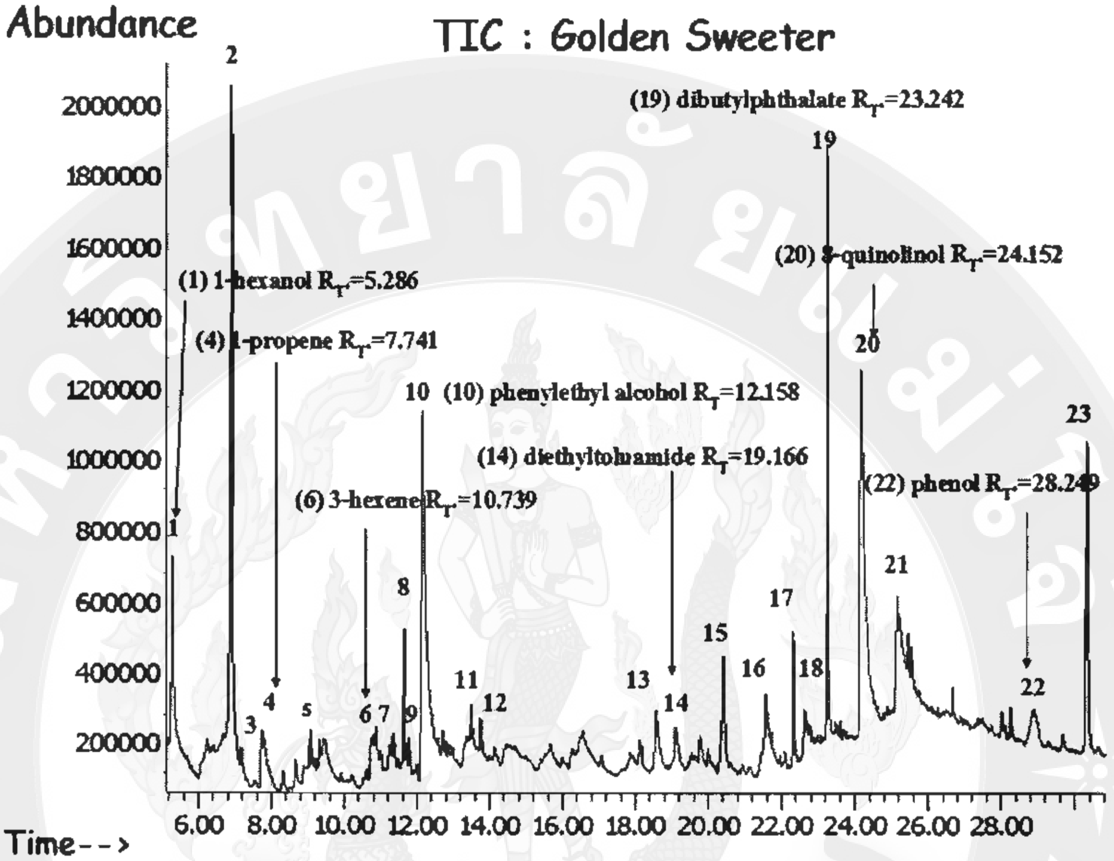
5) diethyltoluamide ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 19.116 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 69) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 70) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม diethyltoluamide ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.41% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

6) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.242 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 71) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 72) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 7.89% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

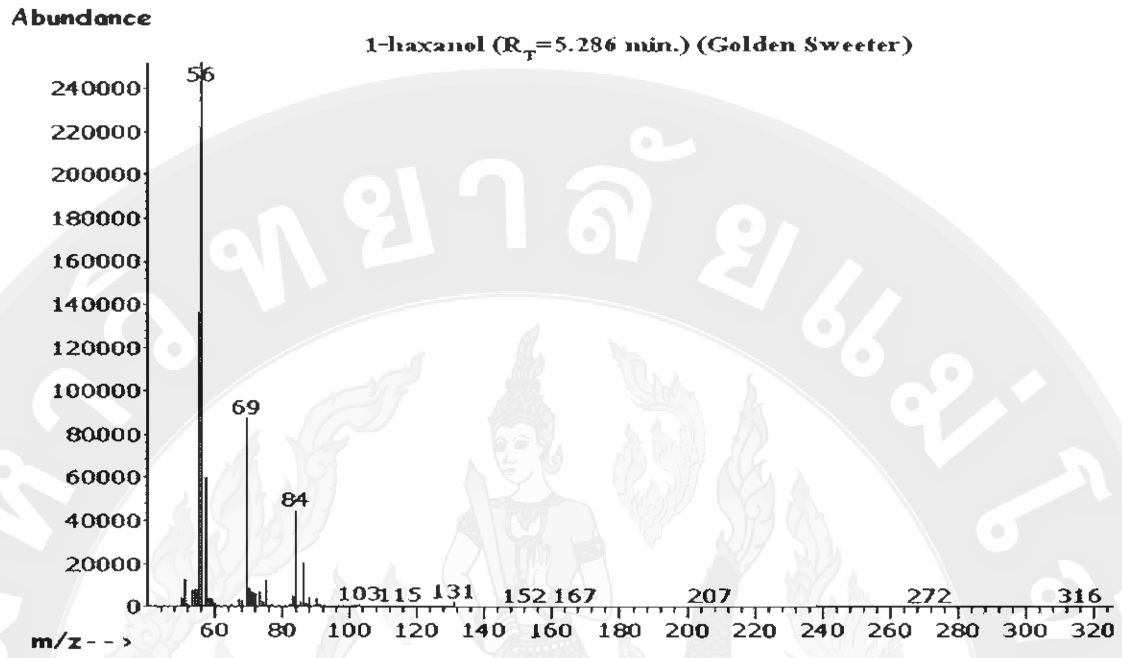
7) 8-quinolinol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.152 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 145.05 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 73)

เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 74) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม 8-quinolinol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 19.72% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

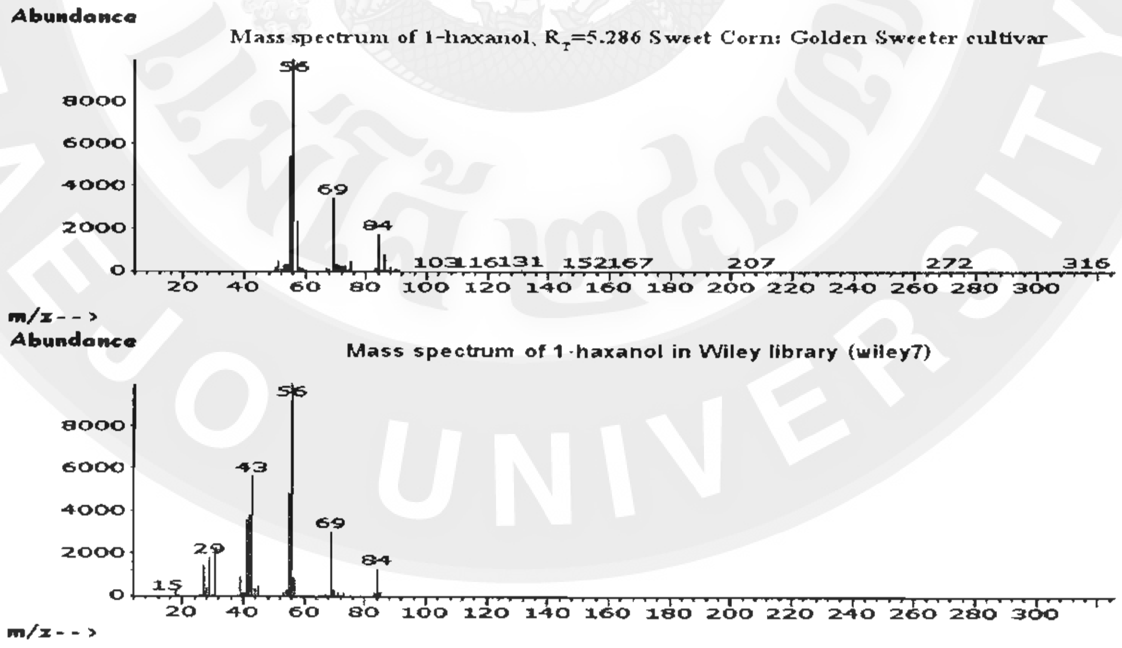
8) phenol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 28.249 นาที (ภาพ 60) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 340.24 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 75) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 76) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม phenol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.77% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)



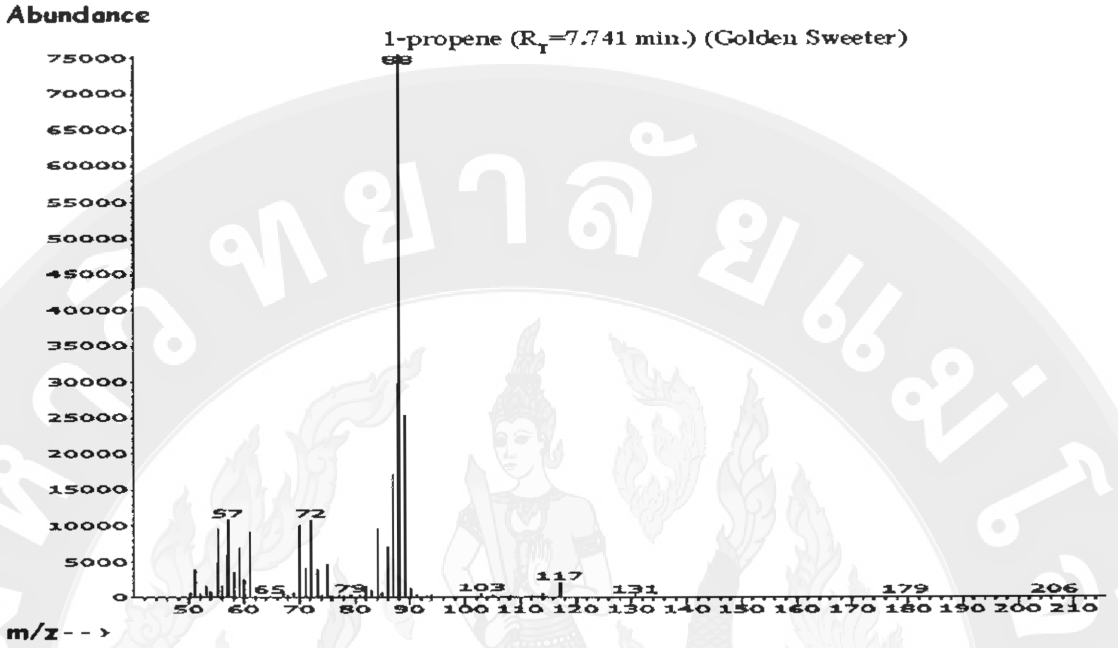
ภาพ 60 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 23 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



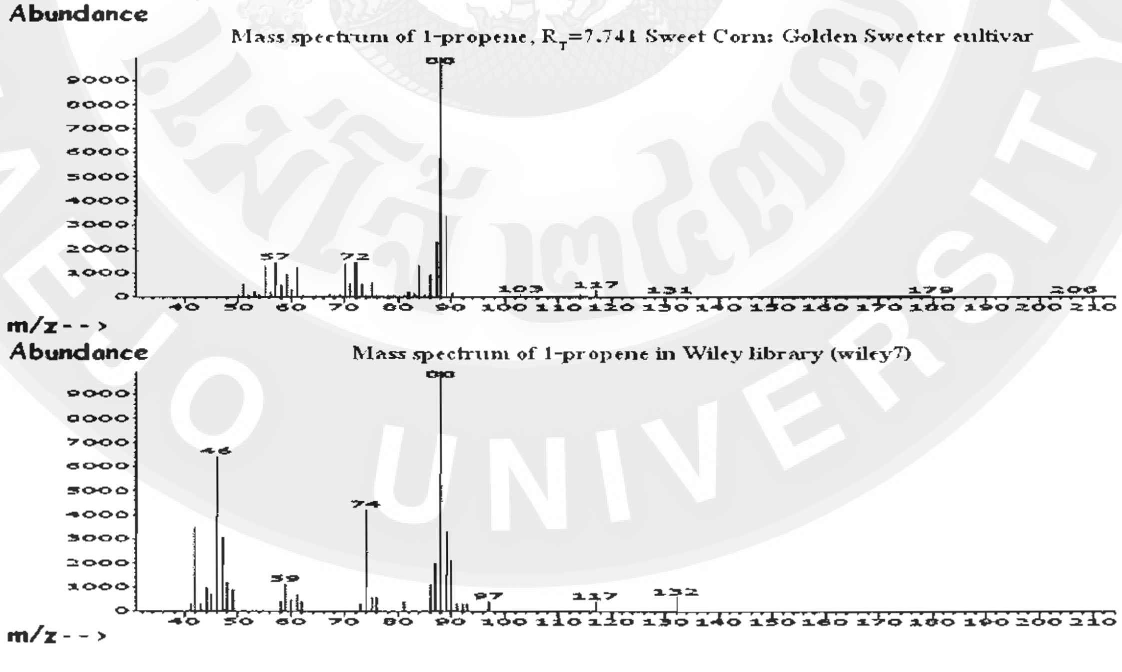
ภาพ 61 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1- hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.286 นาที



ภาพ 62 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 5.286 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-haxanol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

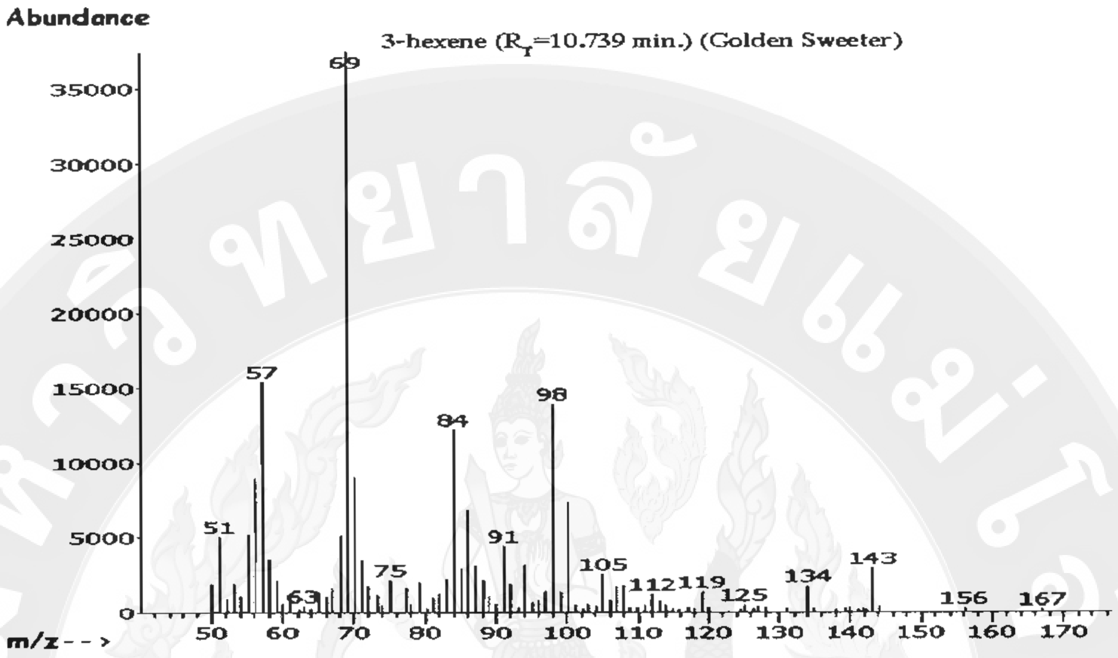


ภาพ 63 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1- propene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 7.741 นาที

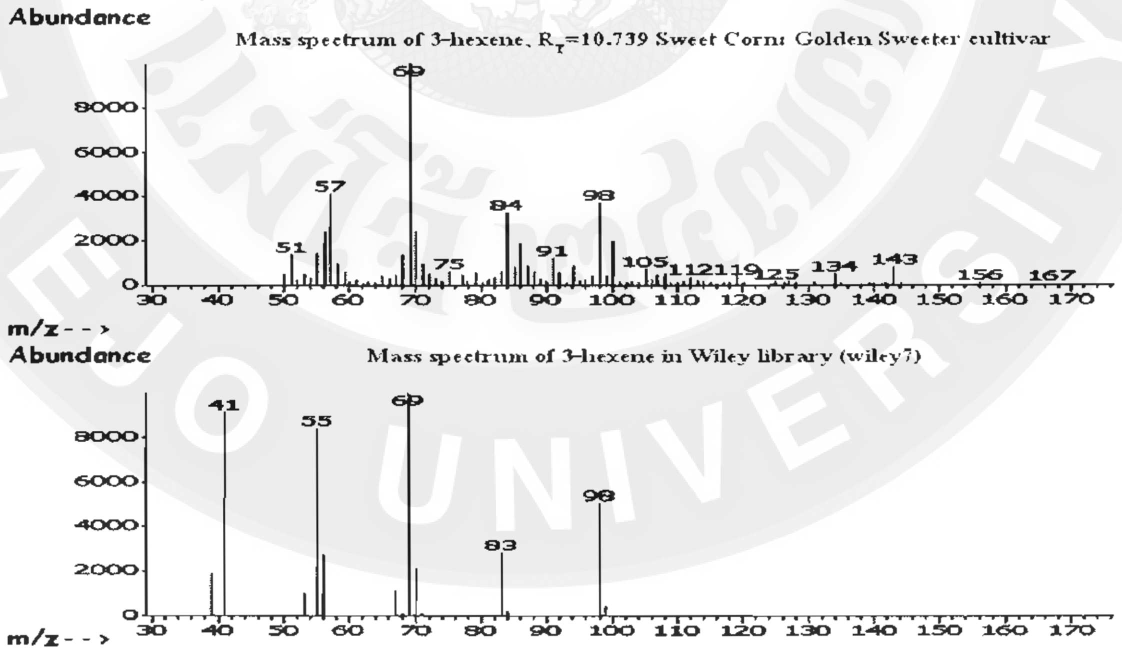


ภาพ 64 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 7.741 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

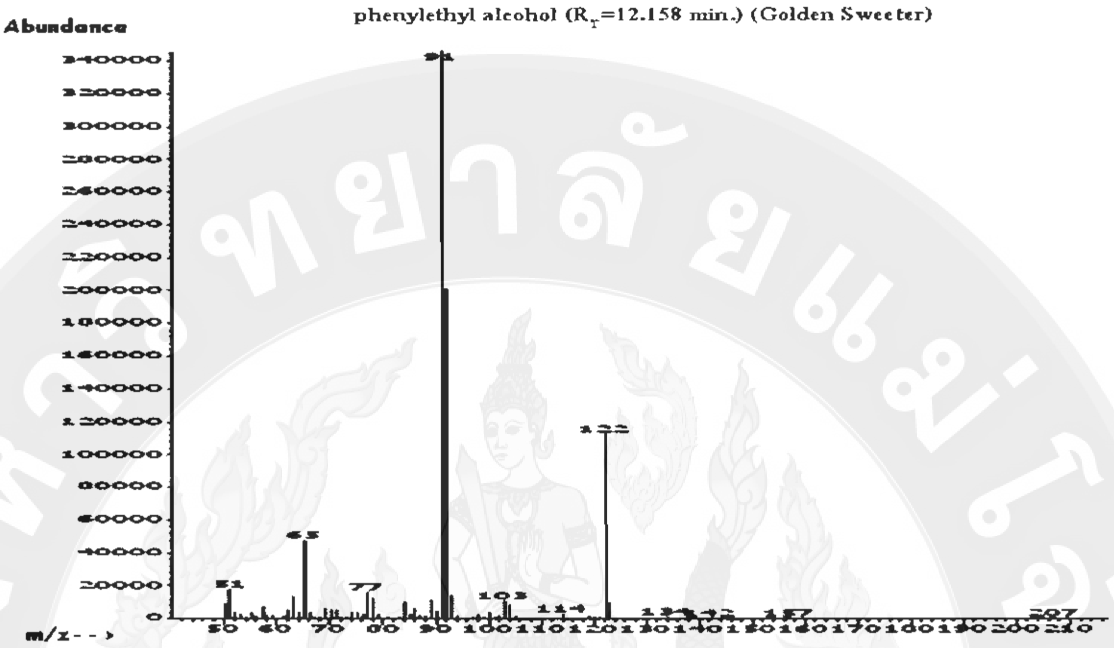
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY



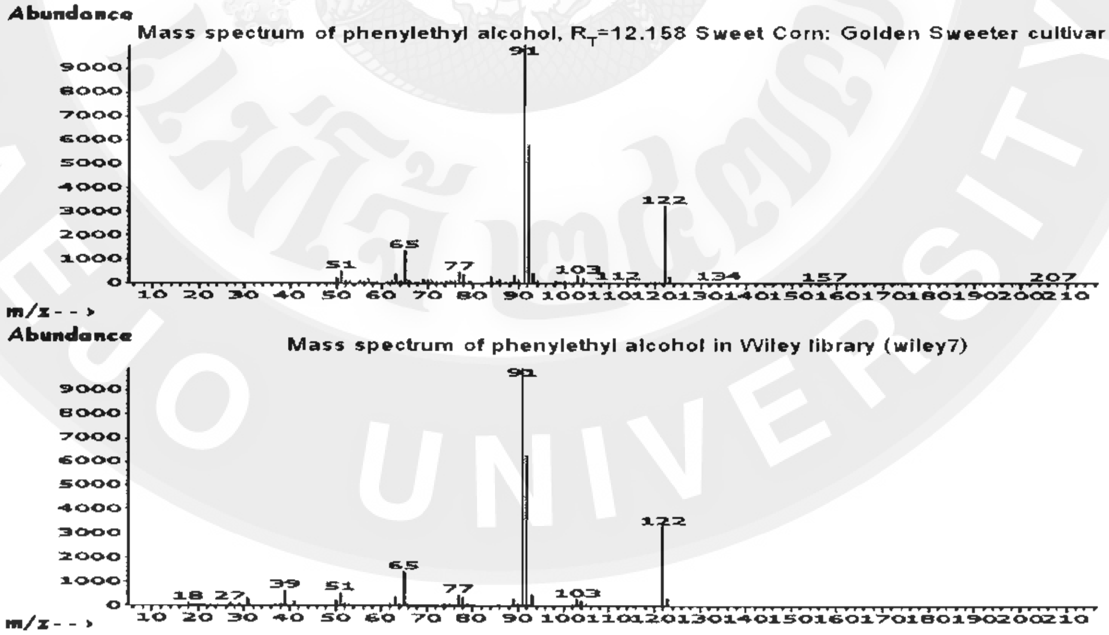
ภาพ 65 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 10.739 นาที



ภาพ 66 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 10.739 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexene ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

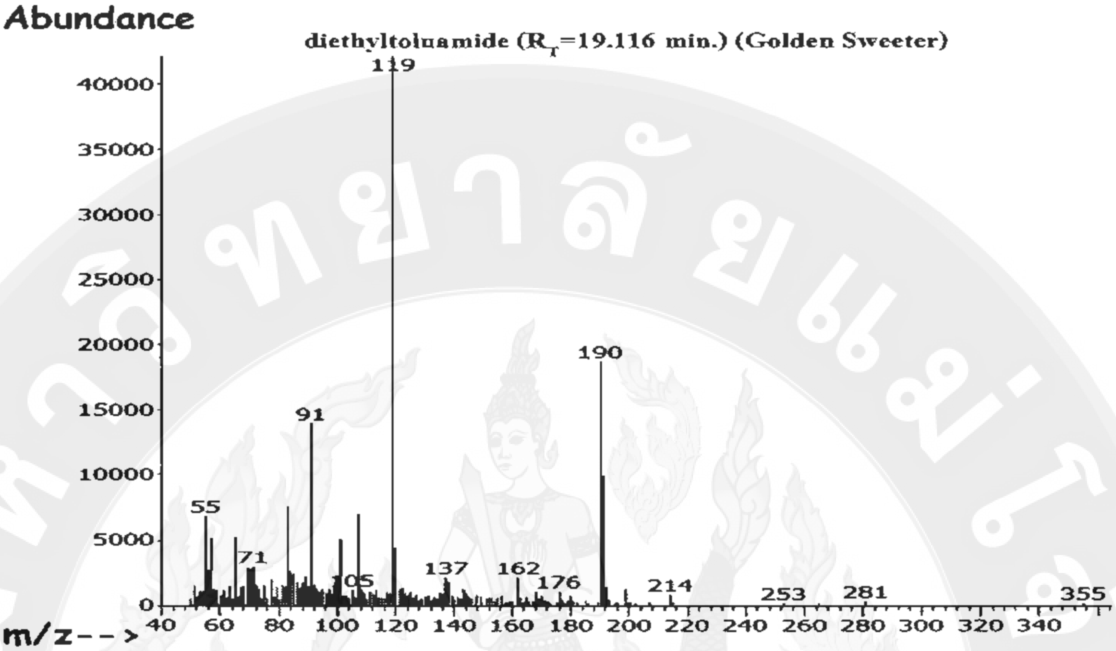


ภาพ 67 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.158 นาที

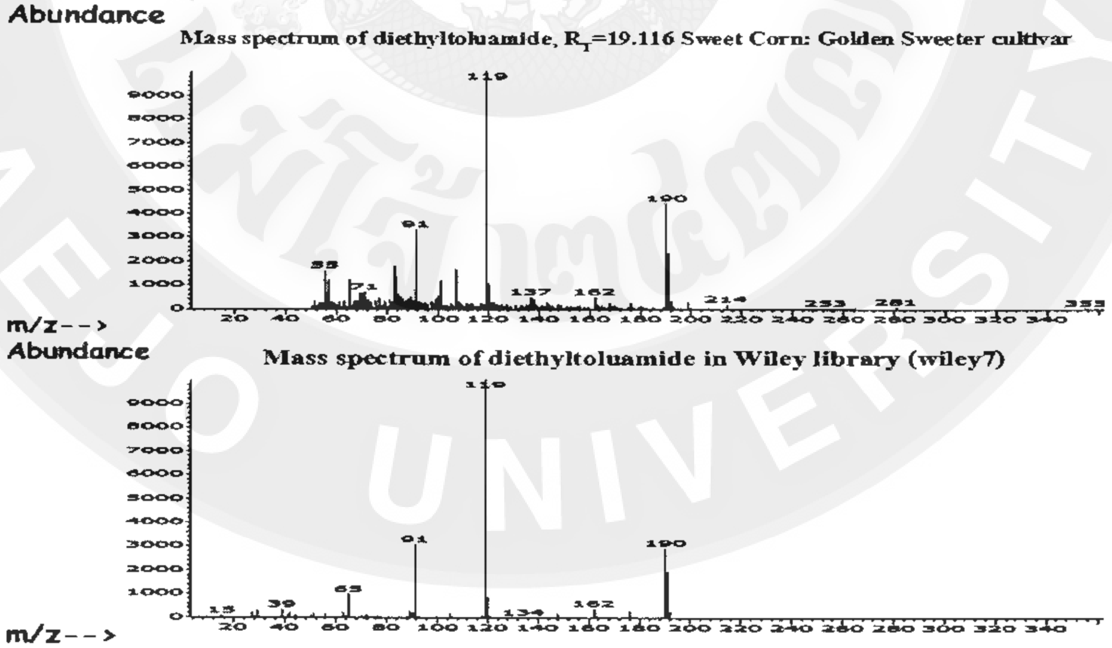


ภาพ 68 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 12.158 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

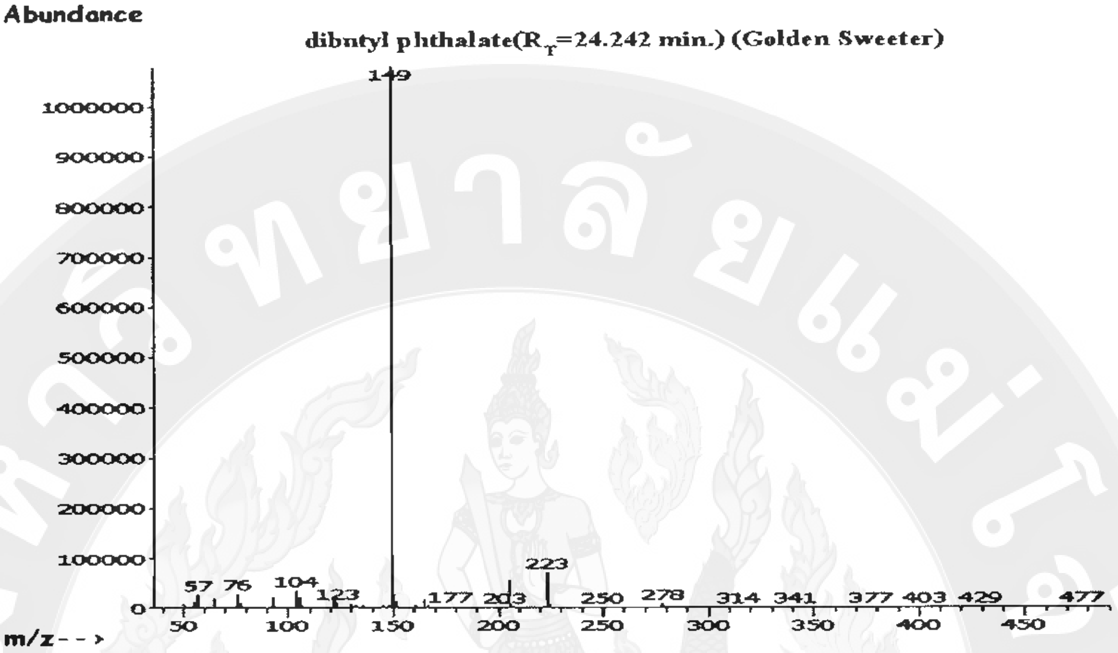
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY



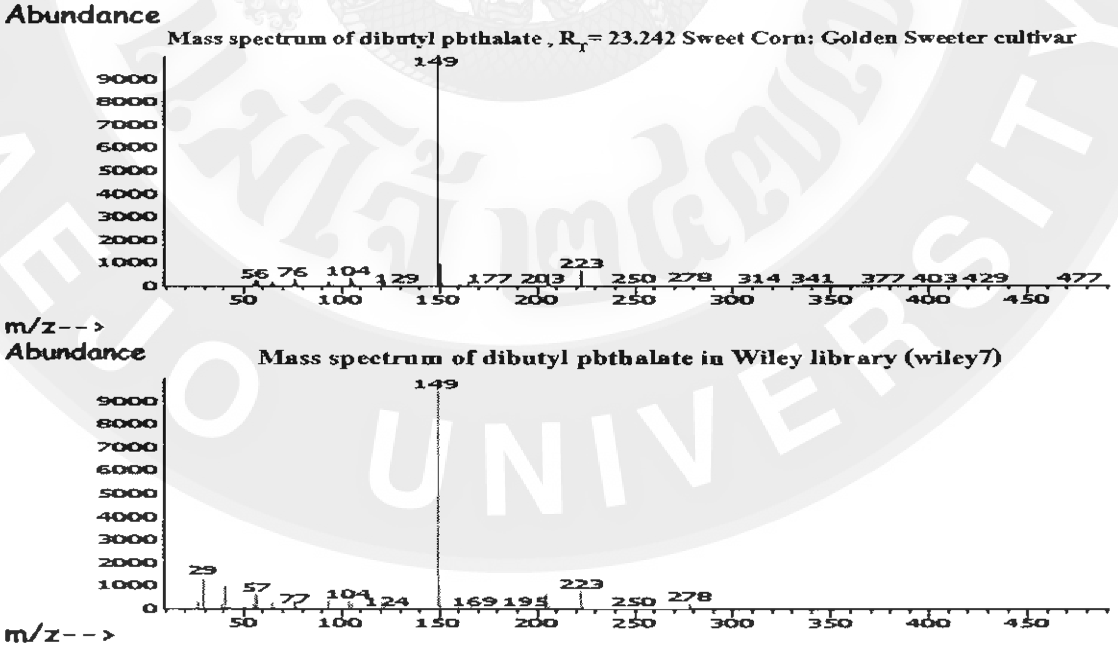
ภาพ 69 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethytoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.116 นาที



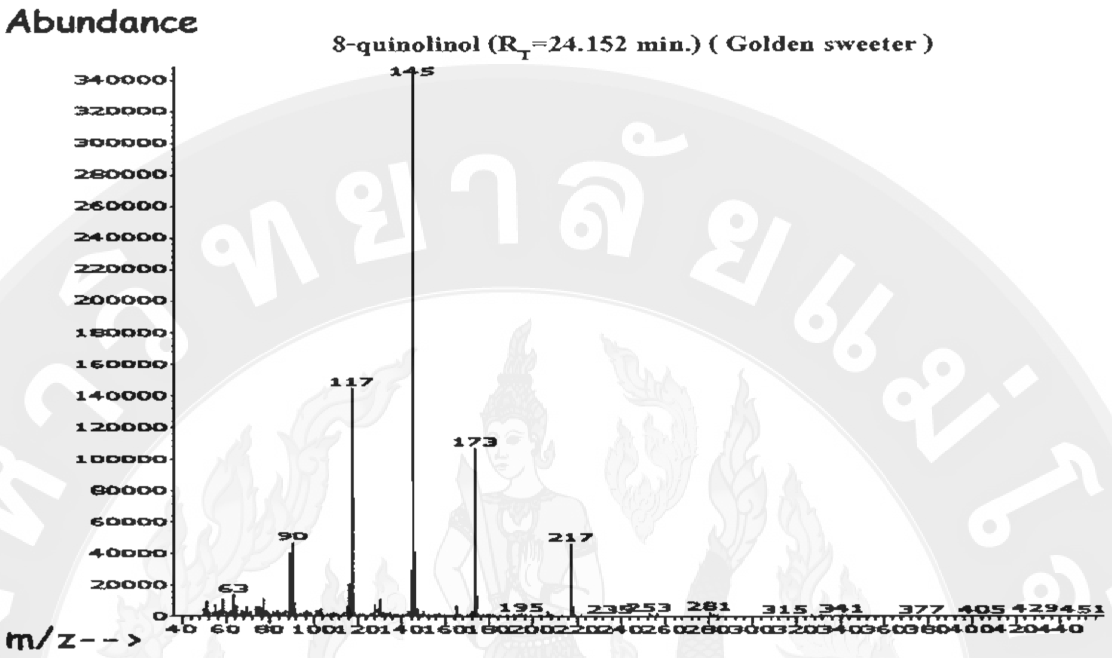
ภาพ 70 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 19.116 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethytoluamide ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



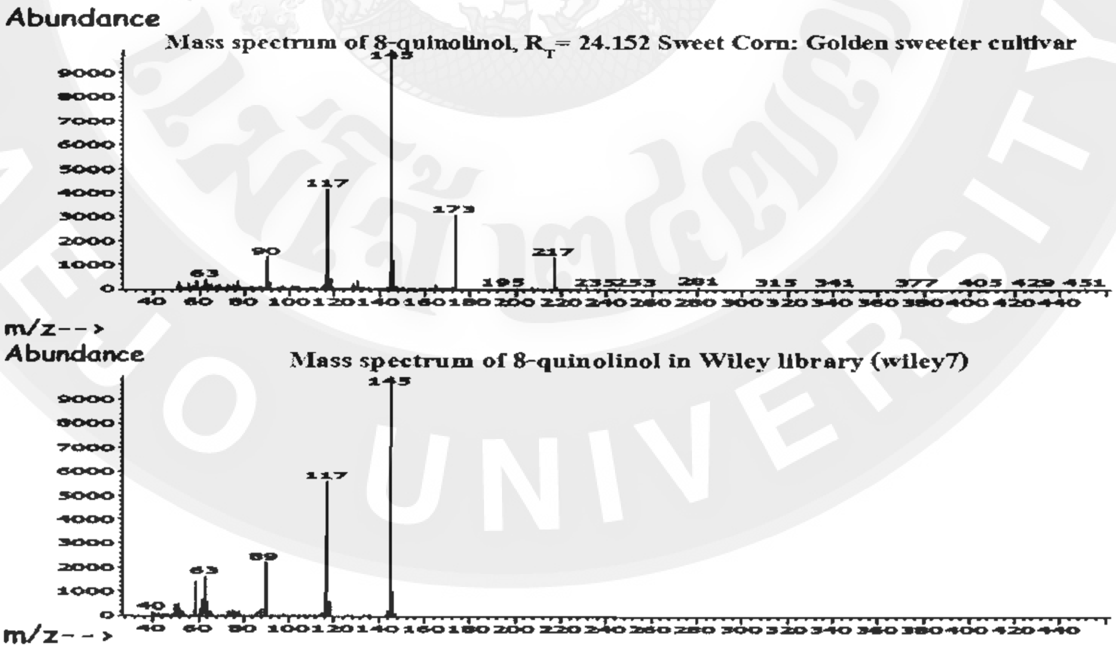
ภาพ 71 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.242 นาที



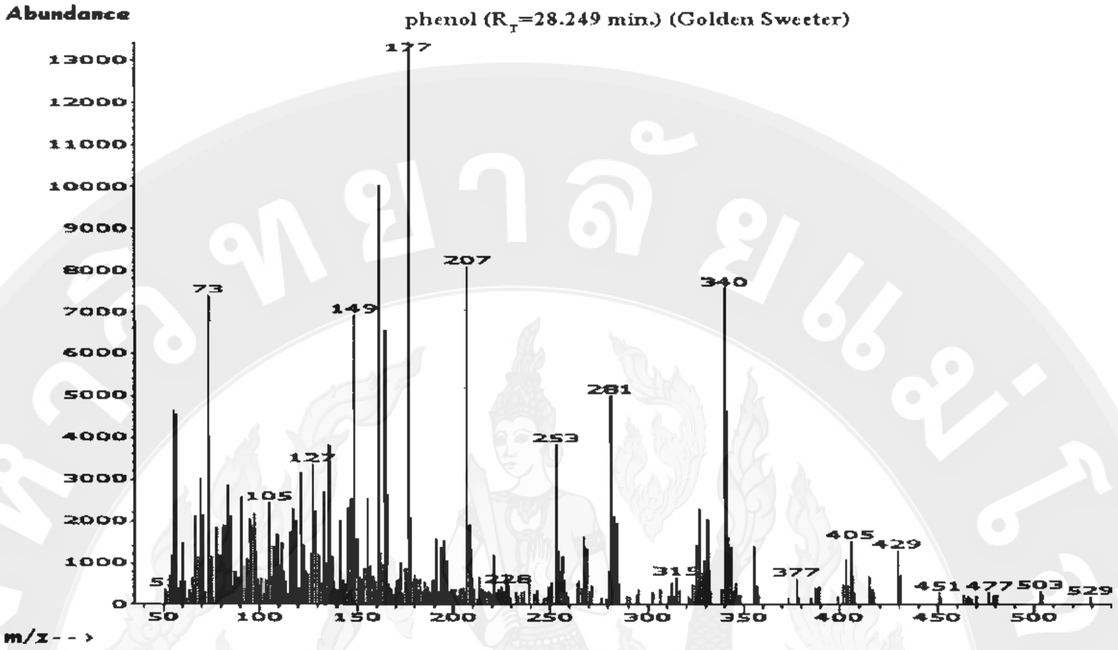
ภาพ 72 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 23.242 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



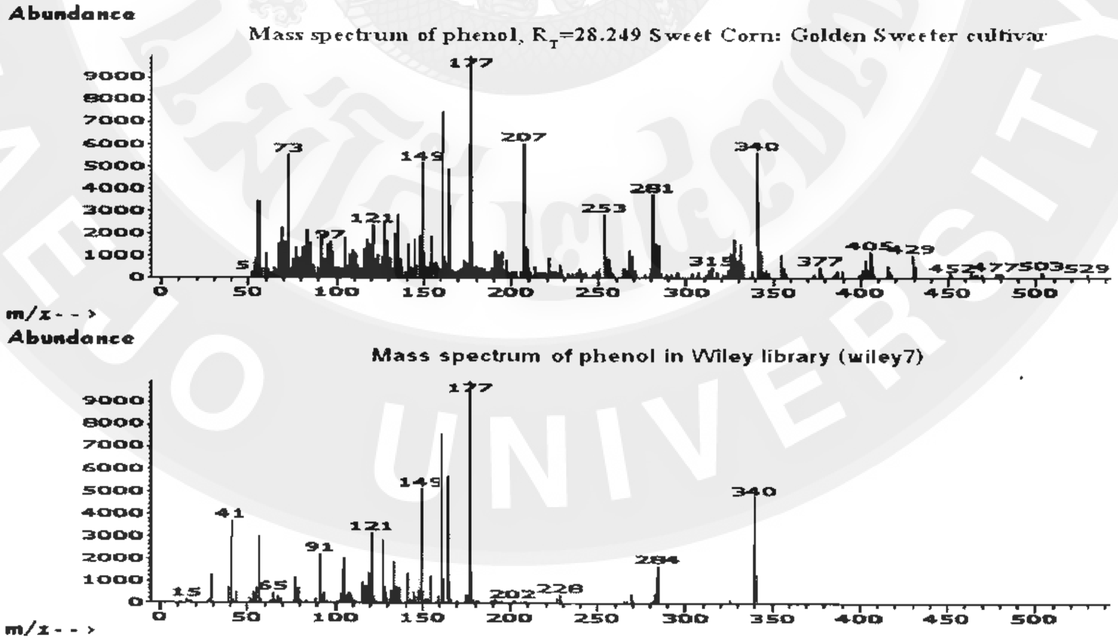
ภาพ 73 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 8-quinolinol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.152 นาที



ภาพ 74 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 24.152 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 8-quinolinol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



ภาพ 75 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 28.249 นาที



ภาพ 76 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter ที่เวลา R_T= 28.249 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 6 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
1	5.286	1-hexanol	50, 56, 63, 69, 77, 84, 91, 103, 115, 131, 152, 167, 207, 272, 281, 316	102.10	92	4.66
2	6.883	unknown	51, 59, 67,75, 84, 100, 108, 117, 131, 145, 169, 207, 423	100.09	72	16.51
3	7.169	methane	51, 58, 69, 75, 83, 88, 96, 103, 108, 119, 126, 131, 145	104.08	43	0.76
4	7.741	1-propene	51, 57, 61, 67, 72, 77, 84, 88, 94, 99, 103, 108, 112, 117, 131, 179, 206	88.03	93	3.51
5	8.668	unknown	51, 56, 61, 70, 77, 84, 93, 98, 105, 113, 121, 126, 136, 193, 209, 281	136.13	56	0.83
6	10.739	3-hexene	51, 54, 57, 61, 65, 68, 72, 75, 79, 84, 87, 91, 94, 94, 101,105, 108, 112, 115, 119, 125, 128, 131, 134, 140, 143, 156, 167	98.11	98	0.74
7	11.334	unknown	57, 71, 84, 98, 112, 126, 134, 146, 154, 165, 281, 425	112.02	47	0.76

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
8	11.632	unknown	53, 57, 61, 67, 71, 75, 81, 85, 90, 94, 98, 105, 109, 113, 117, 124, 128, 136, 141, 146, 156, 207	156.19	91	1.92
9	11.764	cycloheptane	51, 54, 57, 61, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 84, 88, 91, 95, 98, 101, 105,109, 114, 119, 124, 127, 133, 136, 141, 148, 156	98.11	30	0.70
10	12.158	phenethyl alcohol	51, 57, 61, 65, 69, 73, 77, 84, 91, 98, 103, 109, 114, 118, 122, 127, 134, 141, 151, 157, 207	122.07	95	18.95
11	13.503	unknown	51, 57, 65, 71, 77, 83, 91, 98, 107, 112, 127, 136, 141, 148, 155, 170, 207, 281	170.20	80	0.71
12	13.743	piperidine	51, 55, 61,65, 69, 73, 77, 83, 87, 91, 97, 101, 107, 114, 118, 122, 126, 133, 138, 142, 148, 156, 185, 207	142.02	35	0.6
13	18.556	unknown	50, 55, 61, 69, 77, 85, 91, 99, 107, 113, 120, 125, 130, 135, 141, 146, 151, 156, 161, 166, 171, 184, 192, 199, 207, 214, 281	214.11	90	2.16

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
14	19.116	diethyltoluamide	55, 65, 72, 83, 91, 100, 107, 119, 127, 137, 144, 153, 162, 169, 176, 190, 199, 207, 214, 253, 256, 281, 355	191.13	93	1.41
15	20.387	unknown	50, 55, 63, 69, 77, 82, 91, 97, 105, 117, 123, 131, 137, 142, 147, 152, 157, 165, 170, 175, 184, 193, 199, 208, 214, 219, 224, 230	236.14	50	3.11
16	21.548	unknown	55, 67, 77, 91, 107, 119, 130, 141, 151, 161, 170, 181, 193, 202, 213, 222, 236, 253, 267, 281, 327, 341, 429	213.08	38	1.33
17	22.321	unknown	55, 69, 83, 97, 111, 121, 130, 140, 149, 161, 170, 181, 196, 207, 216, 224, 243, 253, 267, 281, 315, 327, 341, 355, 405, 145, 429, 440	224.25	99	2.05
18	22.624	unknown	55, 65, 77, 91, 103, 117, 130, 142, 150, 165, 180, 193, 203, 211, 226, 241, 256, 264, 281, 315, 327, 341, 355, 405, 417, 430	203.10	91	1.36

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW [b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
19	23.242	dibutyl phthalate	57, 66, 76, 93, 104, 121, 130, 149, 165, 177, 194, 205, 223, 233, 250, 267, 278, 314, 331, 341, 355, 377, 403, 429, 477	278.15	95	7.89
20	24.152	8-quinolinol	51, 63, 77, 90, 103, 177, 130, 145, 154, 165, 173, 185, 195, 207, 217, 241, 253, 264, 281, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 451	145.05	91	19.72
21	25.147	8-quinolinol	55, 69, 79, 90, 101, 117, 130, 145, 157, 173, 185, 195, 207, 217, 227, 241, 253, 264, 281, 310, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 479, 503	145.05	70	2.36
22	28.249	phenol	55, 73, 91, 105, 121, 135, 149, 161, 177, 191, 207, 221, 239, 253, 267, 281, 295, 315, 327, 340, 355, 377, 389, 405, 416, 429, 451, 463, 477, 503	340.24	99	0.77

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคดรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b]	Quality[c] (%)	(%) of Total
23	30.331	unknown	37, 71, 83, 93, 113, 132, 149, 167, 180, 197, 207, 221, 241, 253, 269, 279, 295, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 418, 429, 451, 465, 503, 530	390.28	93	7.05

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

MAEJO UNIVERSITY

4.1.5 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 4.55 ถึง 30.33 นาที (ภาพ 77) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 17 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.02 ถึง 27.04% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีชนิดของสารความหอม 8 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ 3-hexanol

สารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-pentanone

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate

สารหอมในกลุ่มของ Nitrogen-containing compound ได้แก่ diethyltoluamide

และสารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ dodecane, tetradecane, docosane และ 1-hexene

สารหอมทั้ง 8 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ได้แก่

1) 2-pentanone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 4.554 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 116.08 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 78) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 79) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 97% และพบว่าสารหอม 2-pentanone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.06% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

2) 1-hexene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.298 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 84.09 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 80) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 81) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม 1-hexene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.02% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

3) 3-hexanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 6.310 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 100.09 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 82) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 83) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม 3-hexanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 8.40% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

4) dodecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 13.503 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 170.20 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 84) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 85) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 94% และพบว่าสารหอม dodecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.96% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

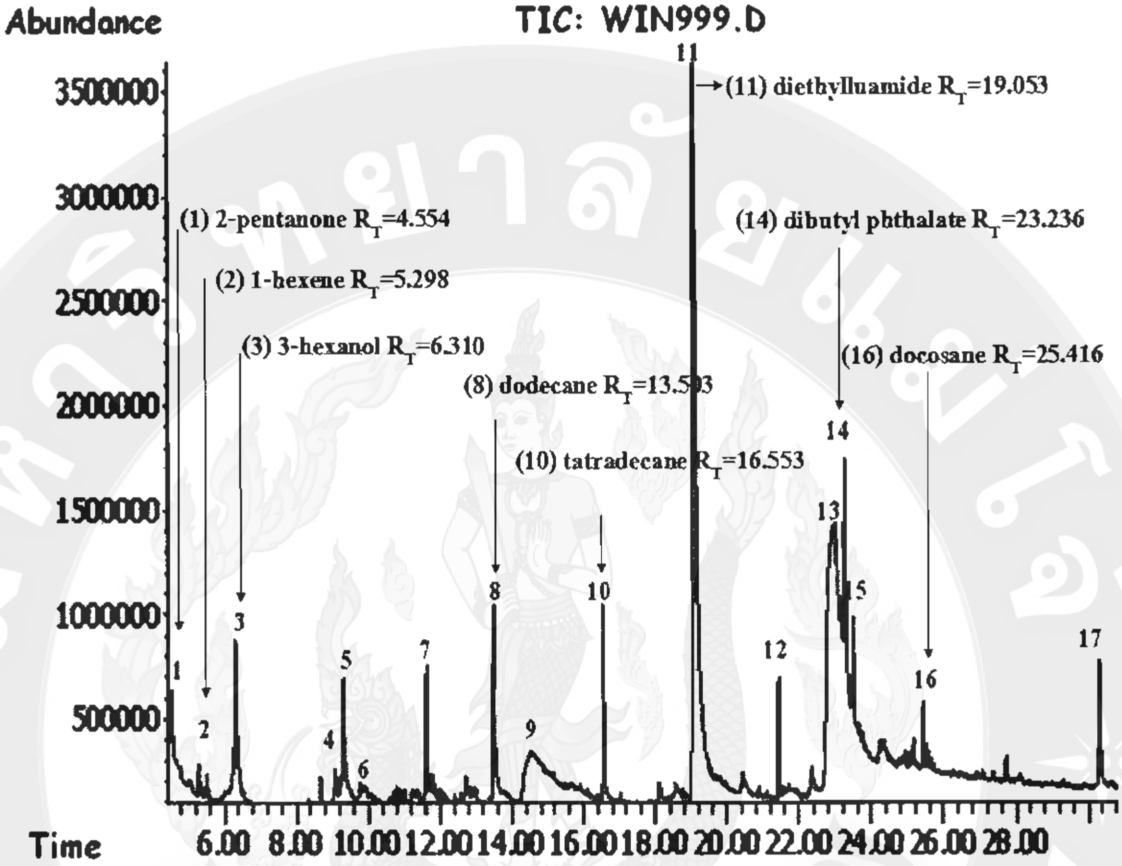
5) tetradecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 16.533 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 198.24 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 86) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 87) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม tetradecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.15% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

6) diethyltoluamide ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 19.053 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 191.13 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 88) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 89) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม diethyltoluamide ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 27.04% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

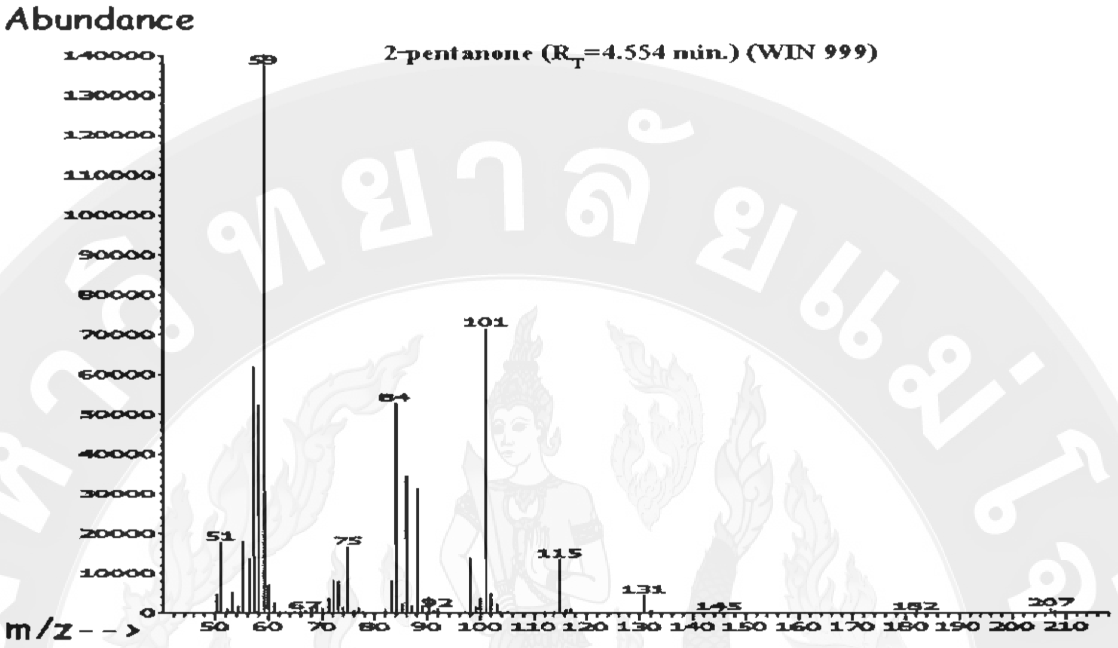
7) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.236 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่

พบ (ภาพ 90) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 91) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 7.78% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)

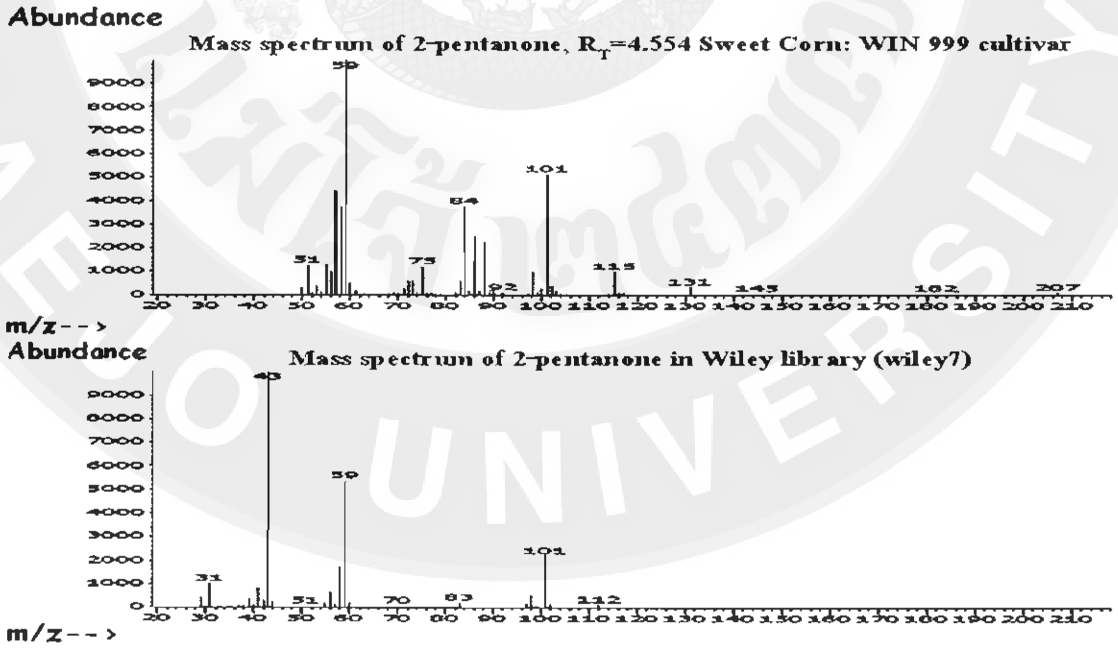
8) docosane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 25.416 นาที (ภาพ 77) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 310.36 (ตาราง 7) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 92) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 93) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม docosane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.14% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 7)



ภาพ 77 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 17 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS

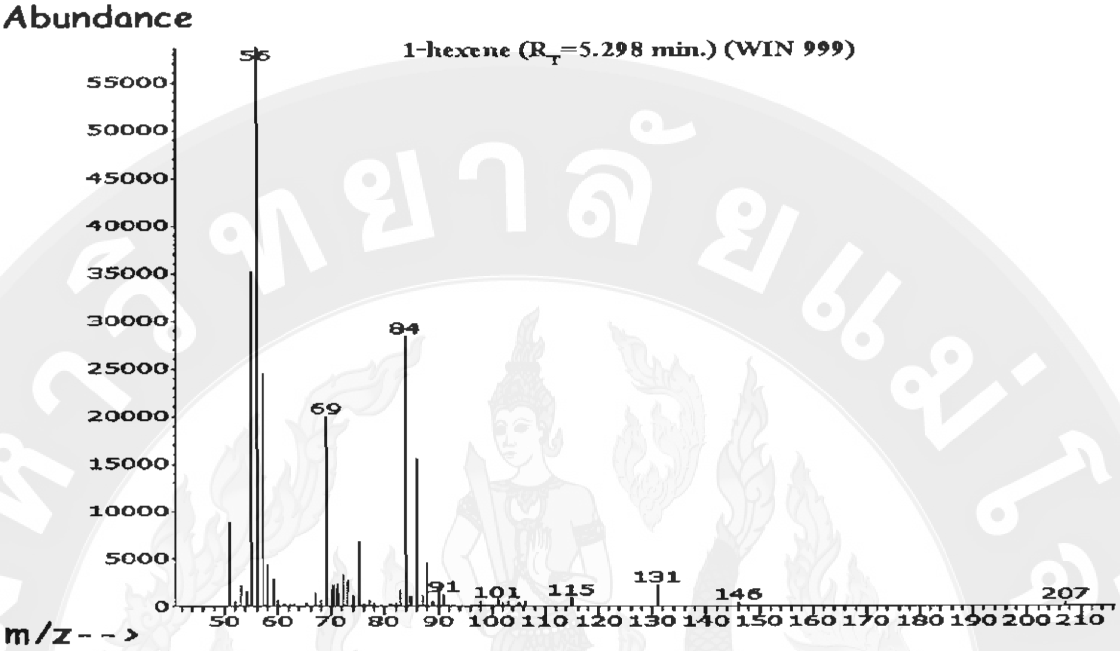


ภาพ 78 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 4.554 นาที

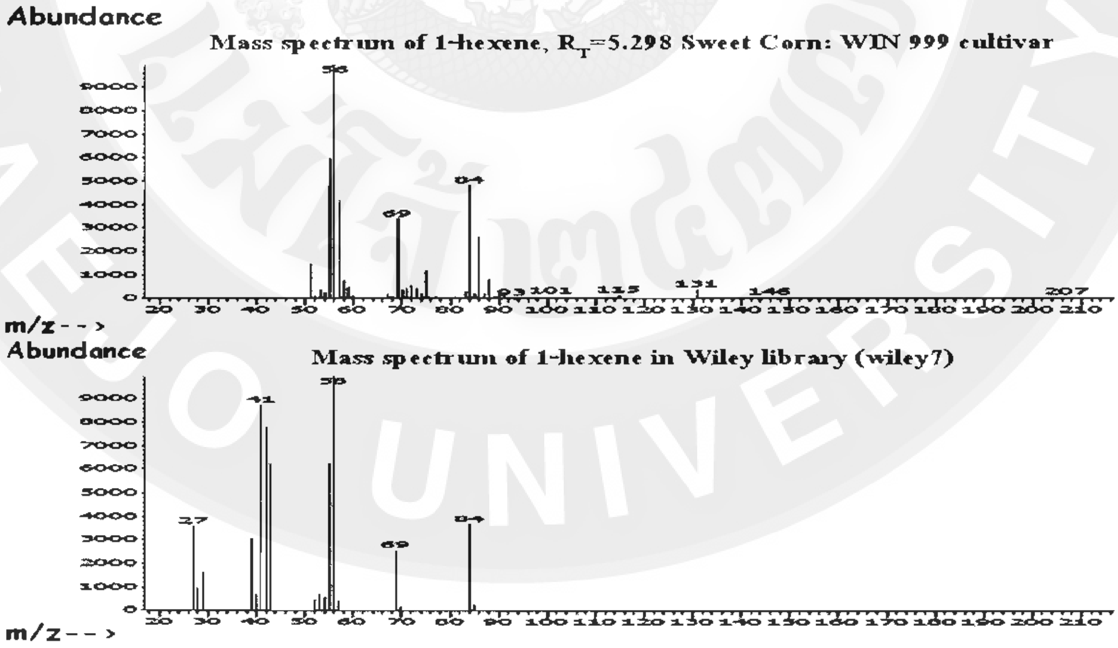


ภาพ 79 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T=4.554 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

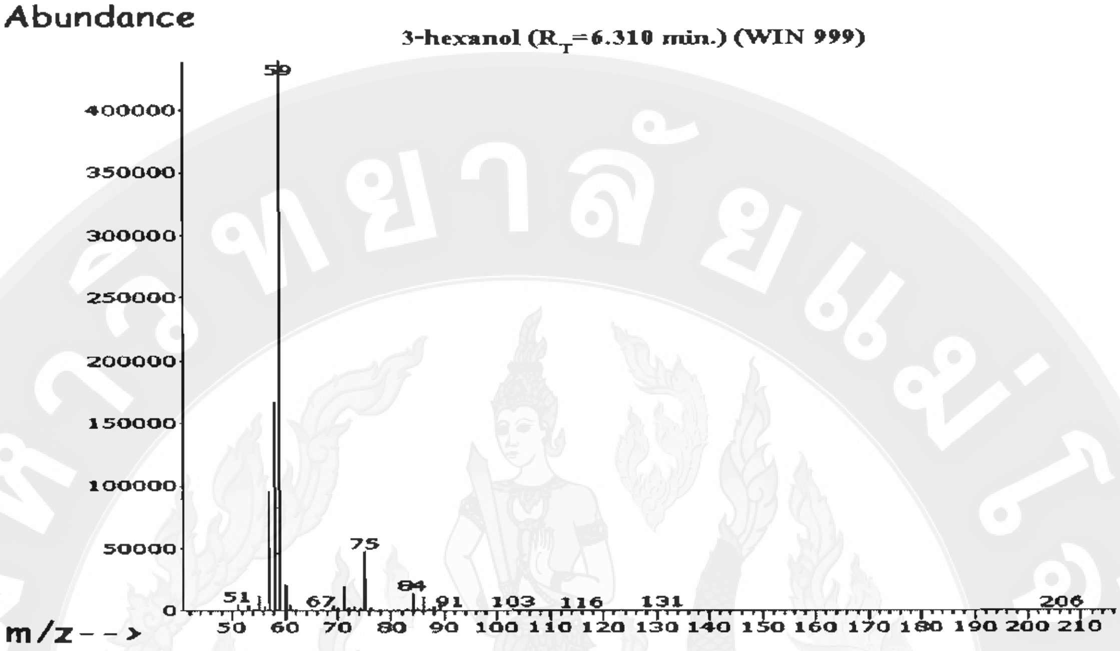
MAEJO UNIVERSITY



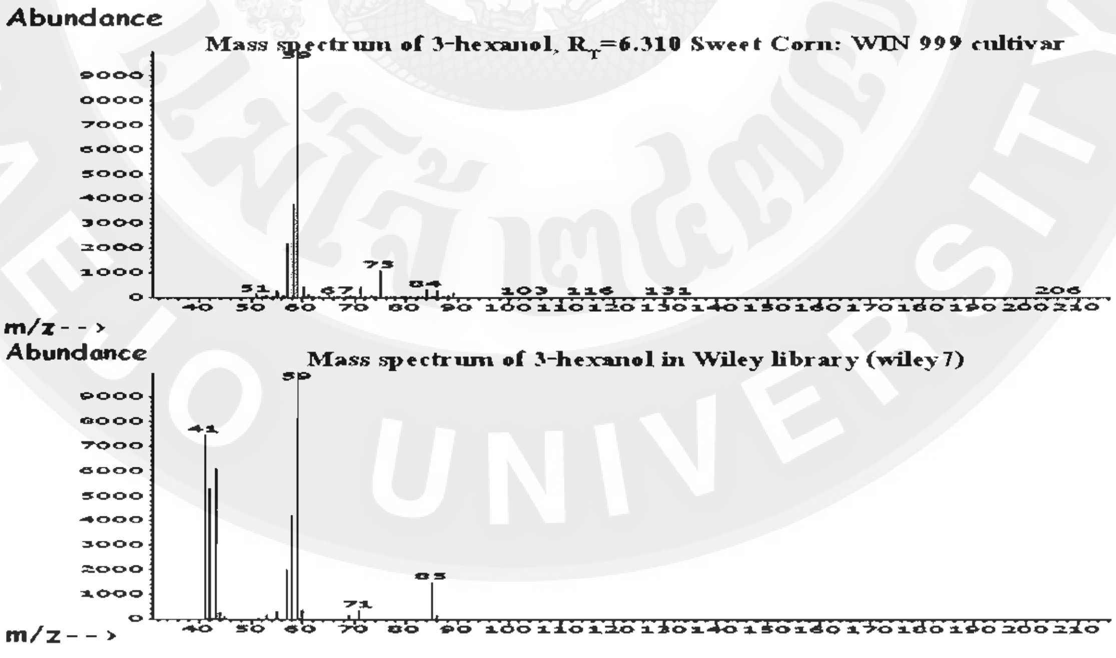
ภาพ 80 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 5.298 นาที



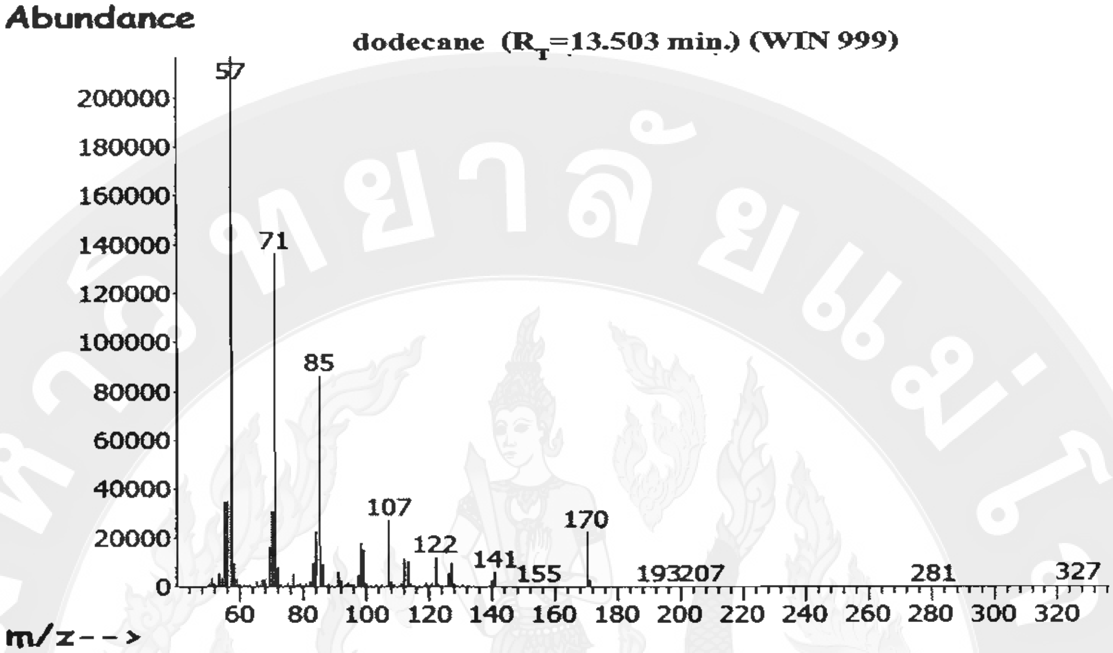
ภาพ 81 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 5.298 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



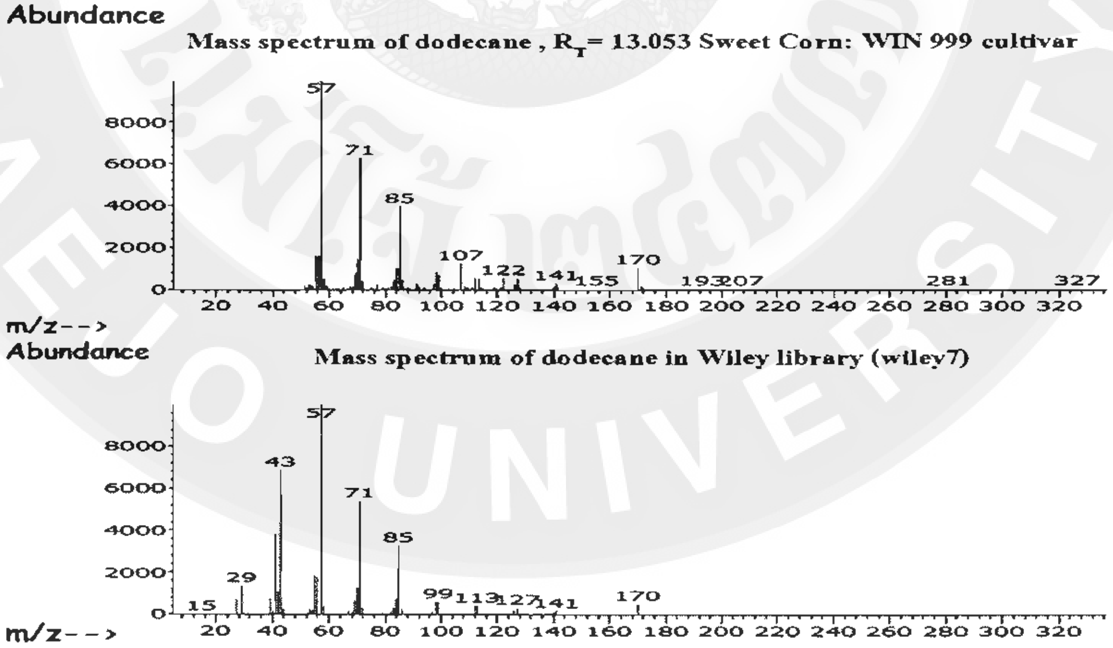
ภาพ 82 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 6.310 นาที



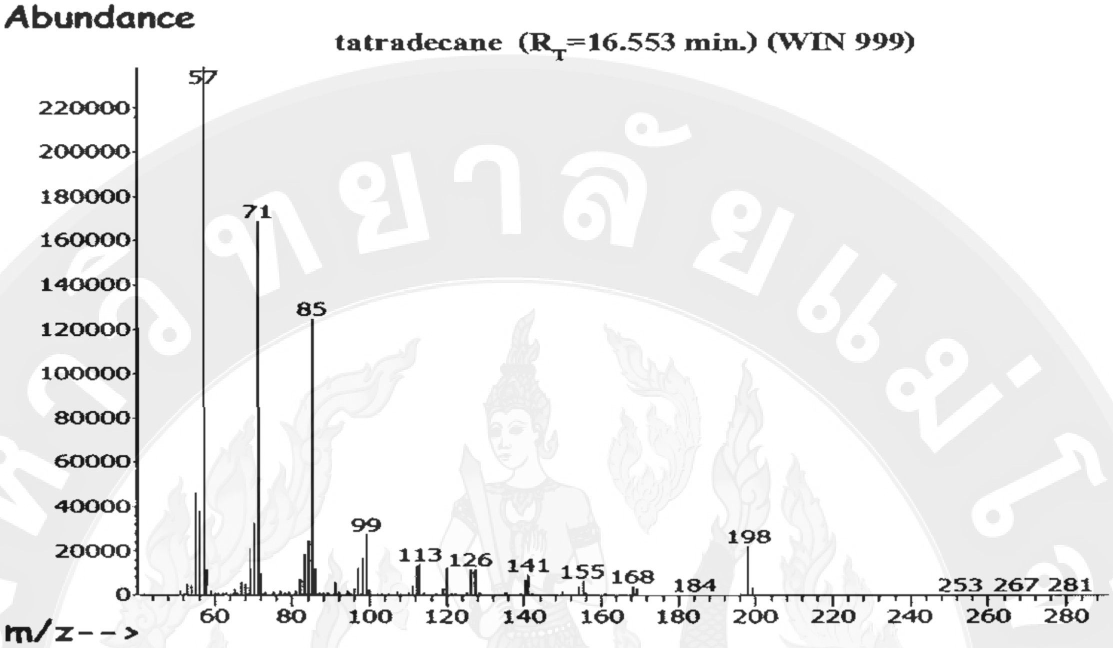
ภาพ 83 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 6.310 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



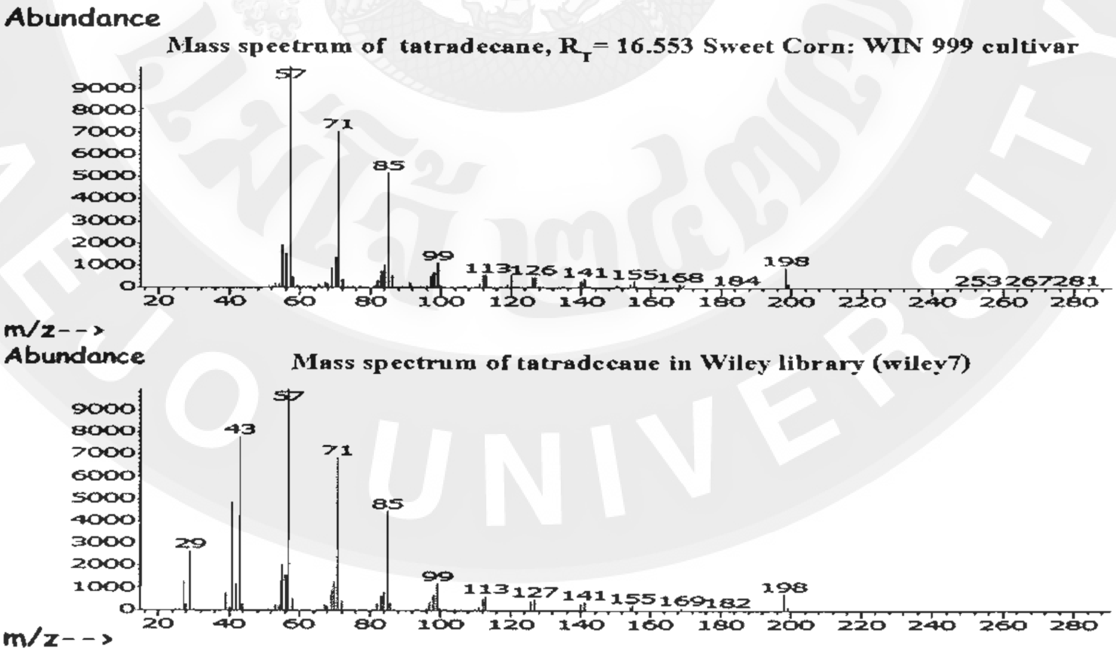
ภาพ 84 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dodecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 13.503 นาที



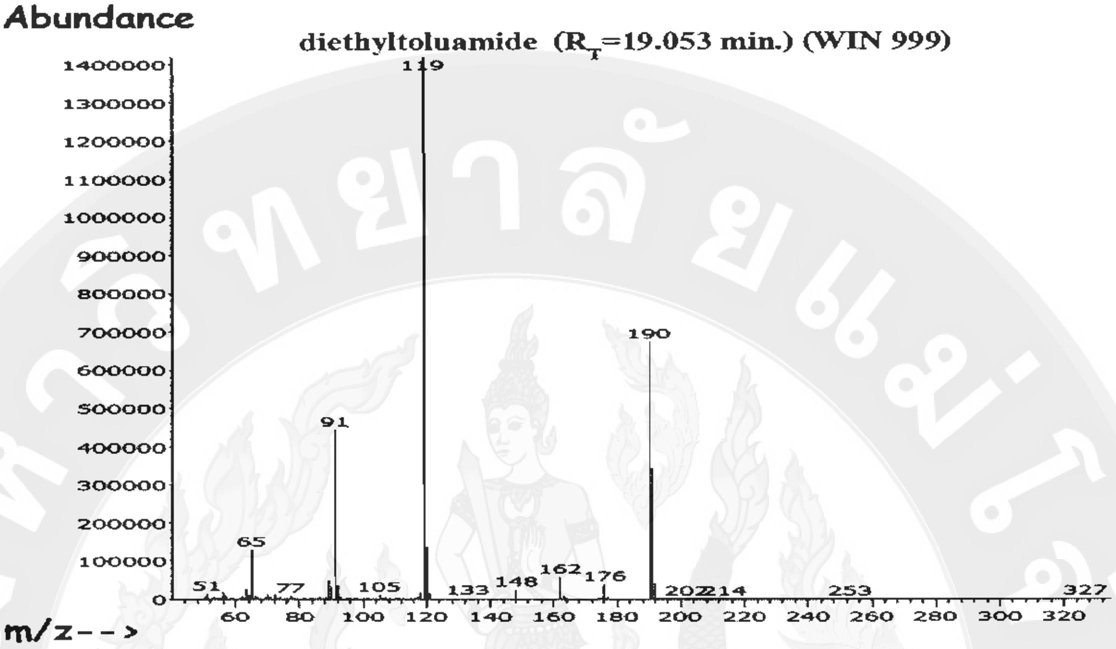
ภาพ 85 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 13.053 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dodecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



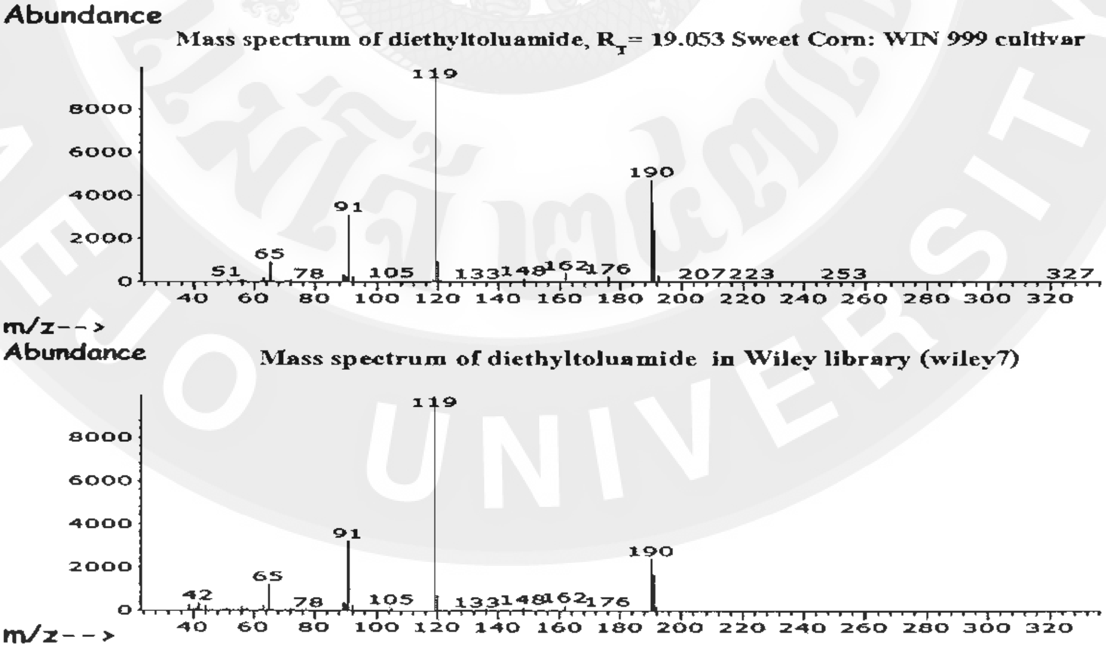
ภาพ 86 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ tatradecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 16.553 นาที



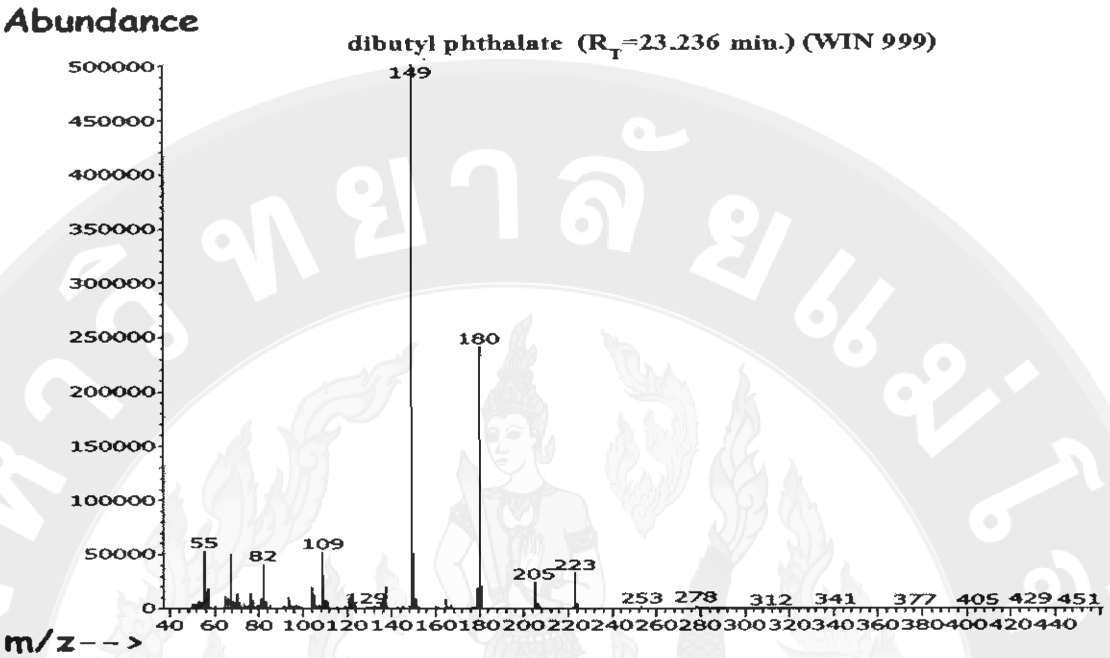
ภาพ 87 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 16.553 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร tatradecane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



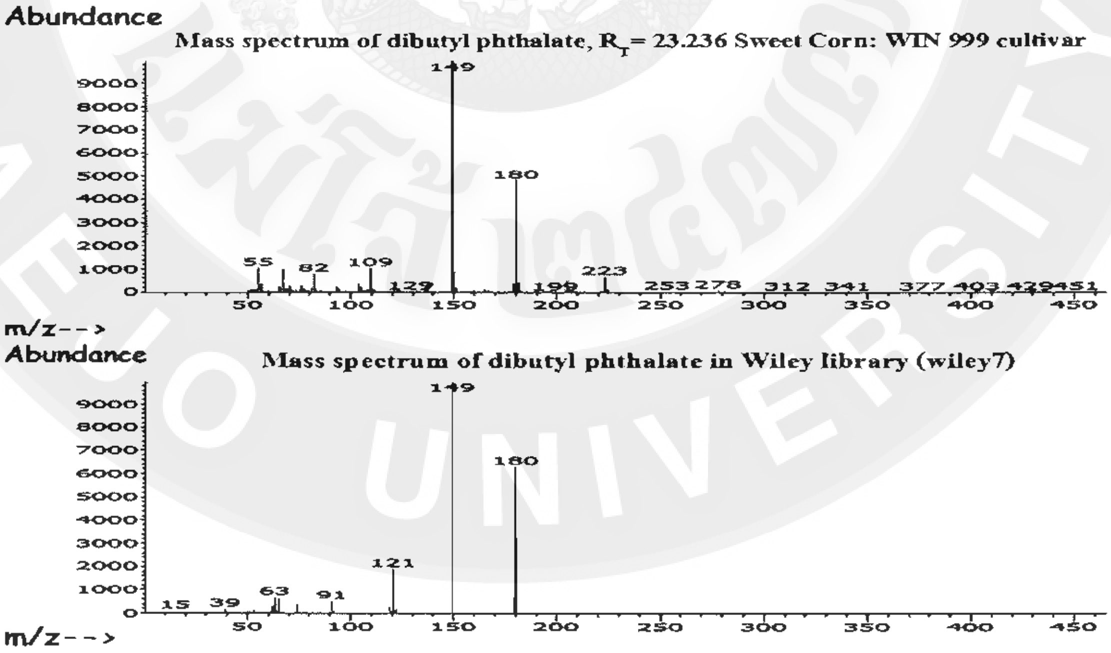
ภาพ 88 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 19.053 นาที



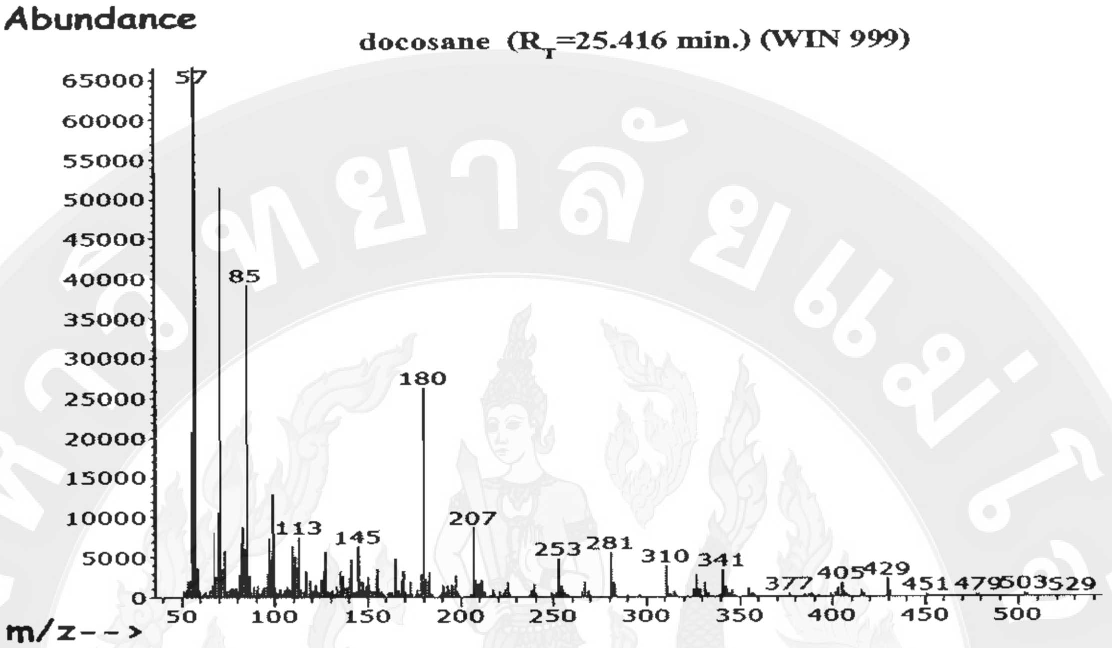
ภาพ 89 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 19.053 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



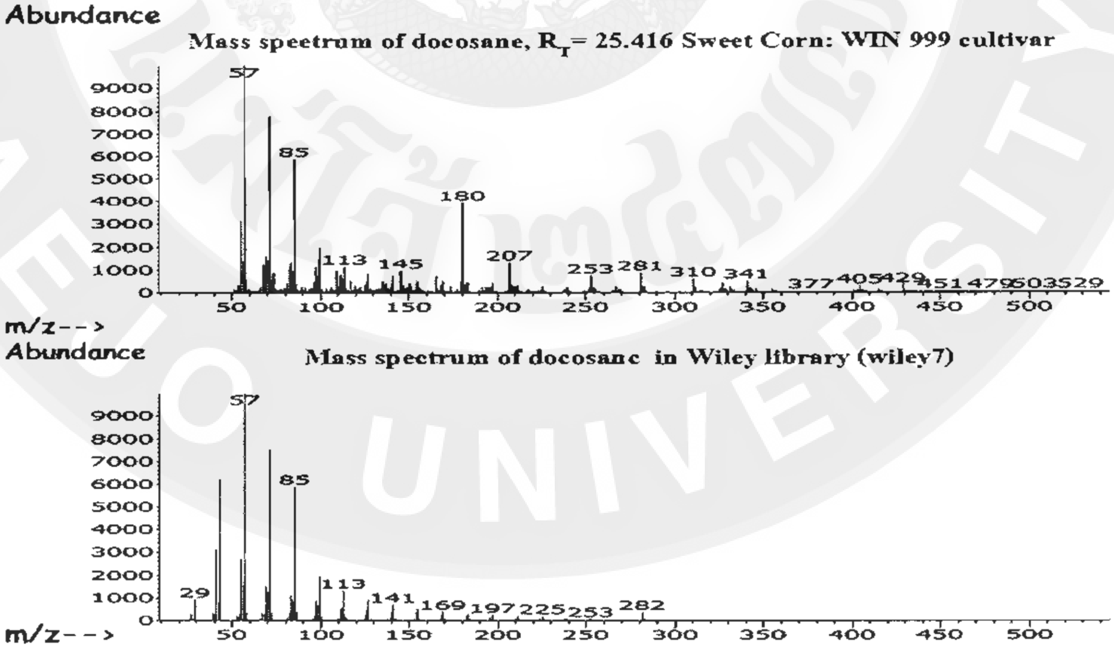
ภาพ 90 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 23.236 นาที



ภาพ 91 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 23.236 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 92 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ docosane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) เท่ากับ 25.416 นาที



ภาพ 93 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 ที่เวลา R_T= 25.416 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร docosane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)

ตาราง 7 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	4.554	2-pentanone	51, 55, 58, 63, 67, 71, 75, 84, 88, 92, 97, 101, 105, 112, 115, 119, 131, 145, 182, 207	116.08	97	2.06
2	5.298	1-hexene	51, 56, 60, 65, 69, 75, 79, 84, 88, 92, 96, 101, 106, 111, 115, 131, 146, 207	84.09	90	1.02
3	6.310	3-hexanol	51, 55, 59, 63, 67, 71, 75, 79, 84, 89, 99, 103, 116, 126, 131, 206	100.09	92	8.40
4	9.063	butane	55, 60, 68, 73, 83, 88, 98, 106, 111, 116, 140, 207, 281	116.07	73	1.90
5	9.320	unknown	51, 57, 65, 71, 77, 85, 94, 100, 106, 113, 120, 126, 133, 142, 191, 207, 249, 266, 281, 315	142.17	92	3.95
6	9.772	unknown	50, 56, 63, 69, 75, 84, 94, 100, 106, 113, 119, 128, 134, 142, 156, 177, 207, 281, 340	174.10	72	1.20
7	11.643	undecane	53, 57, 61, 65, 71, 77, 81, 85, 89, 94, 98, 105, 109, 113, 119, 124, 128, 134, 137, 152, 156, 168	156.19	87	3.23

ตาราง 7 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
8	13.503	dodecane	51, 57, 63, 71, 77, 85, 91, 98, 107, 113, 122, 128, 134, 141, 148, 155, 170, 193, 207, 281, 327	170.20	94	4.96
9	14.556	4-vinylphenol	57, 65, 77, 91, 99, 107, 120, 128, 136, 144, 162, 207, 253, 327, 341, 415	120.06	74	5.10
10	16.553	tetradecane	51, 57, 65, 71, 77, 85, 91, 99, 107, 113, 120, 126, 135, 141, 150, 155, 161, 168, 184, 198, 204, 253, 267, 281	198.24	98	4.15
11	19.053	diethyltoluamide	50, 56, 65, 72, 78, 85, 91, 97, 105, 111, 119, 126, 132, 138, 148, 154, 162, 170, 182, 190, 199, 207, 214, 223, 253, 327	191.13	91	27.04
12	21.422	unknown	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183, 197, 211, 241, 254, 267, 281, 327, 341, 405, 415, 429	254.30	98	2.32

ตาราง 7 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคดรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
13	22.984	1h-purine-2,6-dione	55, 67, 82, 94, 109, 122, 137, 150, 165, 180, 194, 207, 222, 239, 256, 264, 281, 315, 331, 341, 389, 403, 415, 429	180.07	94	18.82
14	23.236	dibutyl phthalate	55, 67, 82, 93, 109, 121, 137, 149, 165, 180, 194, 205, 214, 223, 233, 242, 253, 267, 278, 312, 327, 341, 355, 377, 403, 415, 429, 451	278.15	92	7.78
15	23.488	unknown	57, 71, 85, 99, 109, 127, 137, 149, 165, 180, 197, 207, 225, 239, 256, 267, 282, 315, 327, 341, 355, 377, 405, 429, 531	282.33	94	1.93
16	25.416	docosane	57, 71, 85, 99, 113, 127, 145, 155, 165, 180, 197, 207, 225, 235, 239, 253, 267, 281, 296, 310, 327, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 451, 479, 503	310.36	99	1.14

ตาราง 7 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
17	30.331	1,2-benzenedicarboxylic acid	57, 71, 83, 93, 113, 123, 135, 149, 167, 180, 191, 207, 221, 239, 253, 267, 279, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 451, 477, 491, 503	390.28	83	4.93

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

MAEJO UNIVERSITY

4.1.6 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 5.196 ถึง 33.707 นาที (ภาพ 94) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 12 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.20 ถึง 31.71% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ phenylethyl alcohol และ 3-hexanol

สารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-pentanone

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ hexyl ester และ dibutyl phthalate

สารหอมในกลุ่มของ Carboxylic acid ได้แก่ phthalic acid

และสารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ hexacosane

สารหอมทั้ง 7 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ได้แก่

1) hexyl ester ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.916 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 130.10 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 95) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 96) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม hexyl ester ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.35% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)

2) 3-hexanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 6.745 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 100.09 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 97) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 98) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม 3-hexanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex

30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.97% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)

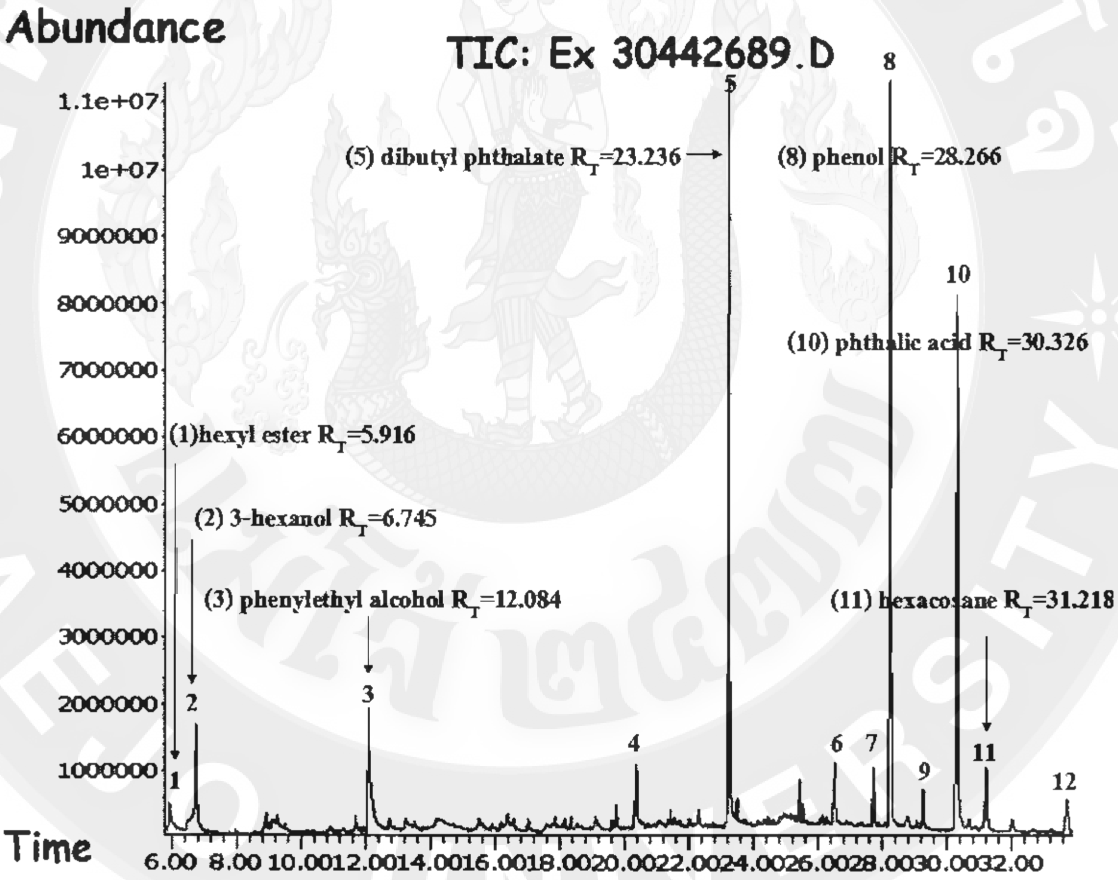
3) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 12.084 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 99) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 100) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม phenylethyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 7.32% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)

4) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.236 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 6) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 101) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 102) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 24.27% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 6)

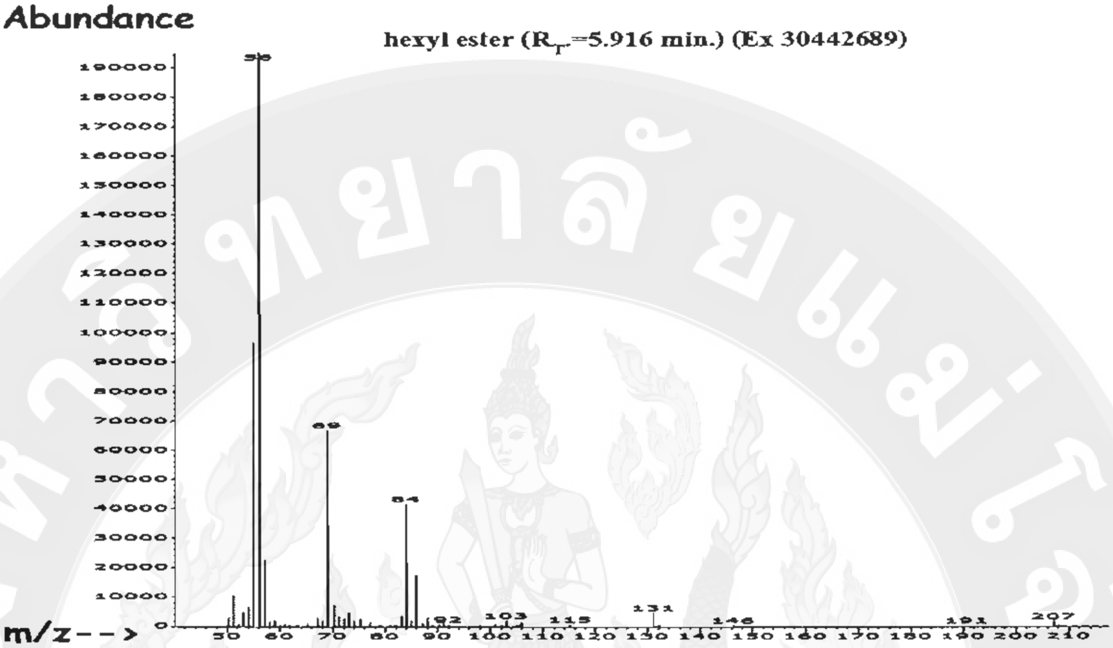
5) phenol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 28.266 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 340.24 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 103) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 104) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม phenol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 31.71% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)

6) phthalic acid ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 30.326 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 390.28 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 105) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 106) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม phthalic acid ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 20.55% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)

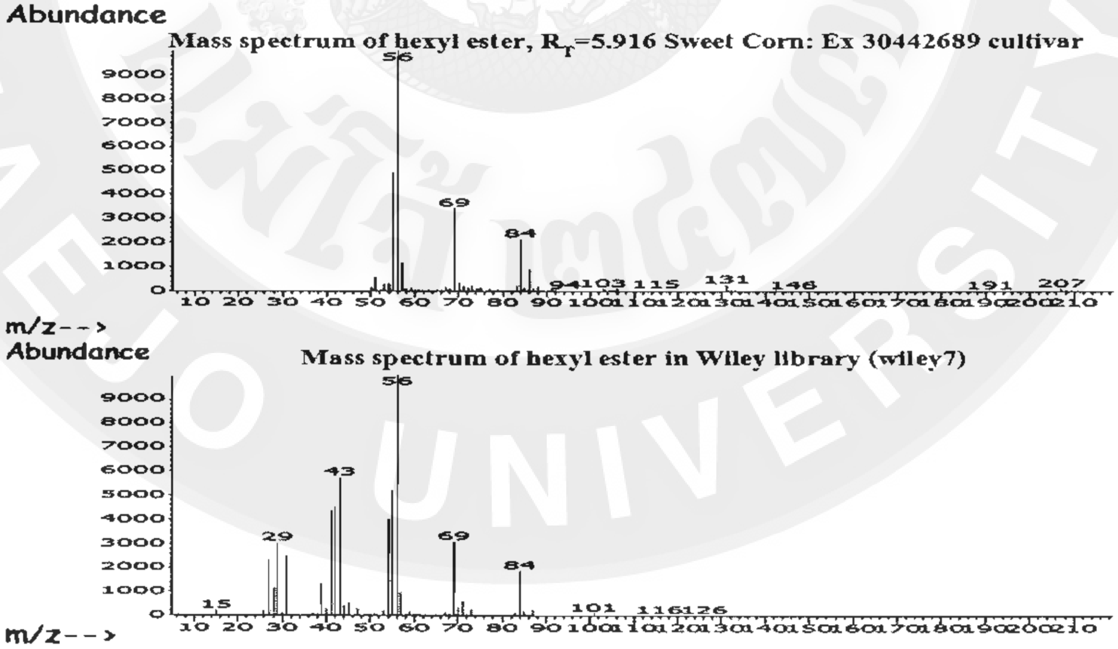
7) hexacosane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 31.218 นาที (ภาพ 94) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 366.42 (ตาราง 8) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 107) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 108) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม hexacosane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.88% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 8)



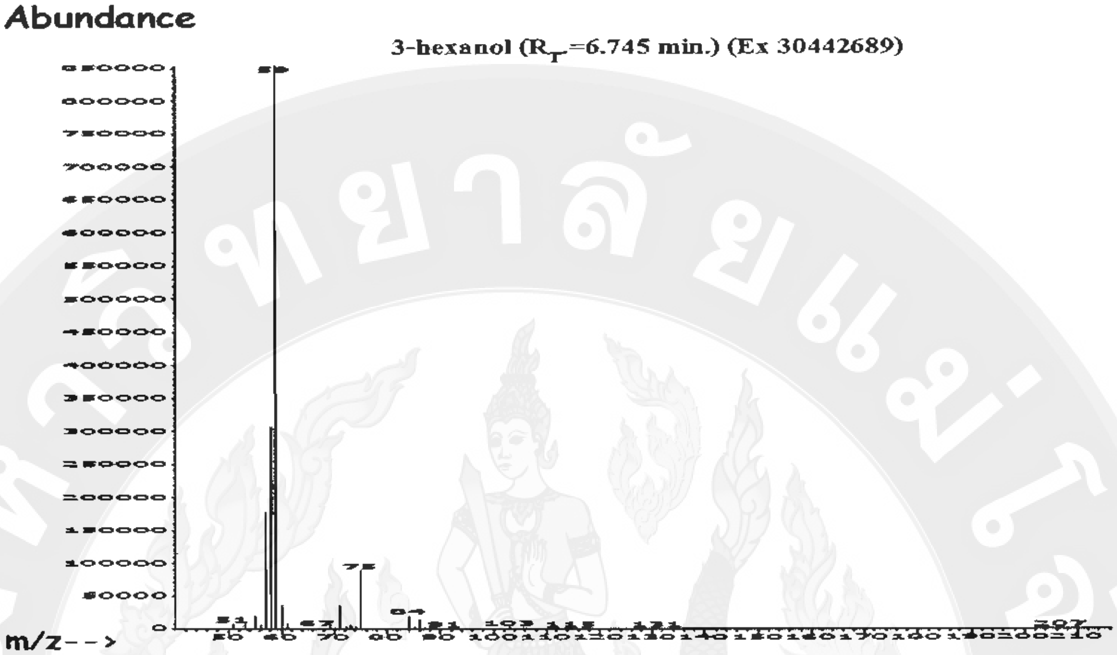
ภาพ 94 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 12 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



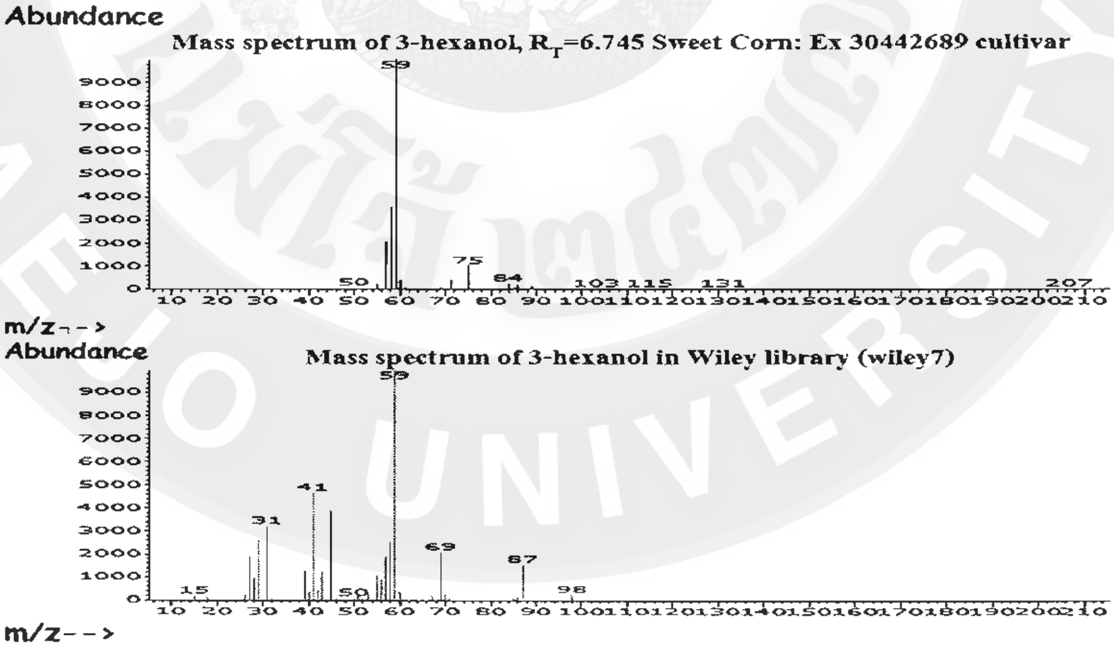
ภาพ 95 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexyl ester ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.916 นาที



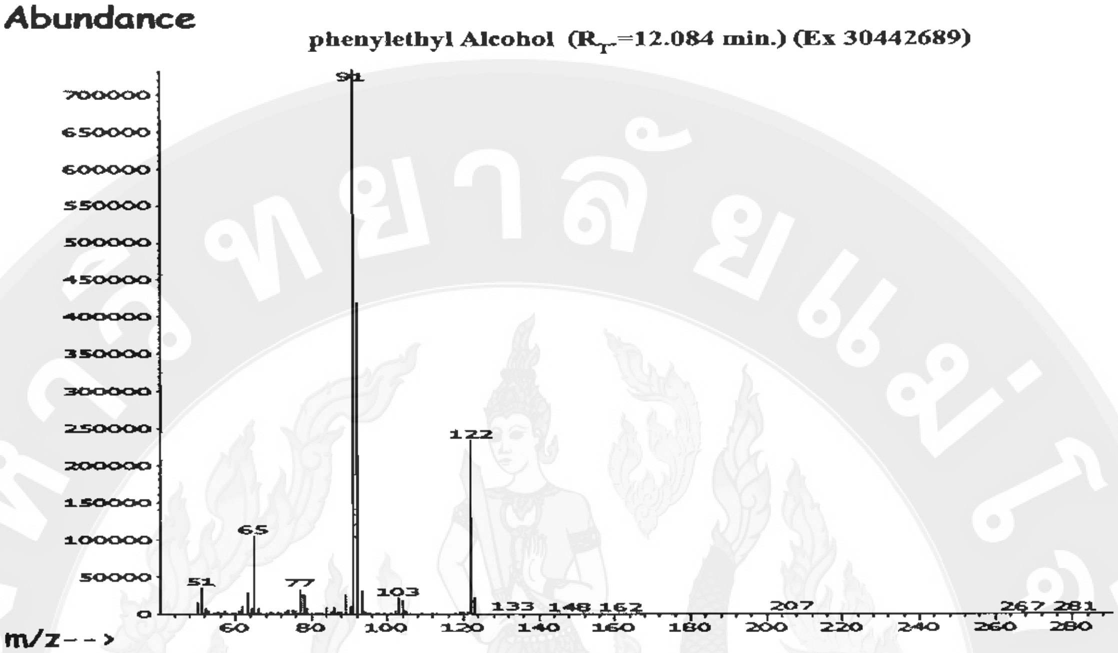
ภาพ 96 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T=5.916 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร hexyl ester ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



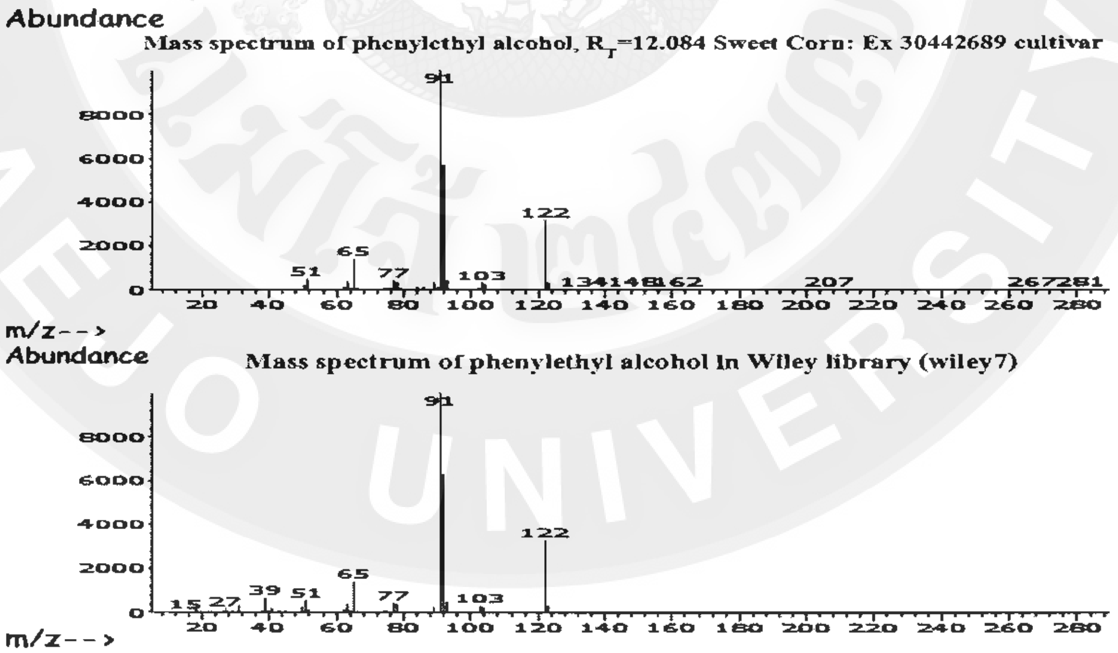
ภาพ 97 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 3-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 6.745 นาที



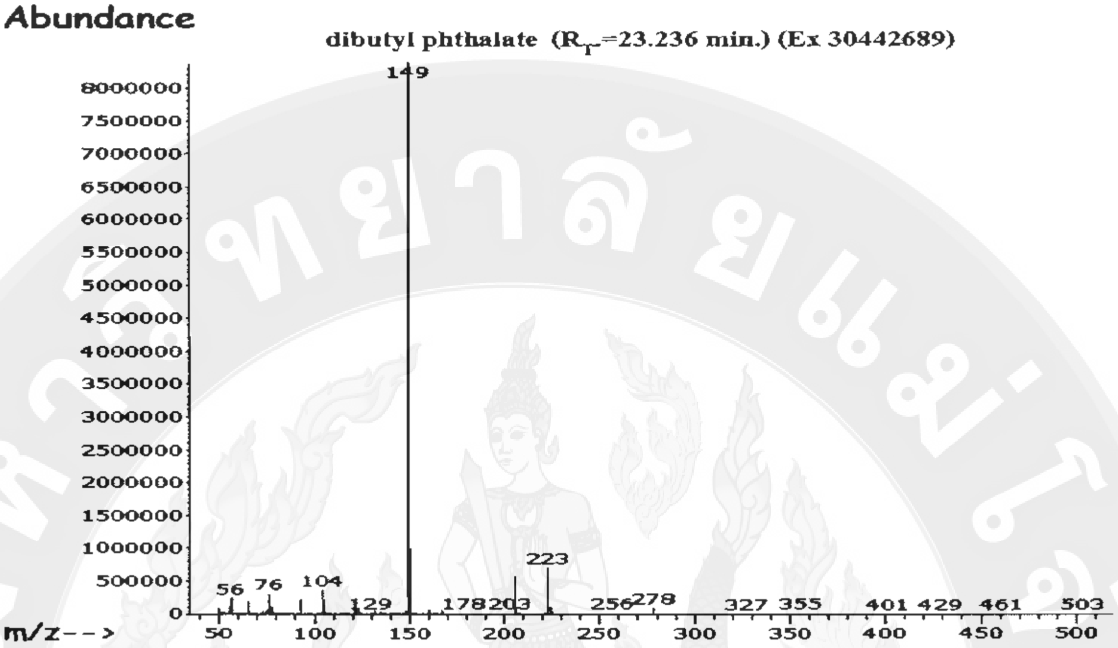
ภาพ 98 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 6.745 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 3-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



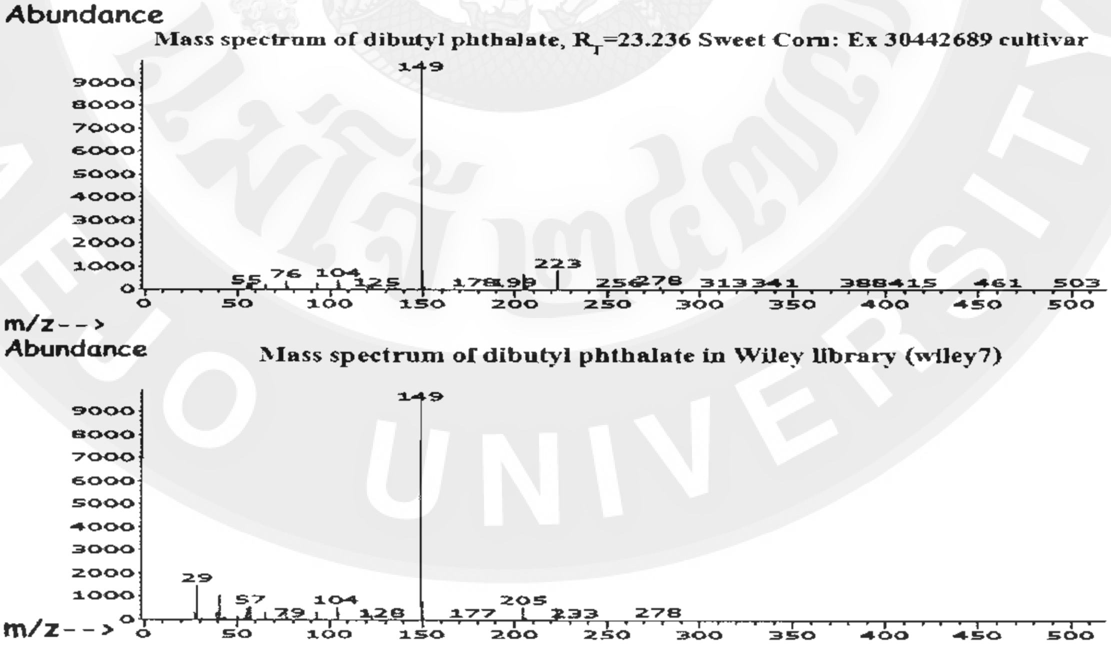
ภาพ 99 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.084 นาที



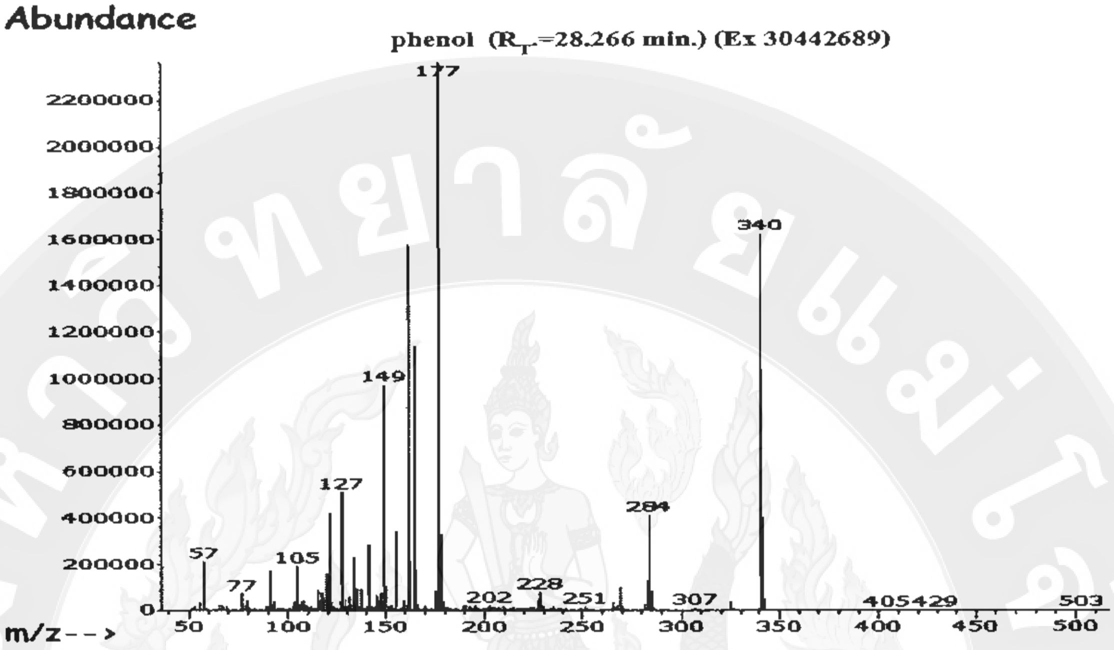
ภาพ 100 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 12.084 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



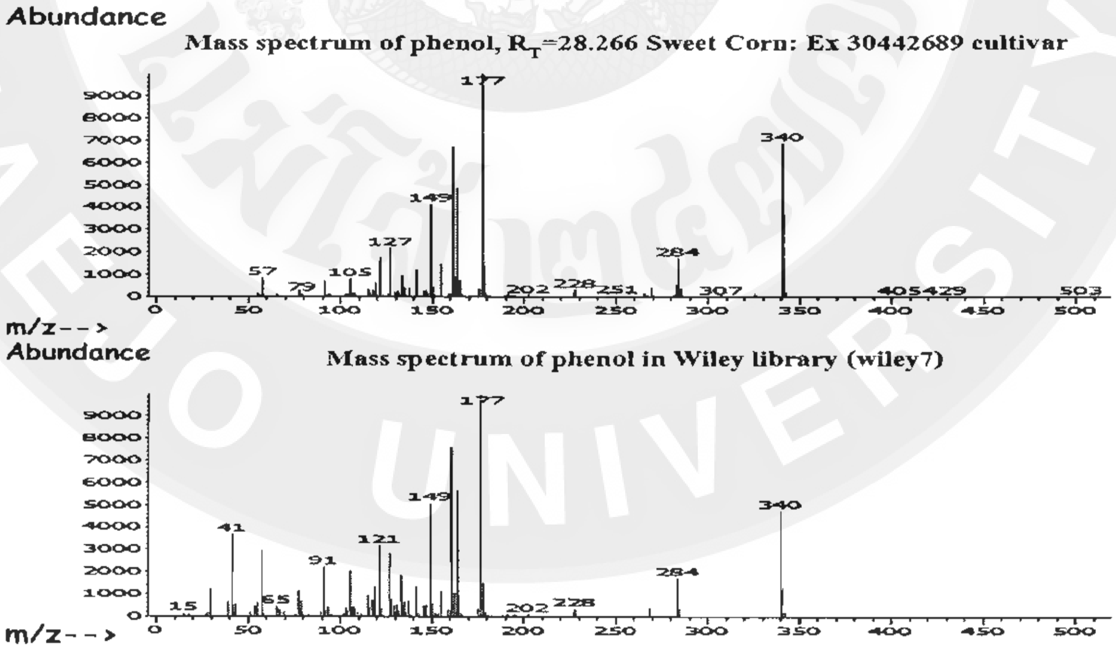
ภาพ 101 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.236 นาที



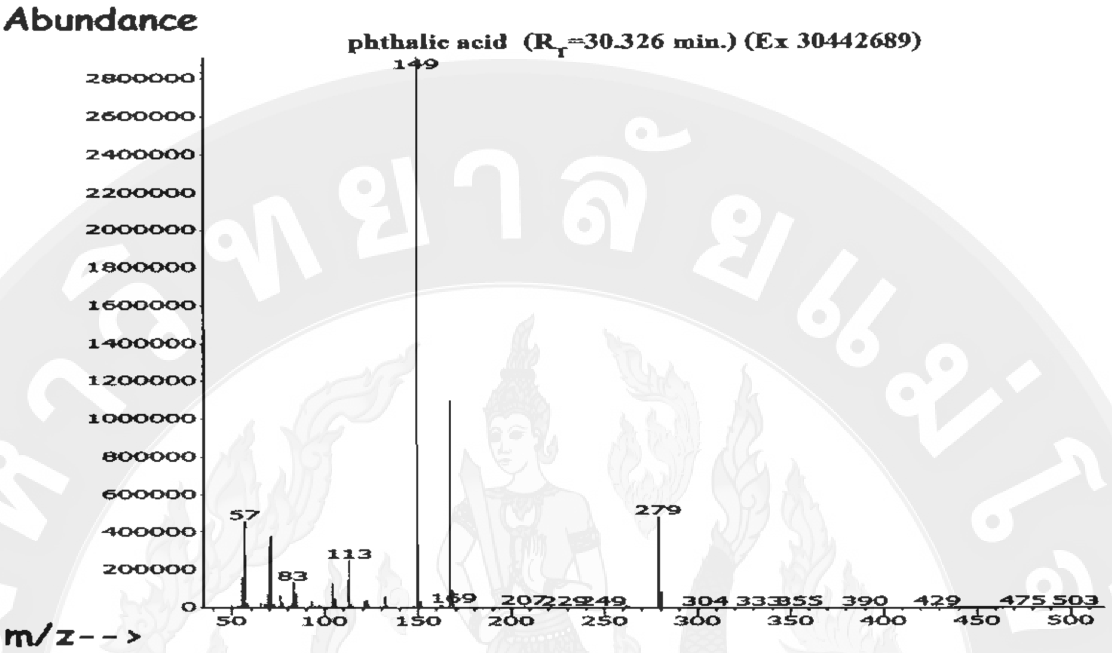
ภาพ 102 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 23.236 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



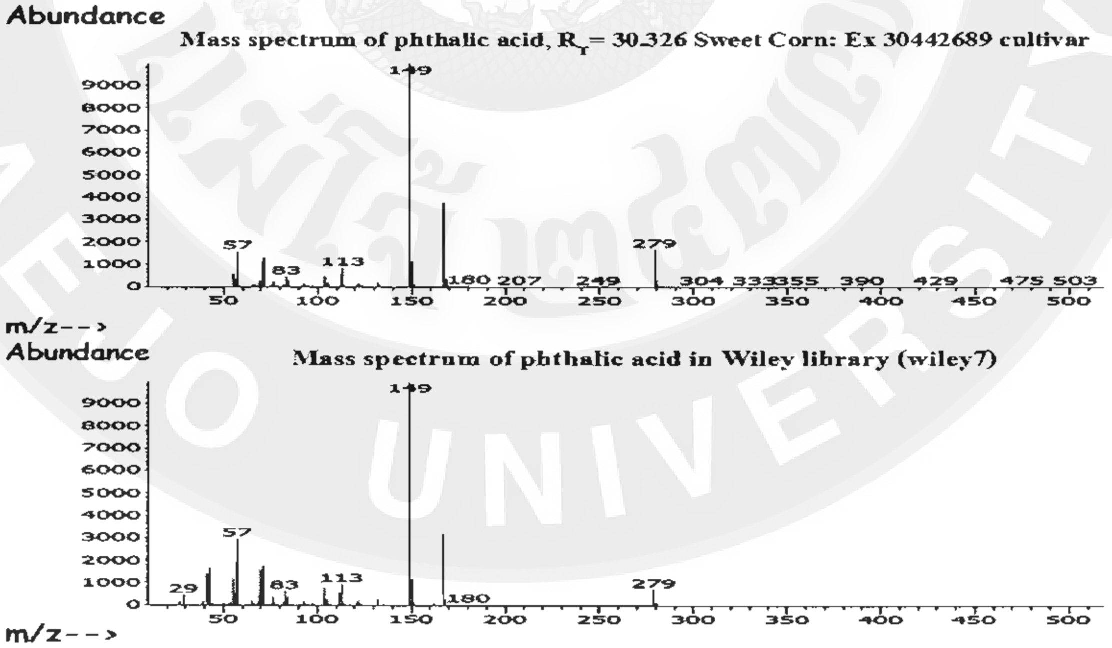
ภาพ 103 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 28.266 นาที



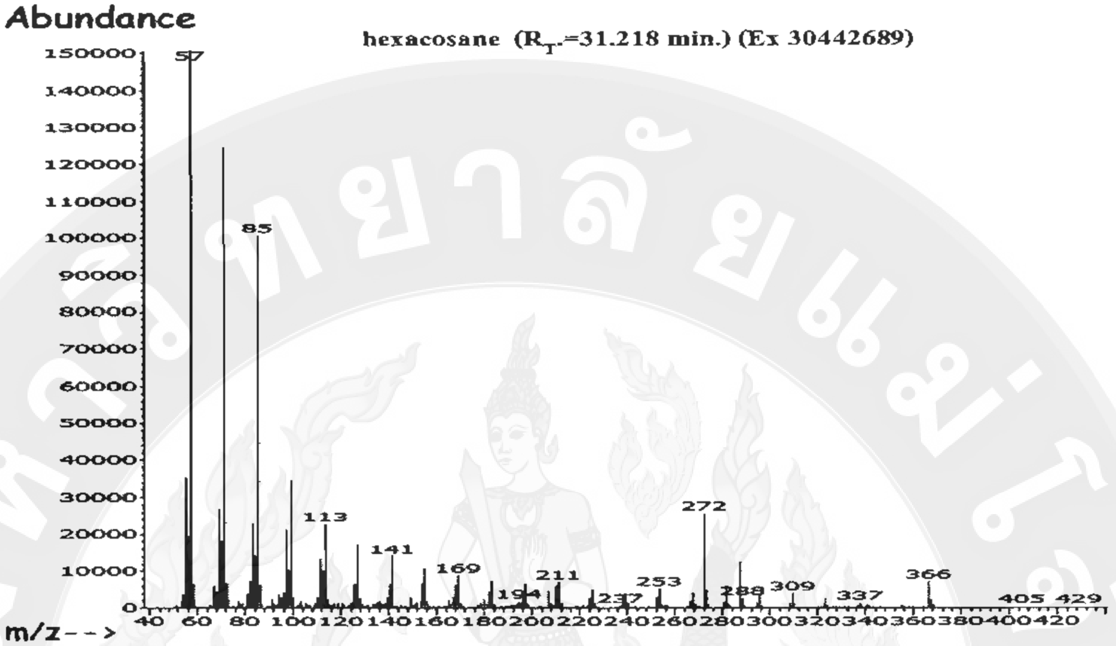
ภาพ 104 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 28.266 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



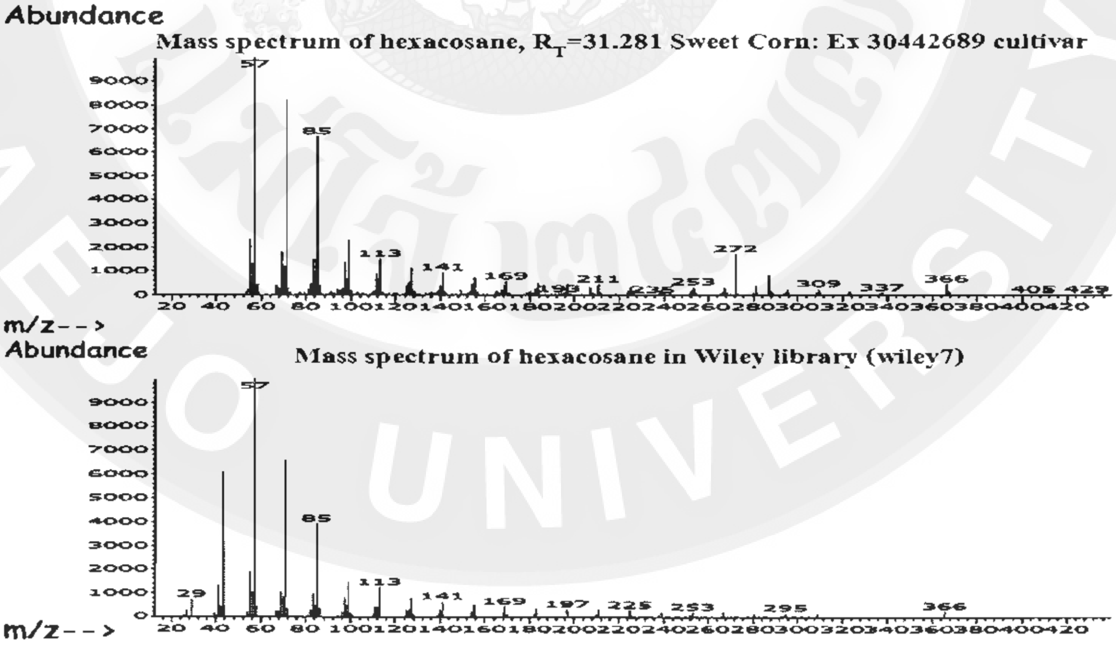
ภาพ 105 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phthalic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.326 นาที



ภาพ 106 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 30.326 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phthalic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 107 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexacosane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 31.218 นาที



ภาพ 108 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 ที่เวลา R_T= 31.281 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร hexacosane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 8 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
1	5.916	hexyl ester	51, 56, 61, 65, 73, 77, 84, 88, 92, 98, 103, 109, 115, 131, 146, 191, 207	130.10	98	1.35
2	6.745	3-hexanol	51, 55, 58, 63, 67, 71, 75, 79, 84, 89, 98, 103, 110, 115, 131, 207	100.09	92	3.97
3	12.084	phenylethyl alcohol	51, 57, 65, 71, 77, 84, 91, 98, 103, 109, 116, 122, 133, 139, 148, 162, 207, 267, 281	122.07	95	7.32
4	20.381	2-phenylethyl	55, 65, 77, 91, 105, 115, 123, 133, 147, 157, 175, 183, 193, 208, 224, 240, 253, 268, 281, 295, 355, 415, 429	193.11	46	1.60
5	23.236	dibutyl phthalate	57, 76, 93, 104, 121, 132, 149, 160, 178, 193, 205, 223, 233, 243, 256, 267, 278, 295, 313, 341, 355, 388, 401, 415, 429, 461, 475, 503	278.15	95	24.27

ตาราง 8 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
6	26.526	unknown	57, 65, 77, 92, 105, 117, 128, 137, 145, 153, 167, 180, 194, 210, 224, 233, 241, 253, 266, 281, 289, 301, 314, 327, 341, 355, 389, 405, 429	281.21	93	1.44
7	27.739	unknown	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183, 167, 211, 225, 239, 253, 267, 281, 295, 309, 322, 338, 355, 405, 415, 429	338.39	99	1.56
8	28.266	phenol	57, 67, 77, 91, 105, 115, 127, 137, 149, 161, 177, 191, 209, 228, 239, 251, 269, 284, 295, 307, 325, 340, 355, 386, 405, 429, 503	340.24	99	31.71
9	29.261	unknown	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183, 197, 207, 225, 239, 253, 267, 281, 295, 309, 325, 340, 352, 371, 396, 405, 430, 479	352.41	99	1.20

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 8 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
10	30.326	phthalic acid	50, 57, 64, 71, 83, 93, 104, 113, 122, 132, 141, 149, 157, 167, 180, 189, 197, 207, 221, 231, 249, 261, 279, 327, 333, 341, 355, 361, 390, 429	390.28	91	20.55
11	31.218	hexacosane	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183, 197, 211, 225, 239, 253, 263, 272, 287, 295, 309, 323, 337, 346, 355, 366, 374, 405, 415, 429	366.42	99	2.88
12	33.707	unknown	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183, 197, 207, 225, 239, 253, 267, 281, 295, 309, 323, 337, 351, 370, 380, 401, 415, 429	380.44	99	1.67

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.7 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 5.097 ถึง 23.253 นาที (ภาพ 109) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 10 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.74 ถึง 49.084% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2-pentanone

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate

สารหอมในกลุ่มของ Carboxylic acid ได้แก่ diethyltoluamide

และสารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ hexane, tatradecane, octadecane และ 1-pentene

สารหอมทั้ง 7 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2ได้แก่

1) 1-pentene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.097 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 84.09 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 110) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 111) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม 1-pentene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.70% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

2) 2-pentanone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.881 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 102.07 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 112) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 113) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม 2-pentanone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 25.21% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

3) hexane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 8.662 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 136.13 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 114) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 115) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม hexane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.74% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

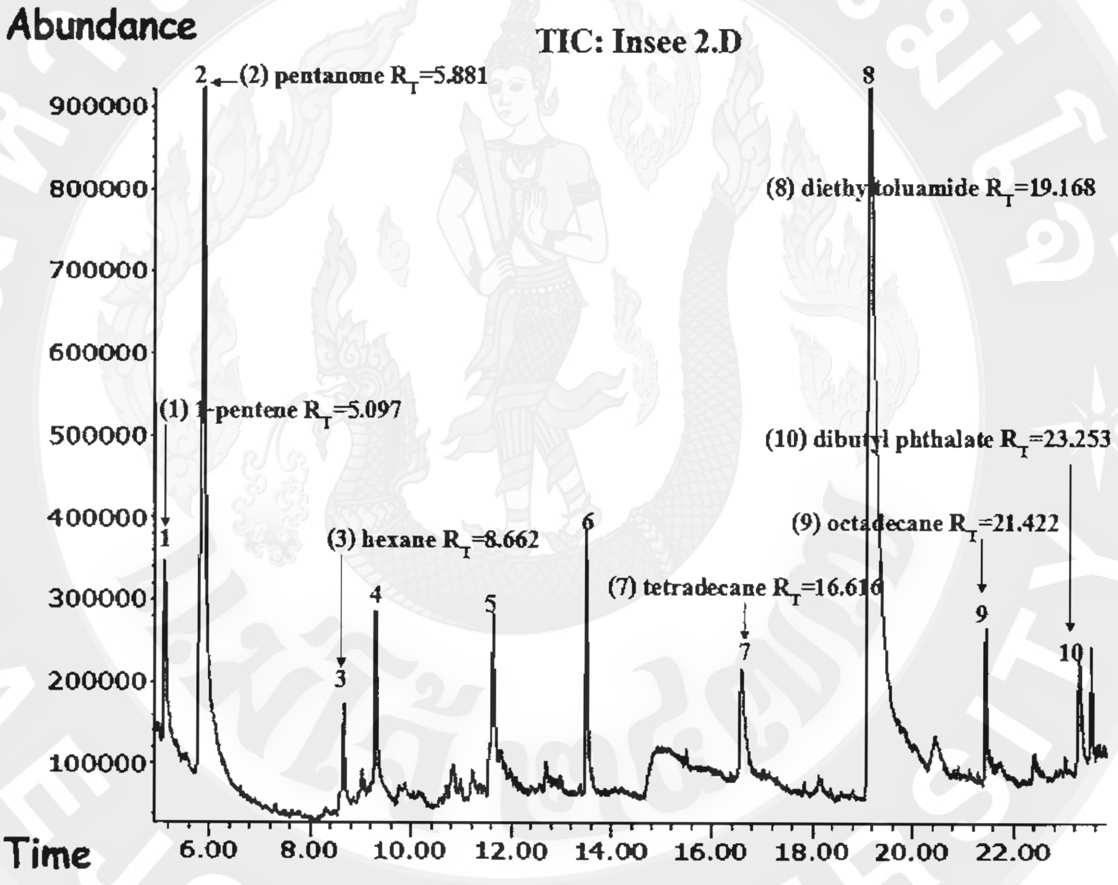
4) tatradecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 16.616 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 198.24 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 116) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 117) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม tatradecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.65% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

5) diethyltoluamide ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 19.168 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 191.13 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 118) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 119) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม diethyltoluamide ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 49.048% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

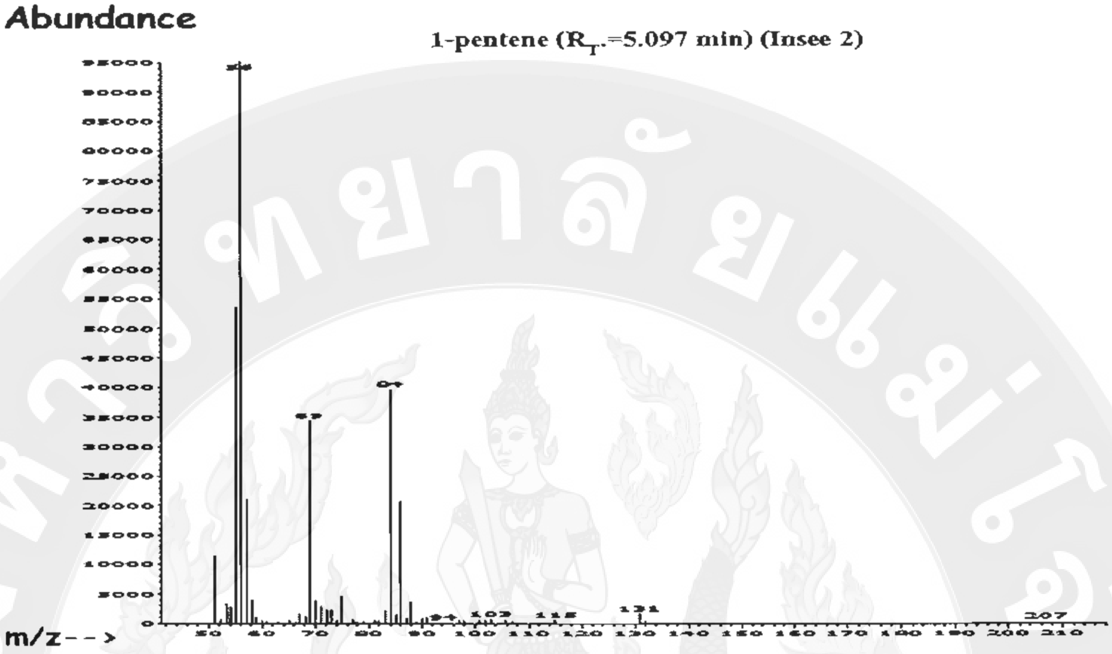
6) octadecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 21.422 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 254.30 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 120) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 121) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม octadecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.62% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)

7) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.253 นาที (ภาพ 109) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.06 (ตาราง 9) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่

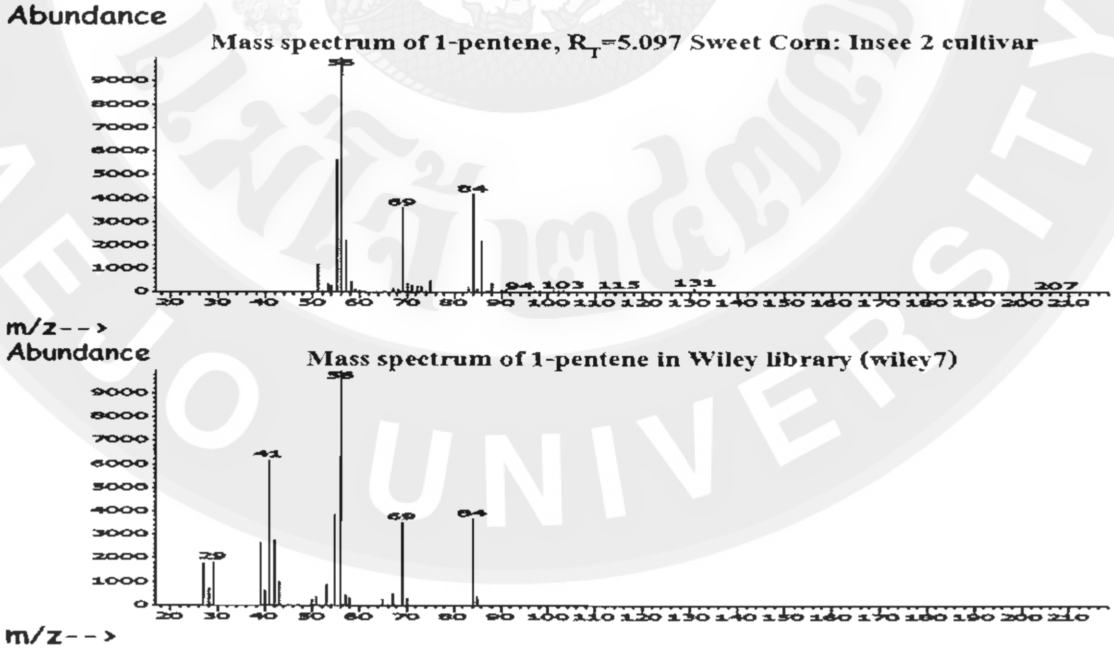
พบ (ภาพ 122) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 123) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 96% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.47% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 9)



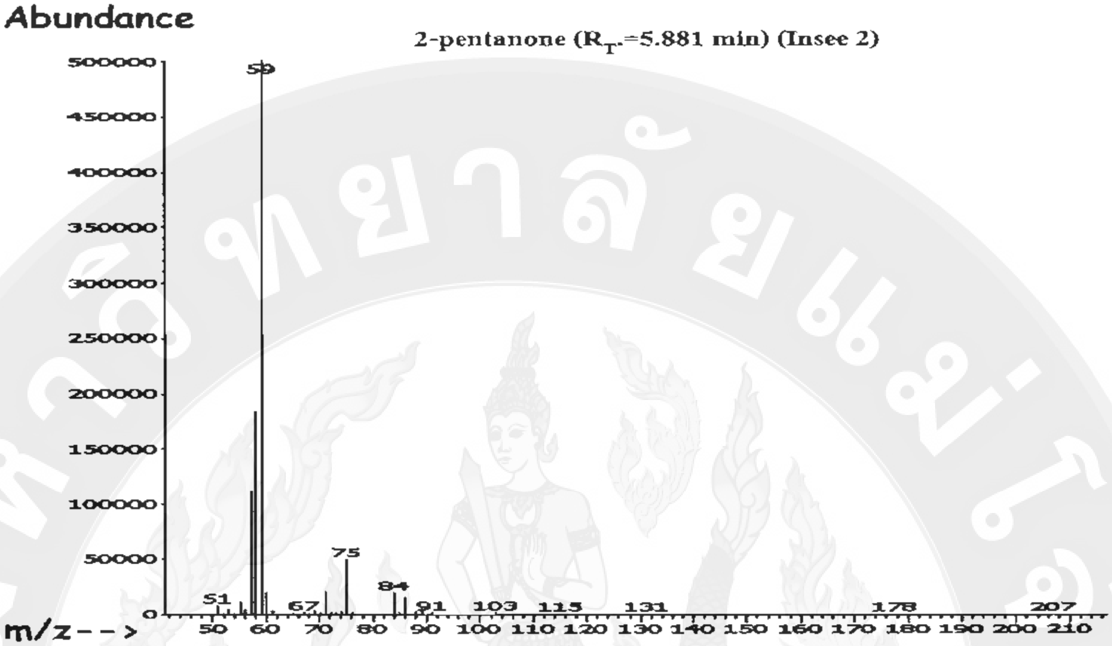
ภาพ 109 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 10 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



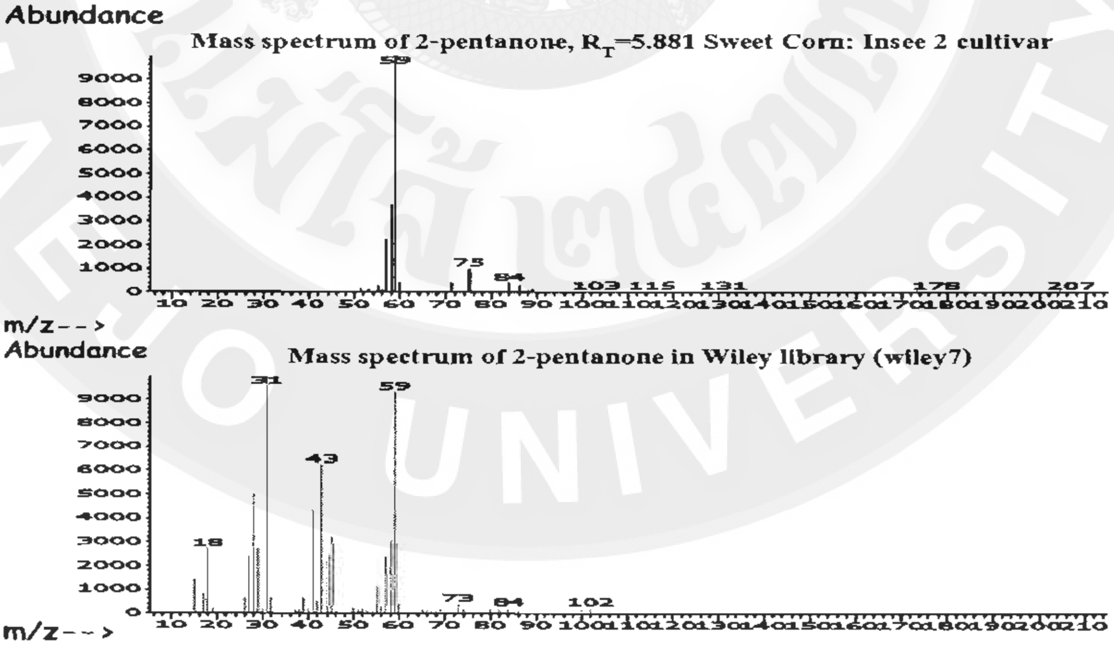
ภาพ 110 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-pentene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.097 นาที



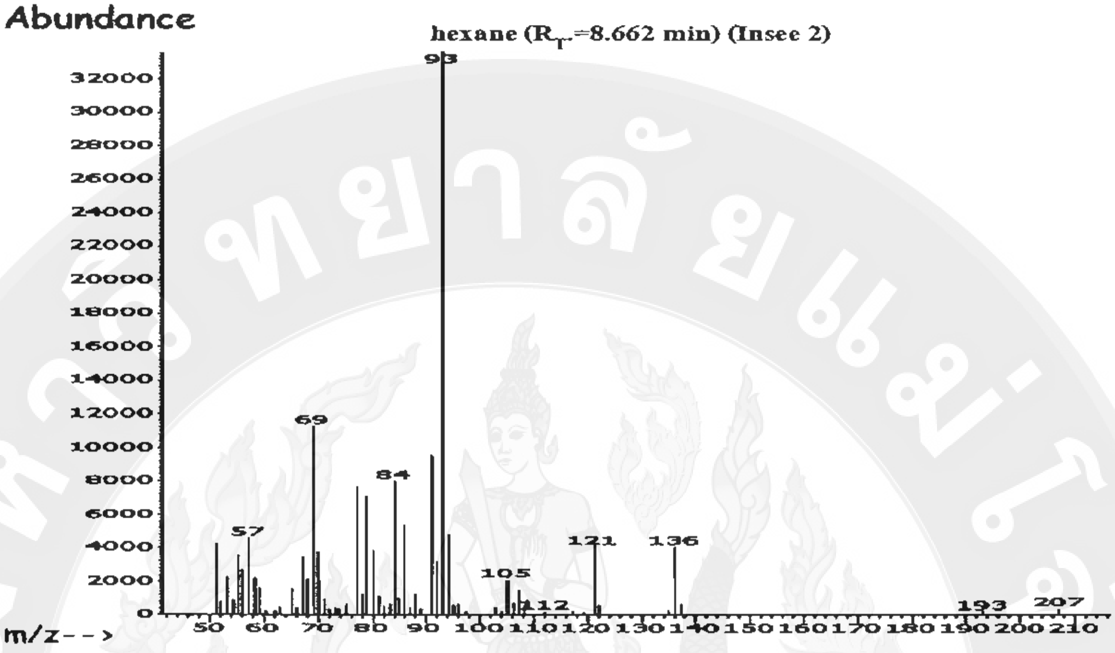
ภาพ 111 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 5.097 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-pentene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



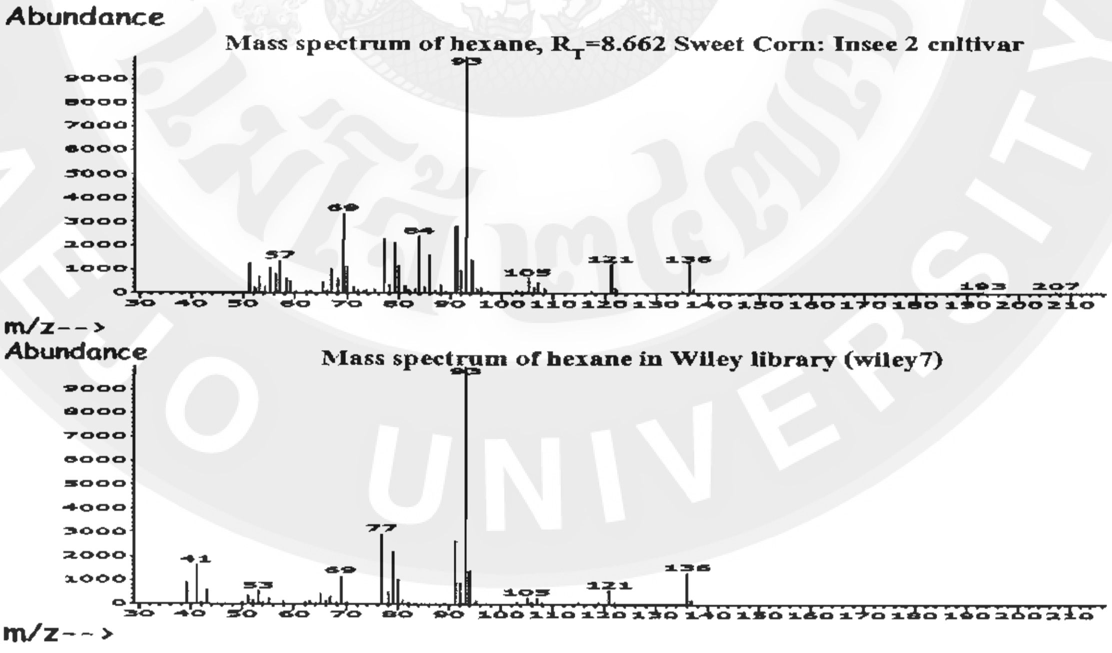
ภาพ 112 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2-pentanone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.881 นาที



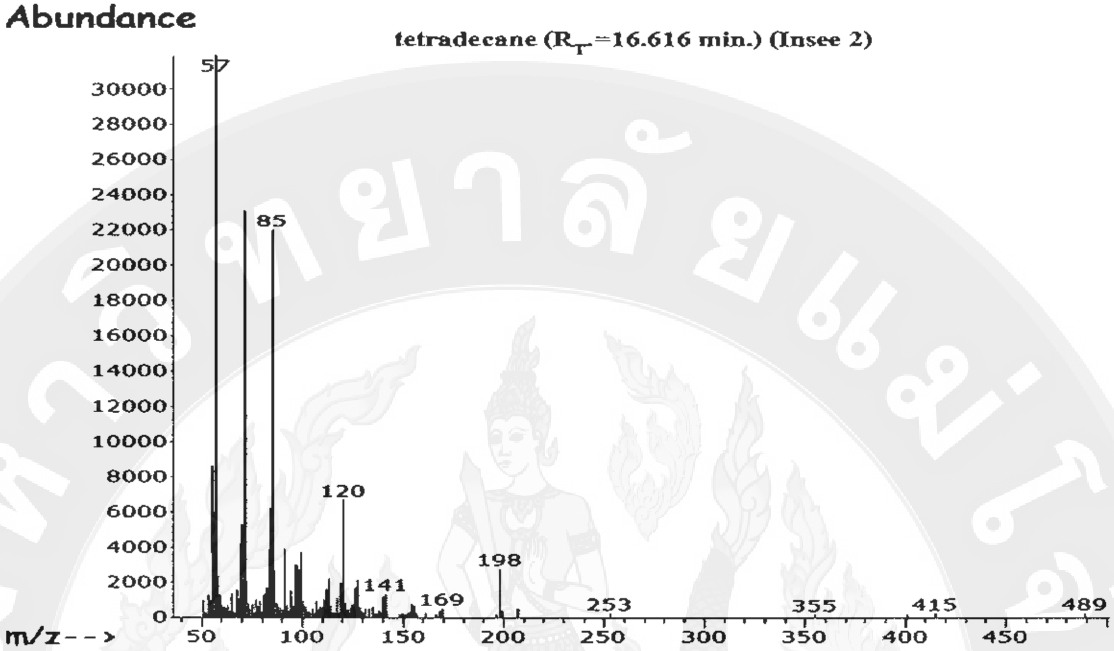
ภาพ 113 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 5.881 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2-pentanone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



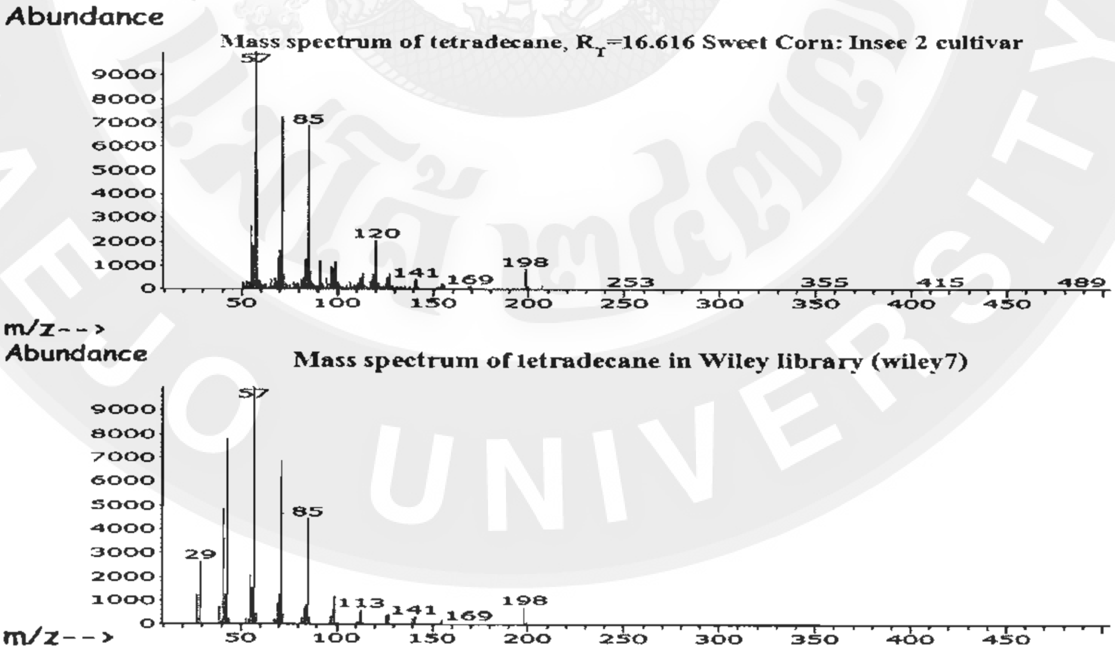
ภาพ 114 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ hexane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.662 นาที



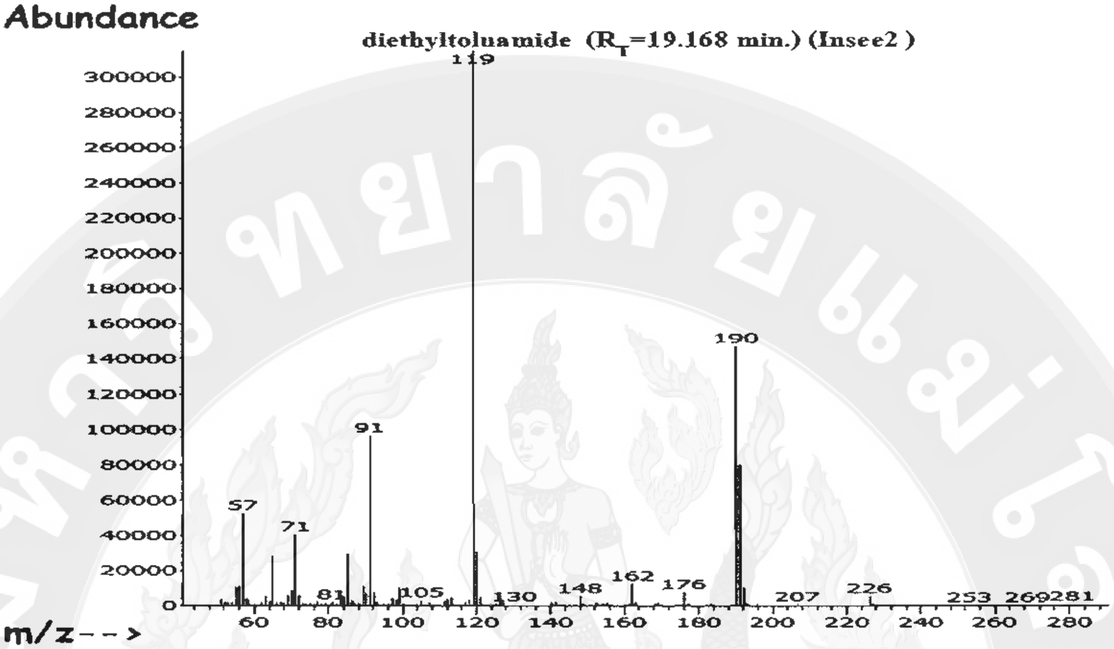
ภาพ 115 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 8.662 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม hexane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



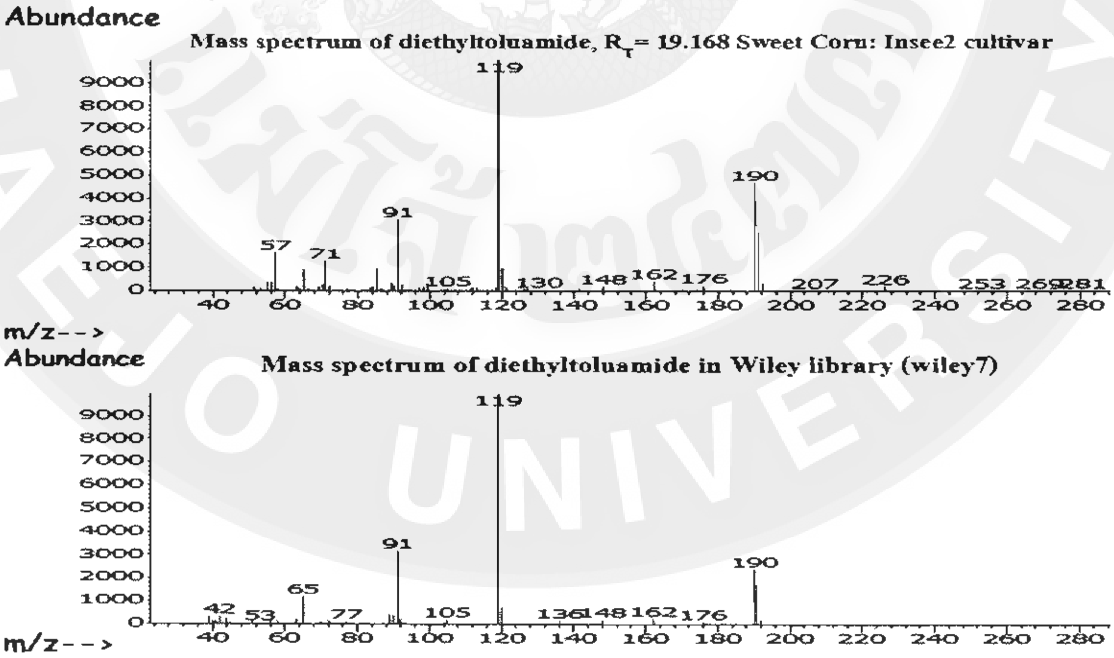
ภาพที่ 116 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ tetradecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 16.616 นาที



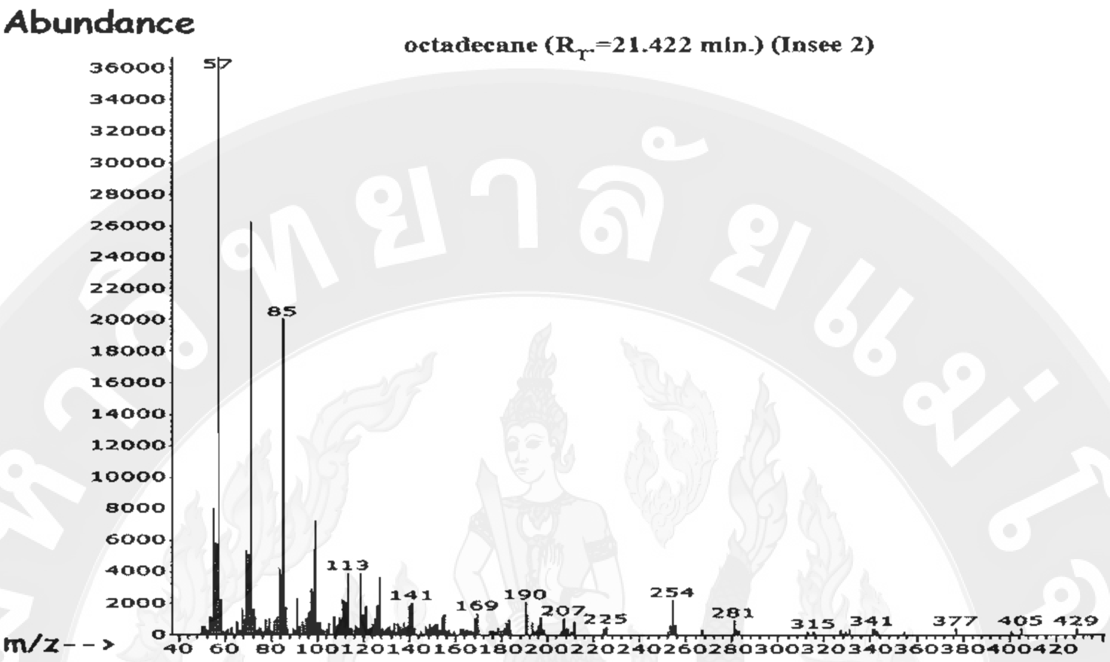
ภาพ 117 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 16.616 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม tetradecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



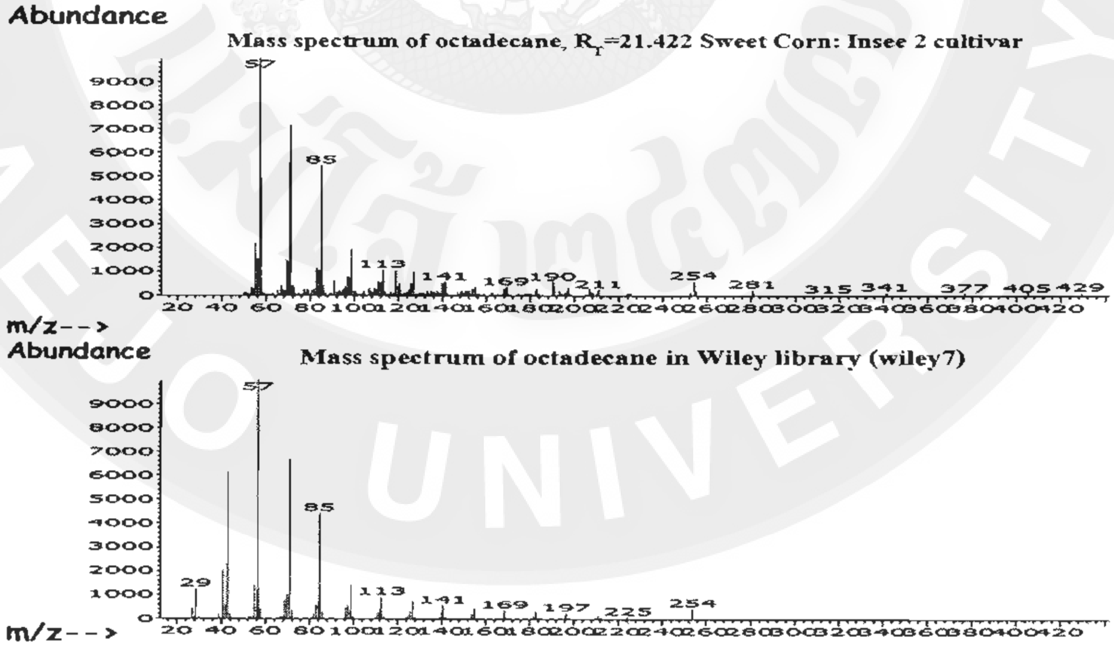
ภาพที่ 118 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 19.168 นาที



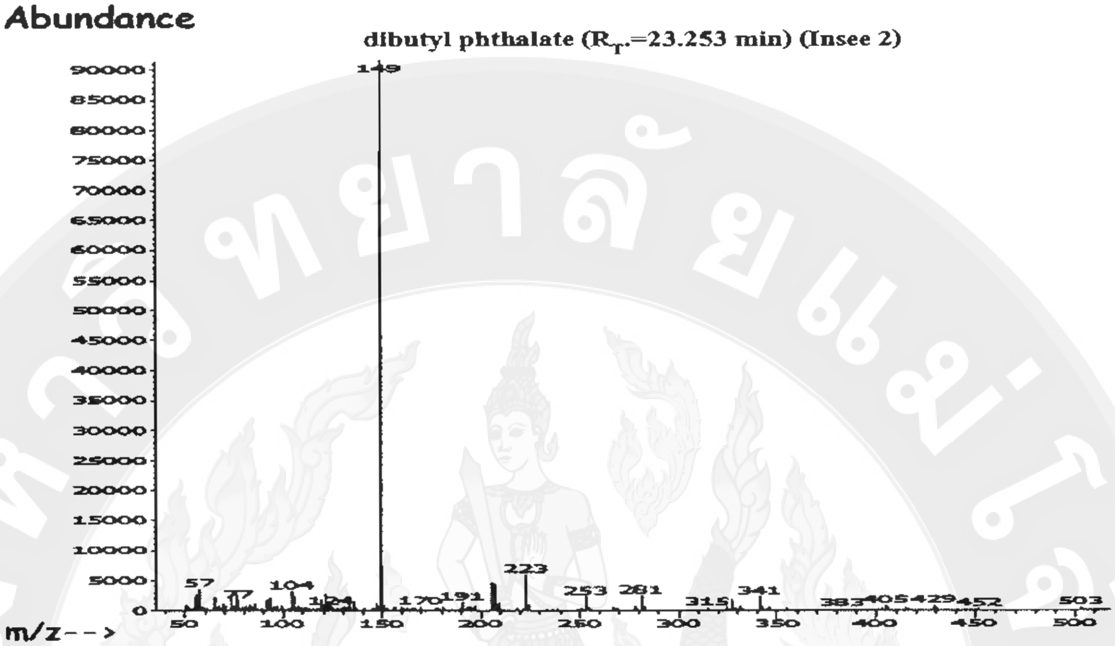
ภาพ 119 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 19.168 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



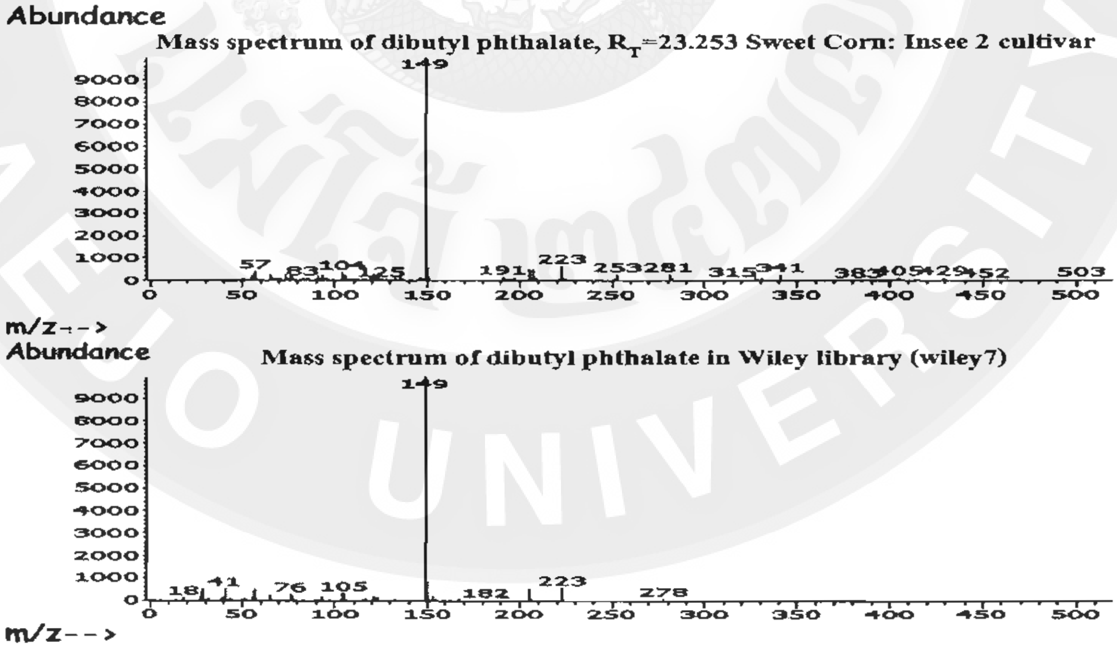
ภาพที่ 120 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ octadeacane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 21.422 นาที



ภาพ 121 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 21.422 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม octadecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



ภาพ 122 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที



ภาพ 123 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 ที่เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 9 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance[a]	MW[b] (g/mol)	Quality[c] (%)	(%) of Total
1	5.097	1-pentene	51, 56, 60, 65, 69, 75, 79, 84, 88, 97, 103, 107, 115, 131, 207	84.09	91	3.70
2	5.881	2-pentanone	51, 55, 59, 63, 67, 71, 75, 79, 84, 89, 98, 103, 108, 115, 131, 178, 207	102.07	99	25.21
3	8.662	hexane	51, 57, 62, 69, 73, 77, 84, 88, 93, 97, 105, 108, 112, 117, 121, 136, 193, 207	136.13	93	1.74
4	9.320	unknown	51, 57, 65, 71, 77, 85, 94, 100, 106, 113, 120, 133, 142, 193, 207, 249, 265, 281	142.17	60	3.38
5	11.643	undecane	51, 57, 66, 71, 79, 85, 94, 99, 109, 117, 124, 131, 137, 156, 281	156.19	46	4.12
6	13.509	unknown	51, 54, 57, 60, 63, 67, 71, 75, 78, 81, 85, 88, 91, 94, 98, 101, 105, 109, 112, 115, 119, 124, 127, 131, 134, 141, 148, 154, 170	170.20	95	3.98

ตาราง 9 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
7	16.616	tetradecane	57, 71, 85, 99, 111, 120, 131, 141, 154, 169, 198, 253, 355, 401, 415, 489	198.24	93	3.65
8	19.168	diethyltoluamide	51, 57, 65, 71, 77, 85, 91, 99, 105, 113, 119, 127, 133, 141, 148, 155, 162, 169, 176, 183, 190, 196, 207, 226, 253, 267, 281, 329	191.13	90	49.084
9	21.422	octadecane	57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 182, 190, 198, 207, 225, 254, 267, 281, 315, 327, 341, 355, 377, 405	254.30	98	2.62
10	23.253	dibutyl phthalate	57, 73, 82, 91, 104, 119, 135, 149, 165, 181, 193, 207, 223, 239, 253, 267, 281, 313, 327, 341, 355, 375, 389, 405, 415, 429, 451, 479, 503	278.06	96	2.47

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.8 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ # 4058 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 5.05 ถึง 30.33 นาที (ภาพ 124) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 15 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.25 ถึง 35.71% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ 1-hexanol, phenylethyl alcohol และ 1-propanol

สารหอมในกลุ่มของ Aldehyde group ได้แก่ butanal

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate

และสารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ butane และ undecane

สารหอมทั้ง 7 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ได้แก่

1) 1-hexanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.052 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 102.10 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 124) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 125) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 97% และพบว่าสารหอม 1-hexanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 6.70% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

2) butanal ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 5.687 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 86.07 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 126) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 127) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม butanal ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 14.83% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

3) 1-propanol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 8.880 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 106.05 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 128) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 129) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 94% และพบว่าสารหอม 1-propanol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.50% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

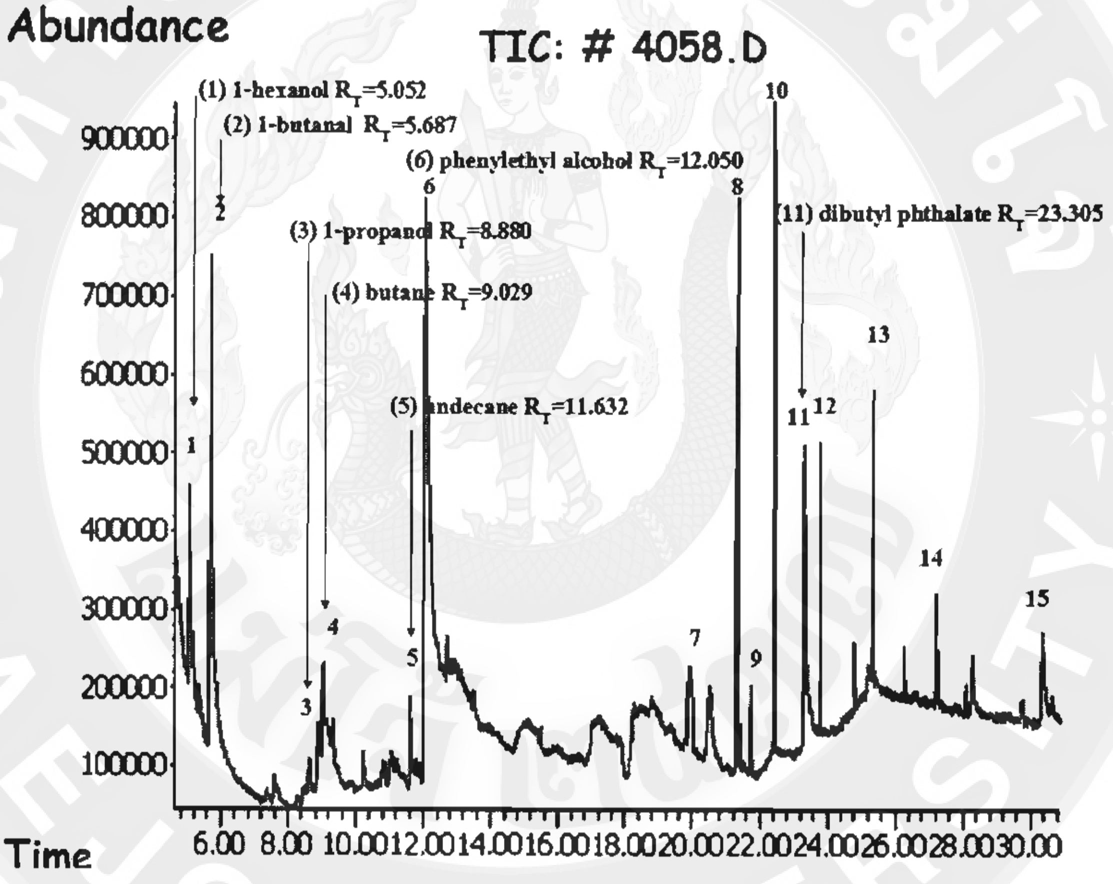
4) butane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 9.029 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 116.07 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 130) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 131) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 94% และพบว่าสารหอม butane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.46% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

5) undecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 11.632 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 159.19 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 132) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 133) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 94% และพบว่าสารหอม undecane ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.97% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

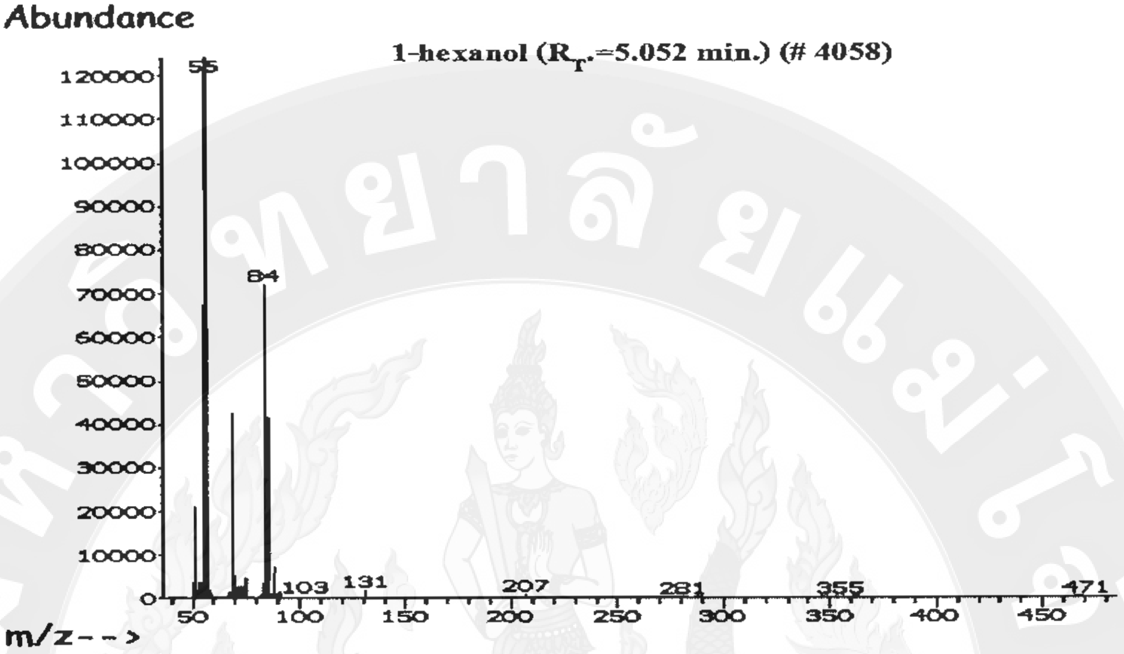
6) phenylethyl alcohol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 12.050 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 122.07 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 134) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 135) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม phenylethyl alcohol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 35.71% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)

7) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.305 นาที (ภาพ 124) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 10) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่

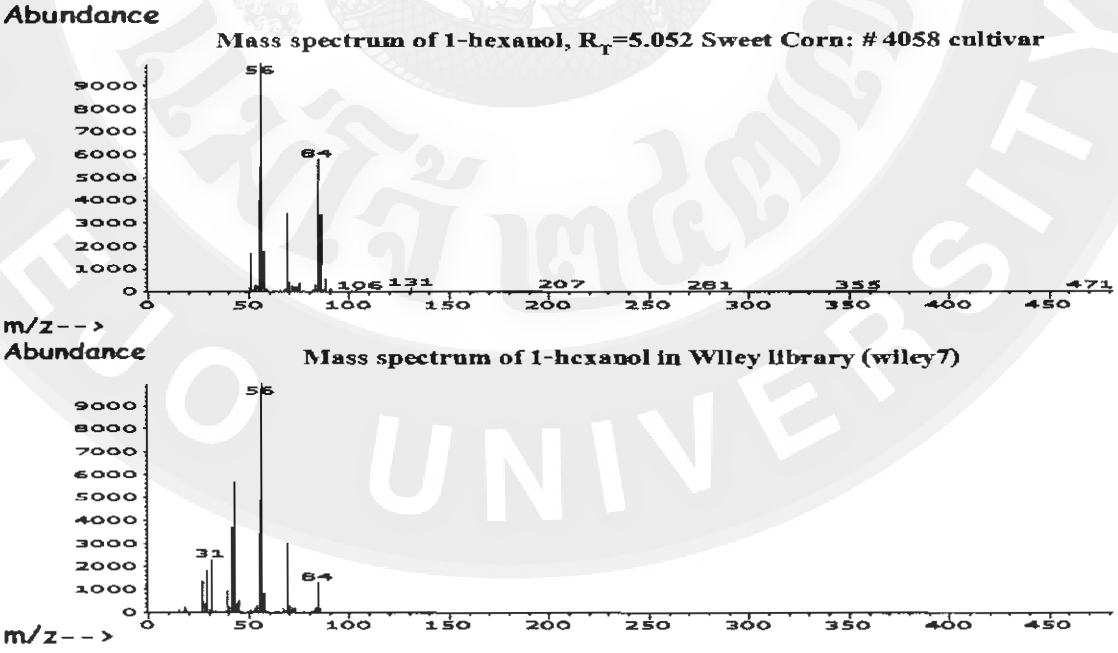
พบ (ภาพ 136) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 137) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 93% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 3.89% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 10)



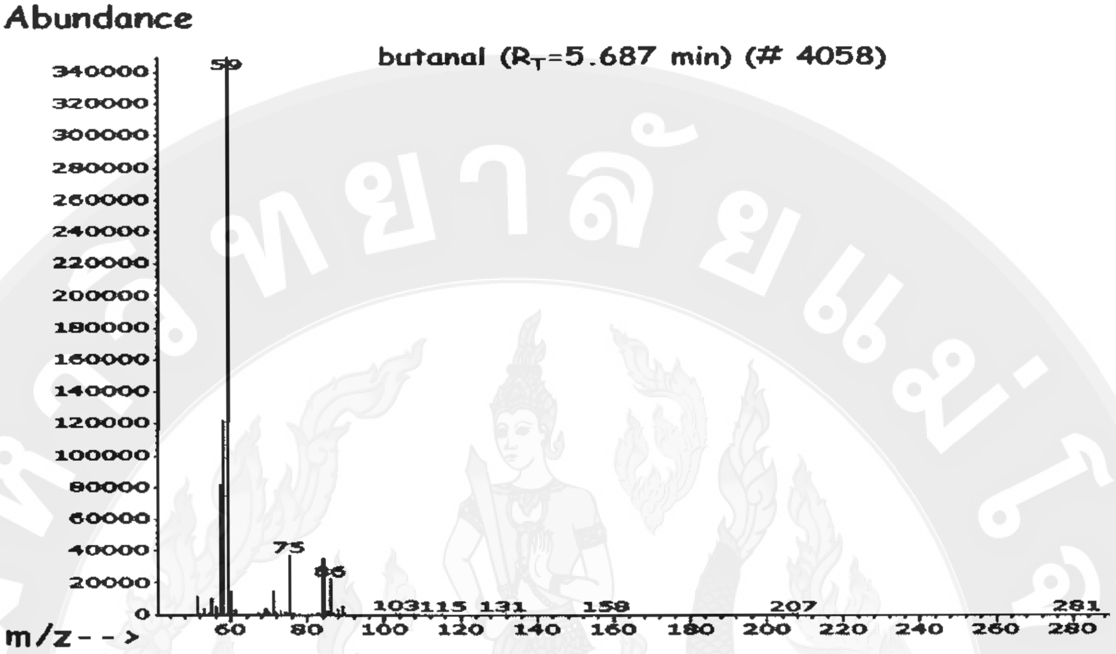
ภาพ 124 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 15 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



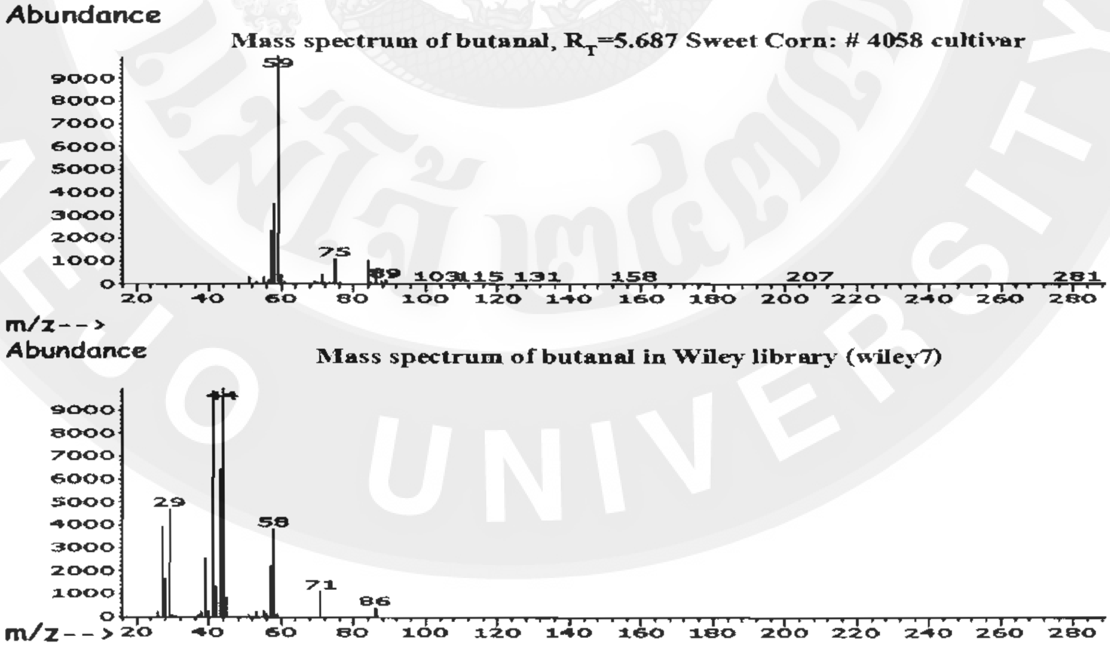
ภาพ 125 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-hexanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.052 นาที



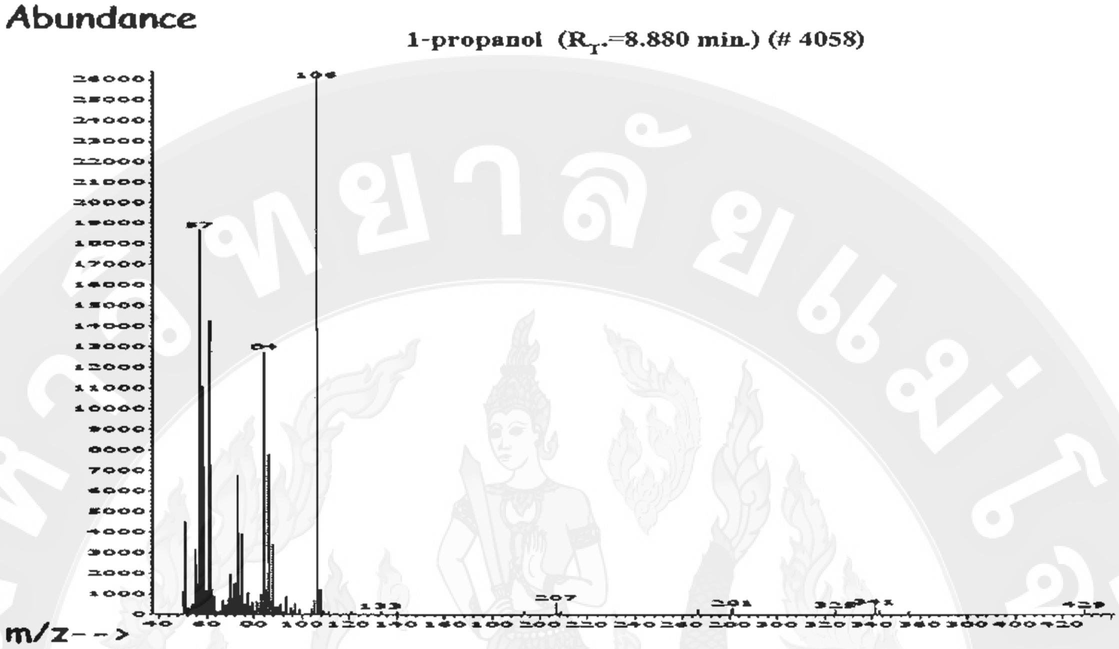
ภาพ 126 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 5.052 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-hexanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



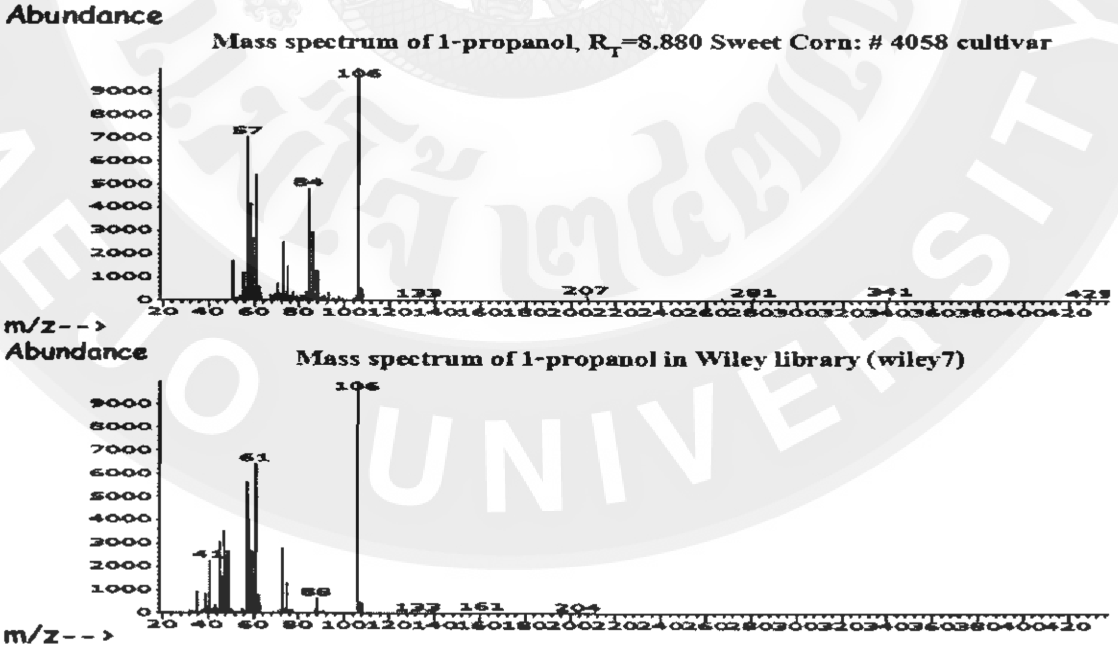
ภาพ 127 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ butanal ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 5.687นาที



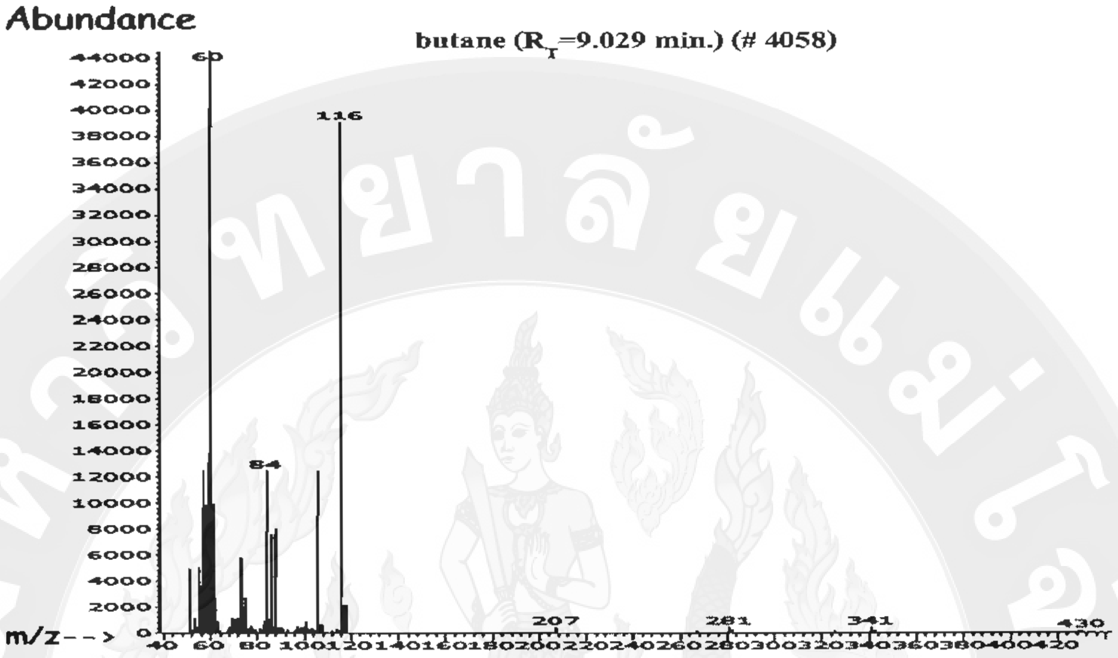
ภาพ 128 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 5.687 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร butanal ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



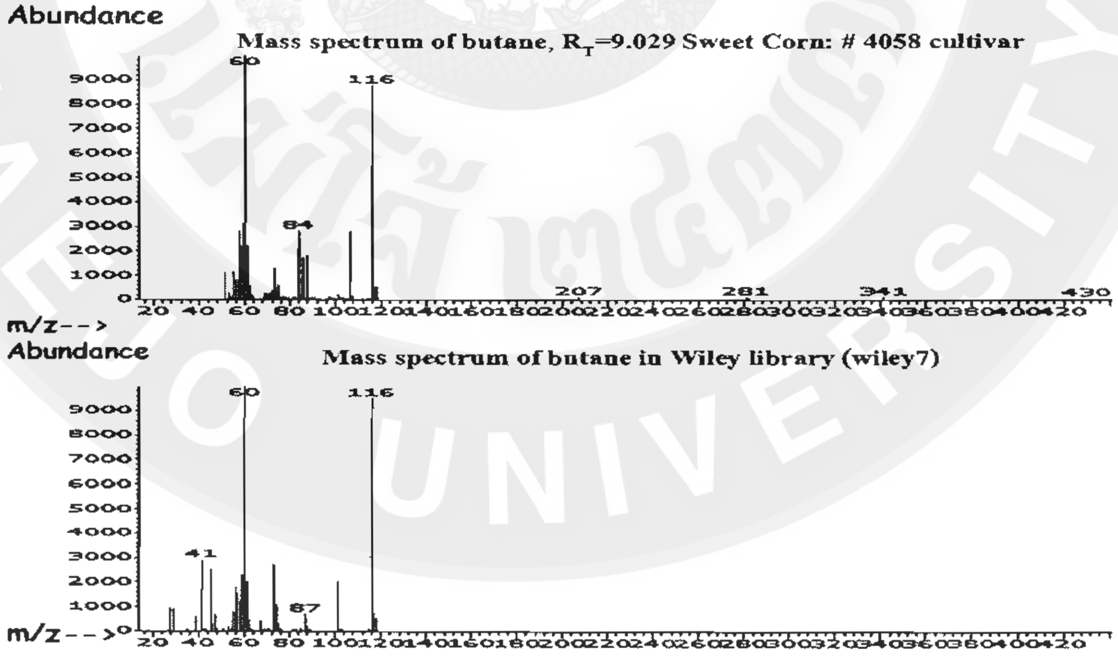
ภาพ 129 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 1-propanol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.880 นาที



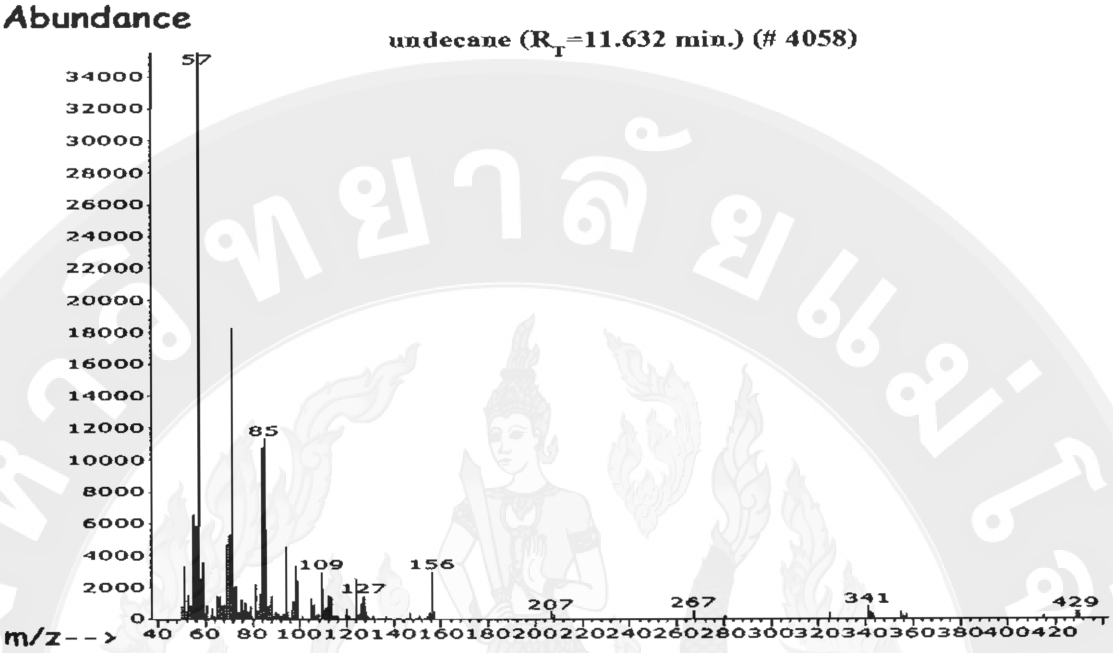
ภาพ 130 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 8.880 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 1-propanol ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



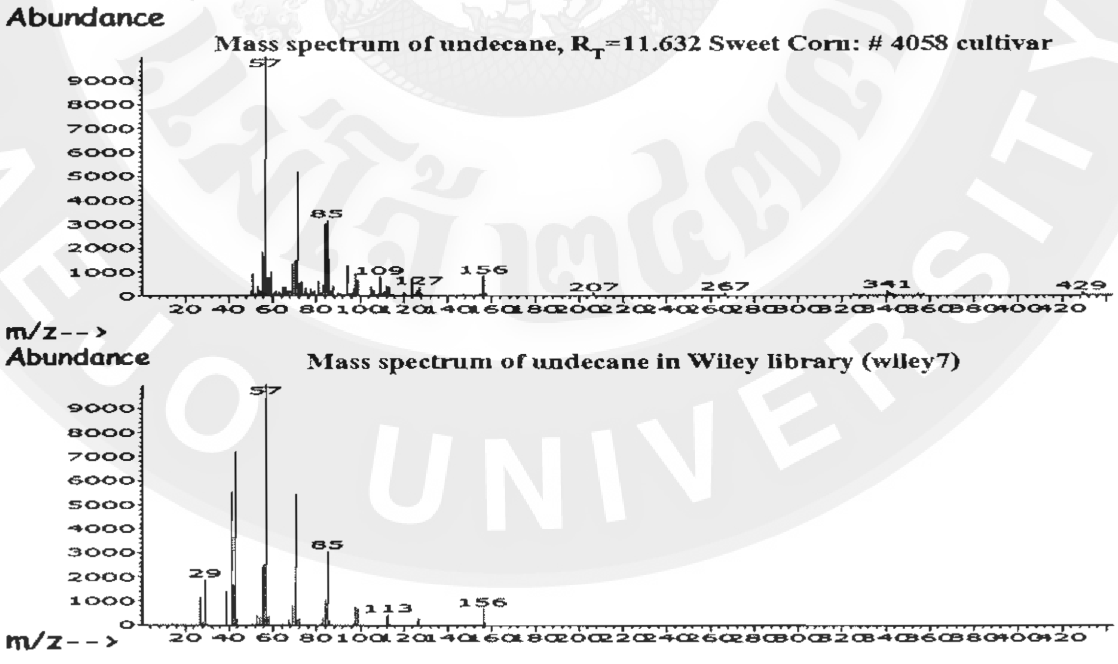
ภาพ 131 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ butane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.029 นาที



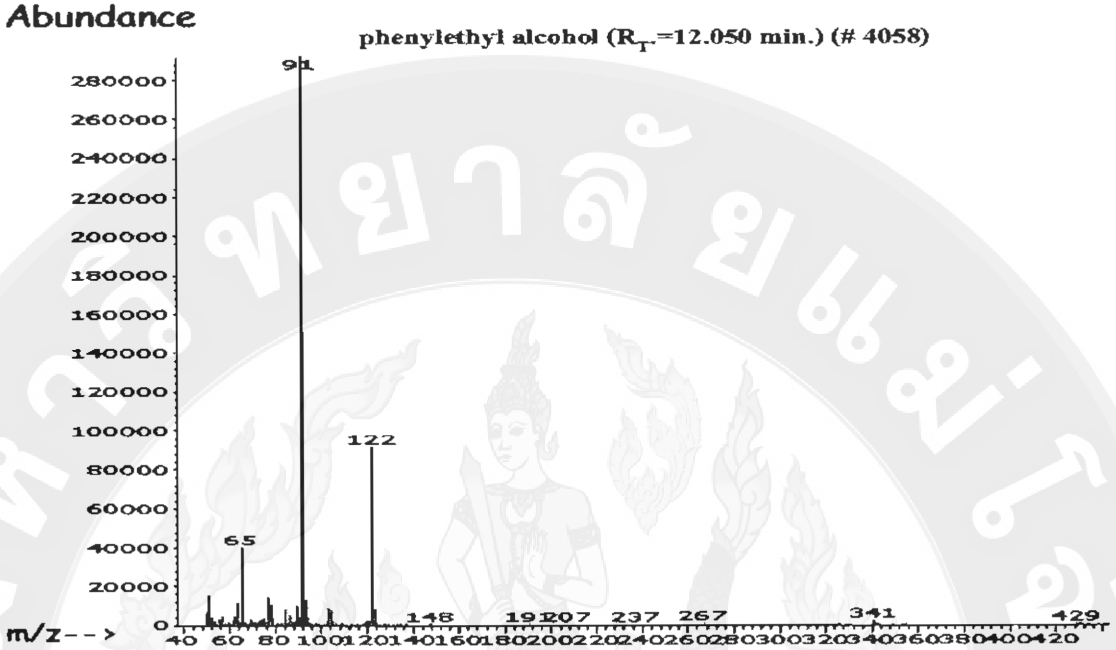
ภาพ 132 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 9.029 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร butane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



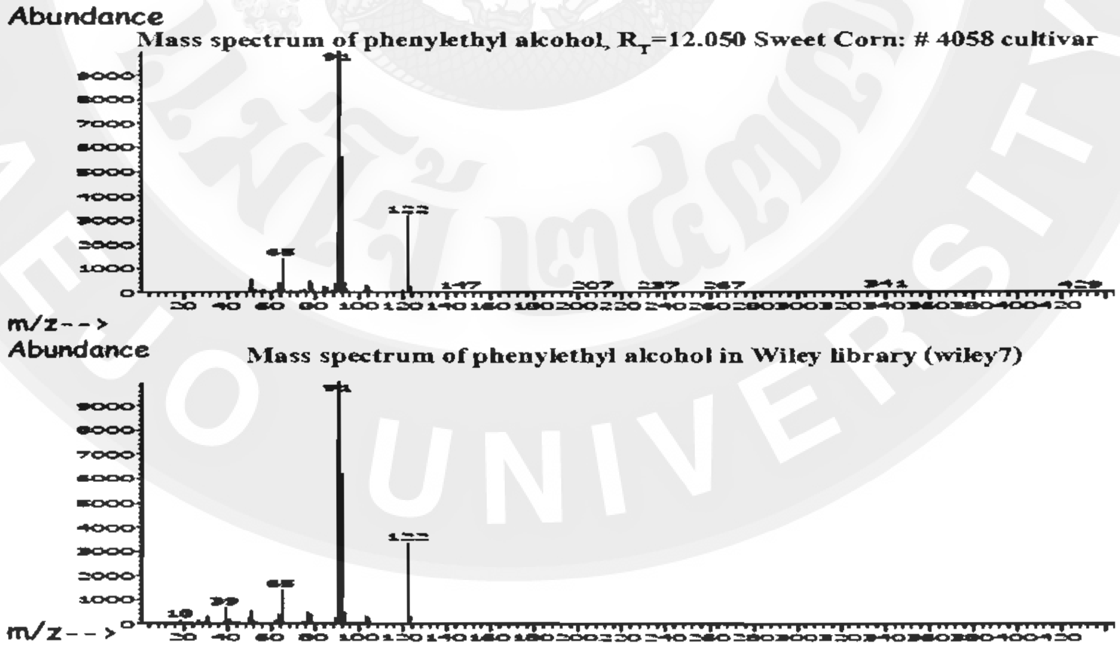
ภาพ 133 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ undecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 11.632 นาที



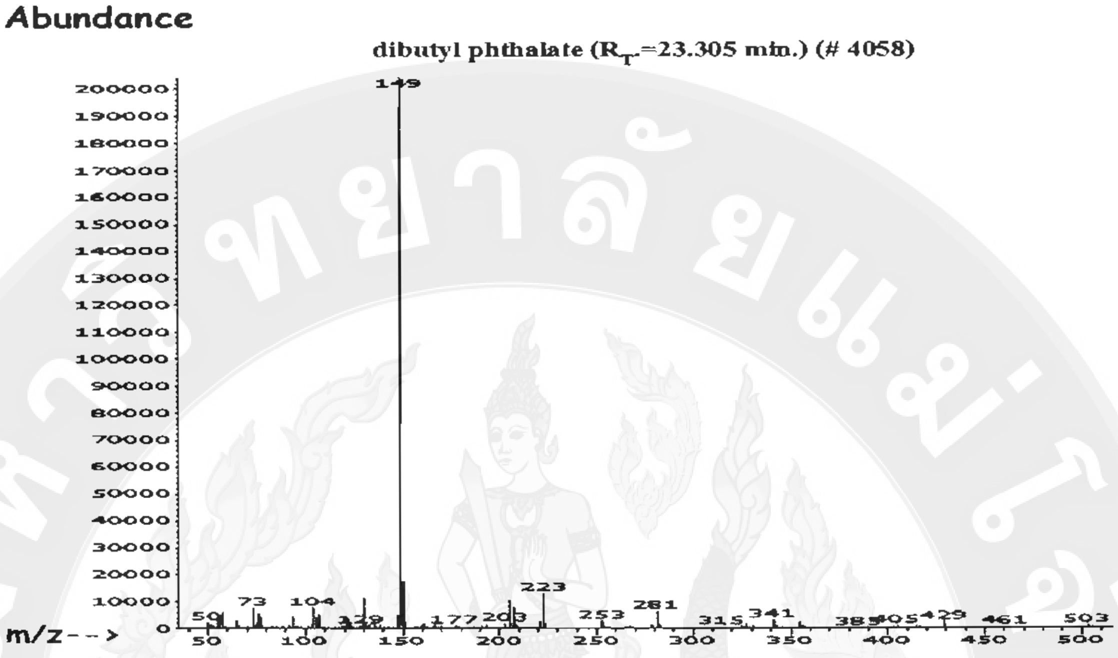
ภาพ 134 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 11.632 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร undecane ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



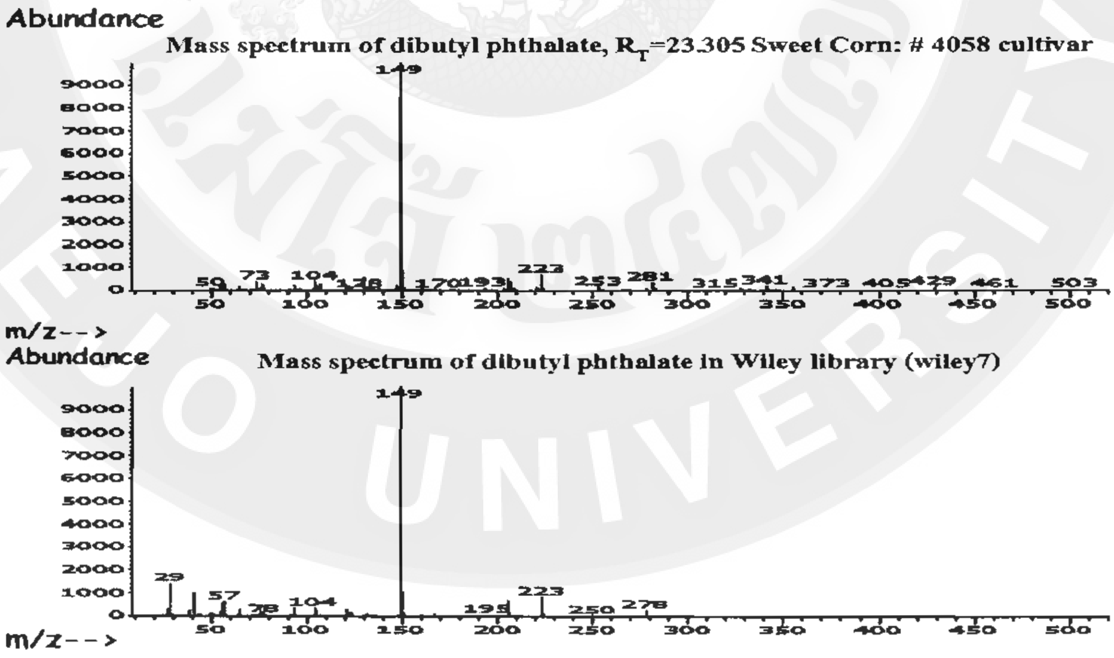
ภาพ 135 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenylethyl alcohol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 12.050 นาที



ภาพ 136 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 12.050 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenylethyl alcohol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 137 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.305 นาที



ภาพ 138 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 ที่เวลา R_T= 23.305 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 10 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] g/mol	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	5.052	1-hexanol	56, 69, 84, 101, 115, 131, 207, 281, 355, 471	102.10	97	6.70
2	5.687	butanal	51, 59, 64, 69, 75, 84, 89, 103, 108, 115, 131, 158, 207, 281	86.07	95	14.83
3	8.880	1-propanol	57, 65, 84, 93, 106, 121, 133, 193, 207, 267, 281, 325, 341, 355, 429	106.05	94	2.50
4	9.029	Butane	51, 60, 73, 84, 97, 106, 116, 207, 267, 281, 325, 341, 430	116.07	94	1.46
5	11.632	undecane	57, 71, 85, 94, 109, 124, 137, 147, 156, 207, 267, 281, 325, 341, 355, 415, 429	156.19	94	1.97
6	12.050	phenylethyl alcohol	51, 65, 91, 103, 113, 122, 133, 147, 191, 207, 237, 251, 267, 281, 325, 341, 355, 429	122.07	95	35.71
7	19.906	benzeneethanol	55, 73, 91, 107, 119, 128, 138, 152, 165, 175, 190, 207, 221, 253, 267, 281, 295, 315, 327, 341, 355, 385, 401, 415, 430, 457, 490	138.07	50	1.25

ตาราง 10 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และ เปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
8	21.342	unknown	55, 69, 77, 91, 99, 107, 119, 133, 141, 149, 158, 167, 181, 195, 209, 223, 239, 253, 269, 285, 301, 315, 331, 346, 355, 377, 405, 415, 429	346.09	49	13.76
9	21.726	unknown	55, 73, 91, 107, 120, 129, 138, 147, 163, 178, 193, 207, 221, 239, 253, 267, 281, 295, 311, 327, 241, 355, 385, 401, 415, 429, 445, 459, 475, 490	429.13	92	1.25
10	22.424	unknown	57, 73, 91, 107, 119, 130, 141, 156, 165, 179, 195, 207, 223, 239, 253, 267, 281, 297, 311, 327, 343, 355, 375, 389, 405, 420, 429, 475, 505	327.11	68	7.85
11	23.305	dibutyl phthalate	57, 73, 83, 93, 104, 121, 130, 139, 149, 161, 170, 180, 193, 205, 223, 236, 253, 267, 281,	278.15	93	3.89
12	23.785	unknown	55, 73, 82, 91, 107, 121, 135, 149, 165, 185, 197, 207, 223, 239, 253, 267, 281, 299, 313, 329, 341, 355, 373	329.13	27	2.64

ตาราง 10 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
13	25.353	unknown	55, 73, 91, 107, 121, 135, 147, 161, 178, 197, 207, 221, 239, 253, 269, 281, 311, 327, 341, 355, 373, 387, 403, 415, 429, 449, 465, 475, 491, 503	403.01	47	2.85
14	27.224	unknown	59, 73, 85, 96, 107, 119, 135, 147, 165, 177, 197, 207, 221, 239, 253, 271, 281, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 461, 477, 503, 539	238.16	46	1.50
15	30.337	unknown	57, 73, 83, 96, 113, 123, 135, 149, 167, 177, 191, 207, 221, 239, 253, 267, 281, 297, 315, 327, 341, 355, 377,	390.28	44	1.78

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

MAEJO UNIVERSITY

4.1.9 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 11.638 ถึง 30.331 นาที (ภาพ 139) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 14 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 0.95 ถึง 31.67% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีชนิดของสารความหอม 6 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group ได้แก่ phenol

สารหอมในกลุ่มของ Esteric group ได้แก่ dibutyl phthalate

สารหอมในกลุ่มของ Ketonic group ได้แก่ 2(1)-quinolinone

สารหอมในกลุ่มของ Nitrogen-containing compound ได้แก่ diethyltoluamide

สารหอมในกลุ่มของ Carboxylic acid ได้แก่ n-hexadecanoic acid

และสารหอมในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ cyclohexadecane

สารหอมทั้ง 6 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ได้แก่

1) diethyltoluamide ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 19.116 นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 224.25 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 140) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 141) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 91% และพบว่าสารหอม diethyltoluamide ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.33% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)

2) cyclohexadecane ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 22.309 นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 224.25 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 142) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 143) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99% และพบว่าสารหอม cyclohexadecane ในเมล็ด

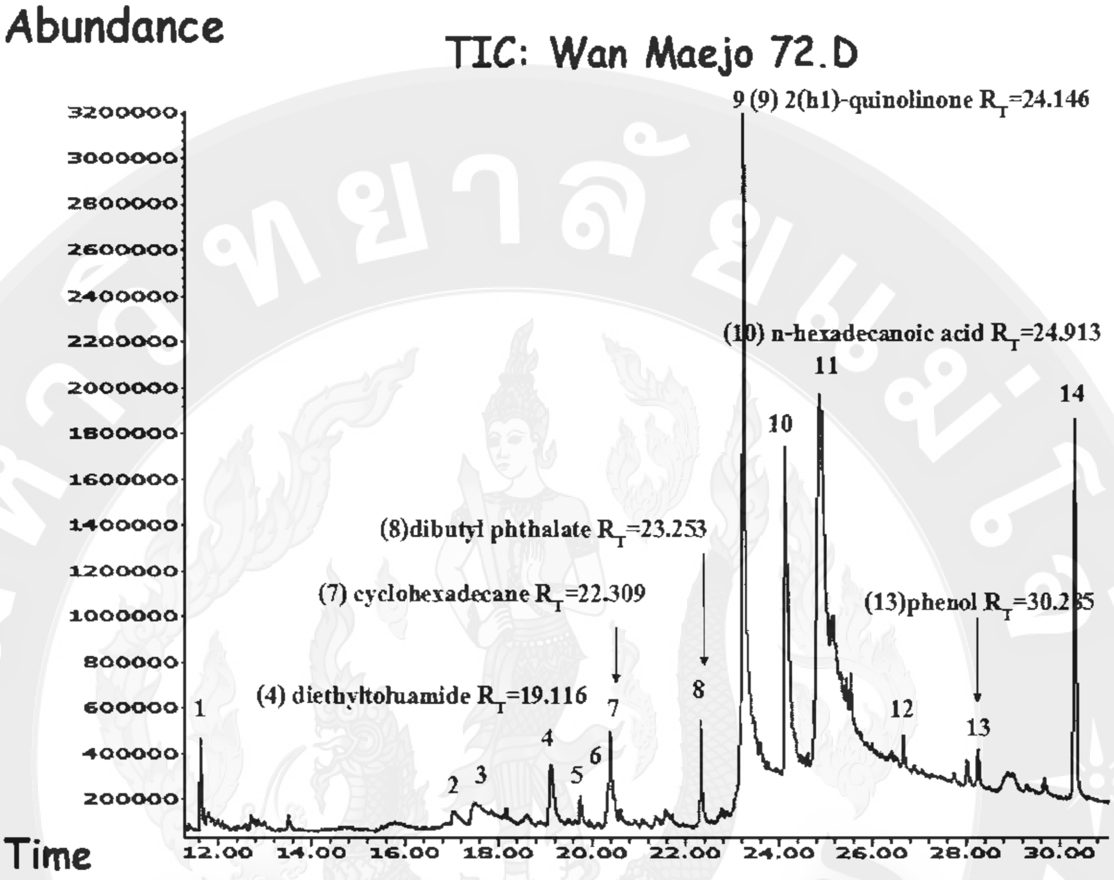
ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.28% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)

3) dibutyl phthalate ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 23.253 นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 278.15 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 144) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 145) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 95% และพบว่าสารหอม dibutyl phthalate ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 31.67% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)

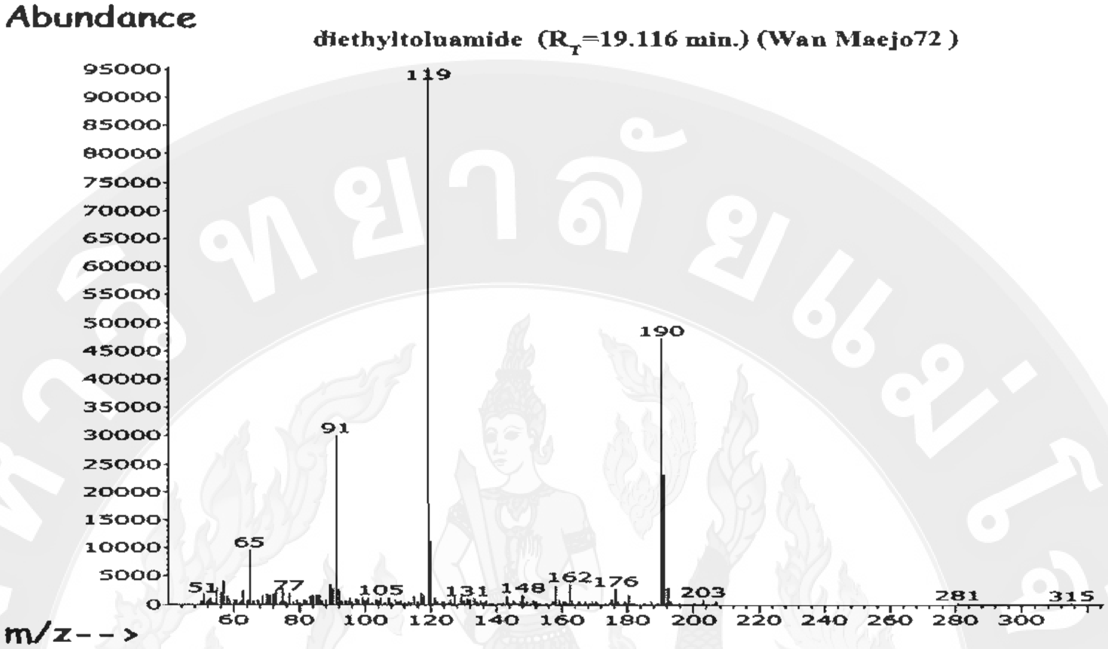
4) 2(1)-quinolinone ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.146 นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 145.05 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 146) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 147) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 90% และพบว่าสารหอม 2(1)-quinolinone ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.92% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)

5) n-hexadecanoic acid ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 24.913 นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 256.24 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 148) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 149) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม n-hexadecanoic acid ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 19.86% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)

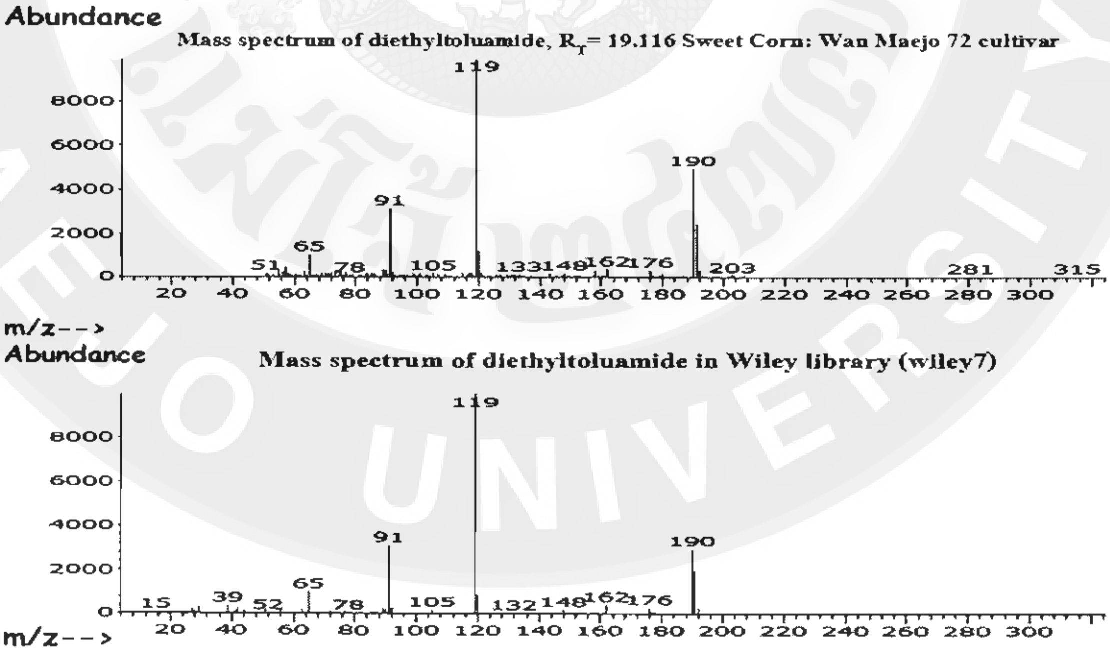
6) phenol ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 30.285นาที (ภาพ 139) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 390.28 (ตาราง 11) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 150) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 151) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 92% และพบว่าสารหอม phenol ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 1.29% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 11)



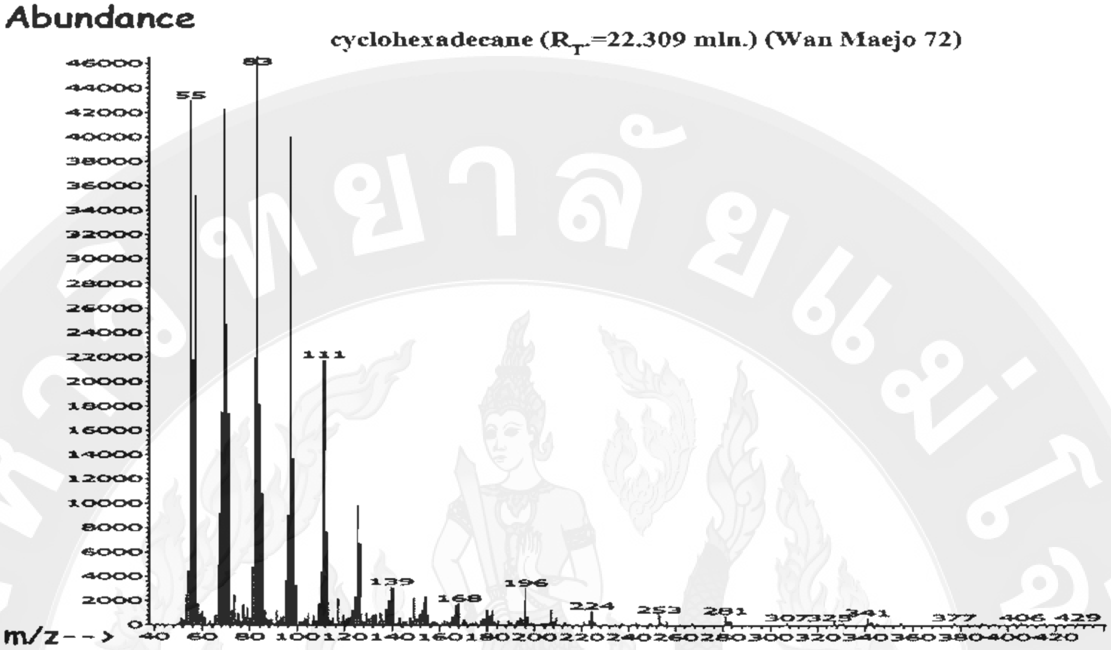
ภาพ 139 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 14 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



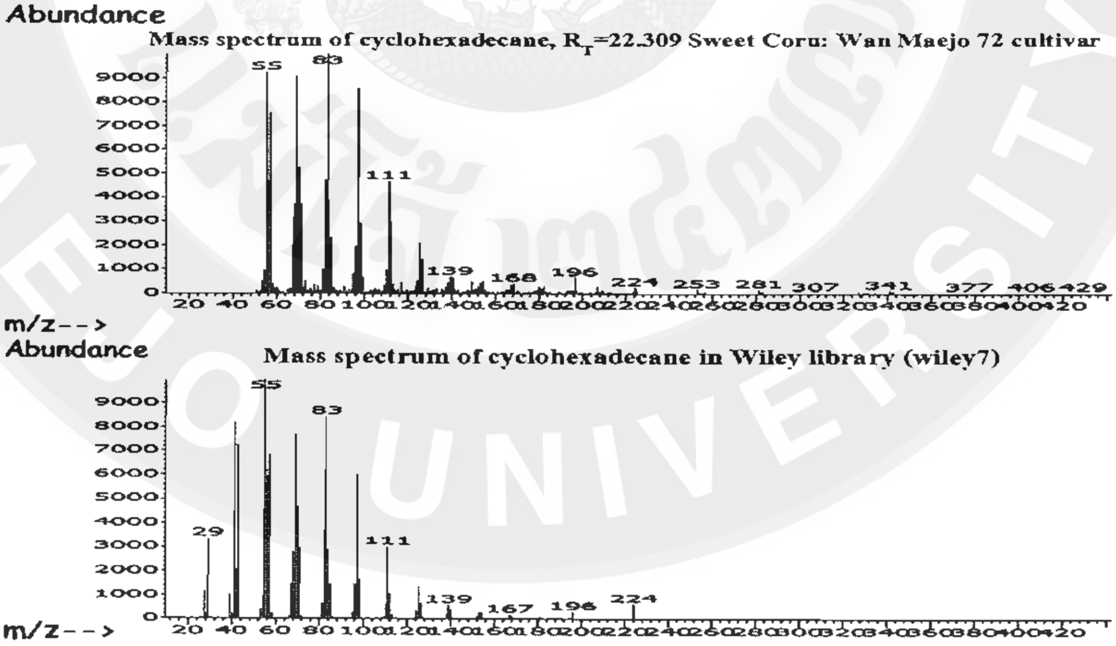
ภาพ 140 แสดงภาพแมสสเปคครัมของ diethyltoluamide ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R$_T$) เท่ากับ 19.116 นาที



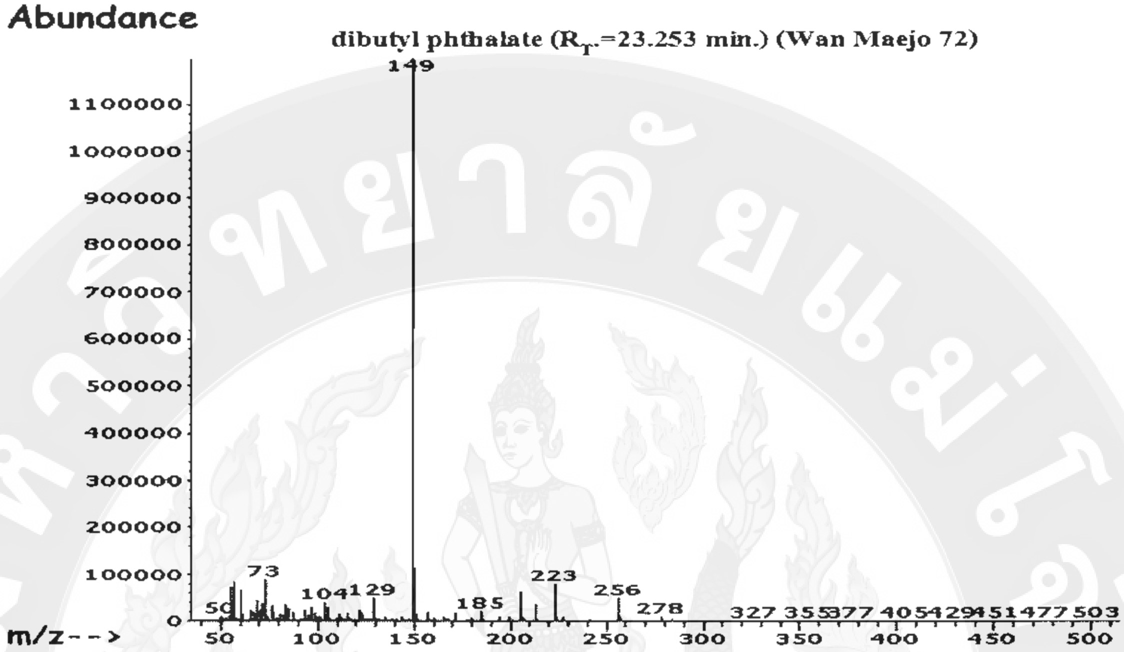
ภาพ 141 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R$_T$= 19.116 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร diethyltoluamide ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



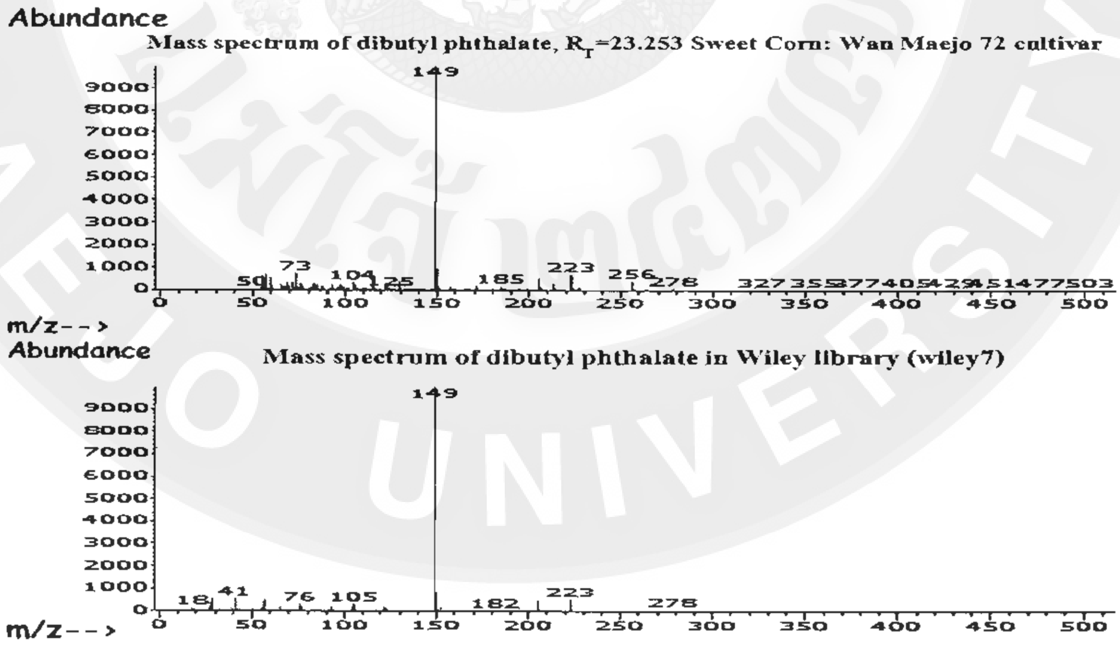
ภาพ 142 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ cyclohexadecane ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 22.309 นาที



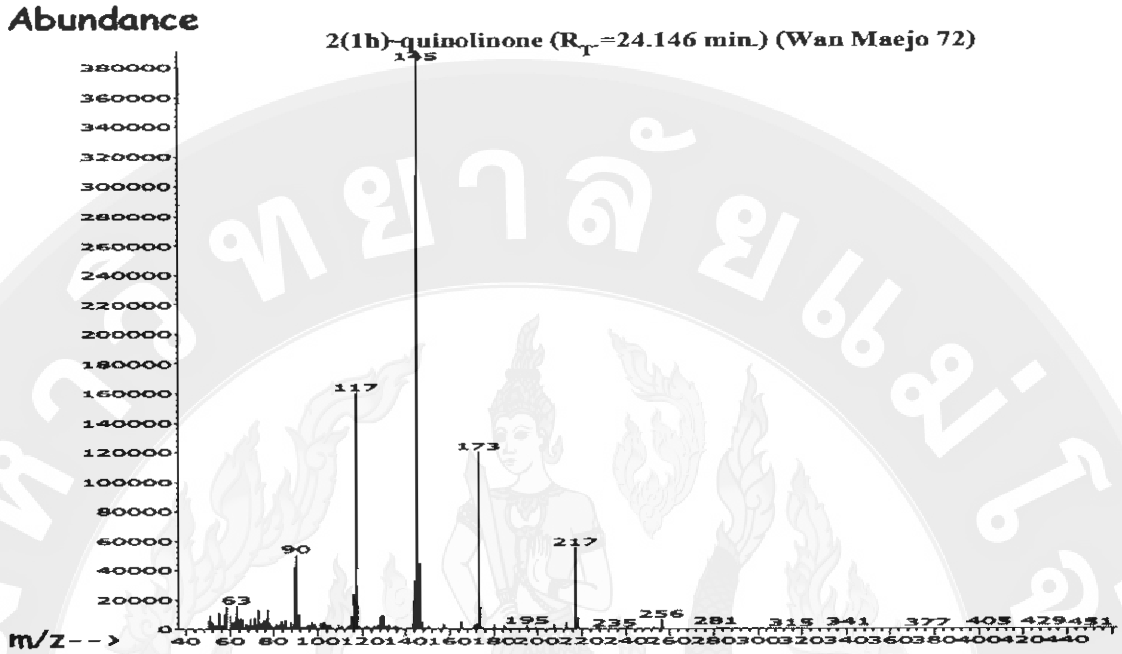
ภาพ 143 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 22.309 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร cyclohexadecane ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



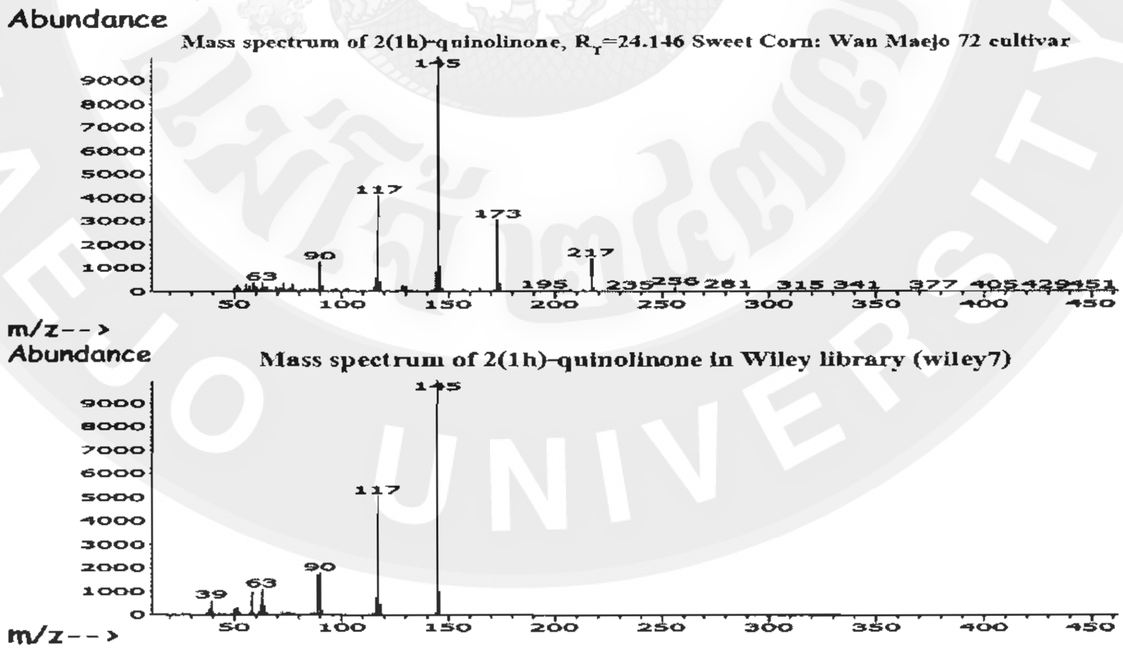
ภาพ 144 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ dibutyl phthalate ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 23.253 นาที



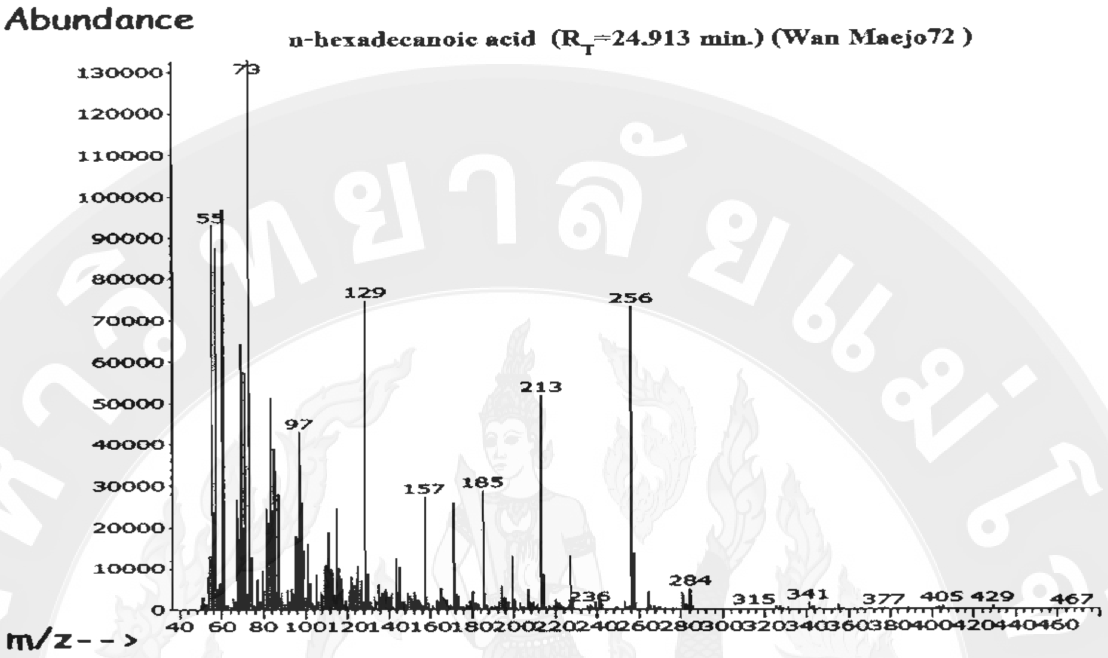
ภาพ 145 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 23.253 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร dibutyl phthalate ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



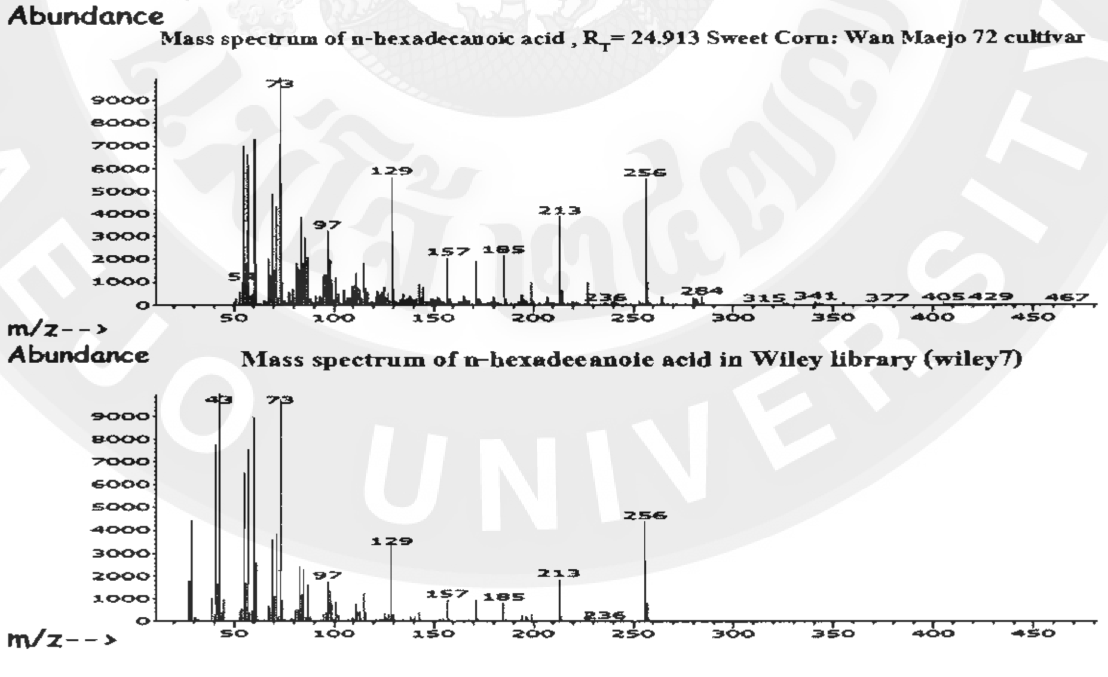
ภาพ 146 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ 2(1h)-quinolinone ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.416 นาที



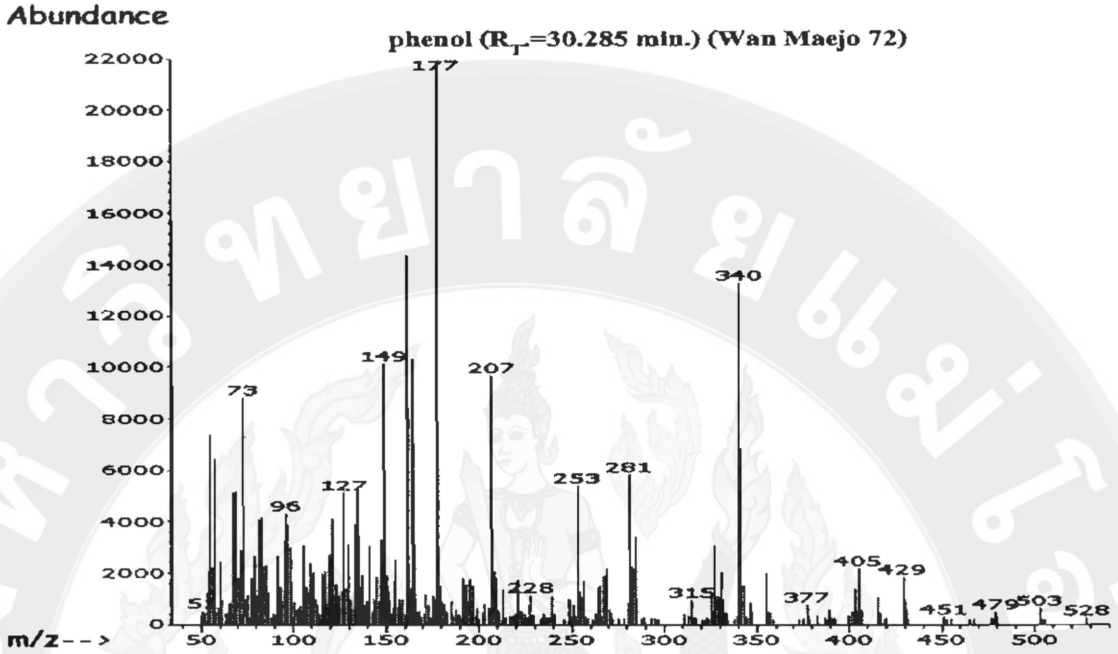
ภาพ 147 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 24.146 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร 2(1h)-quinolinone ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



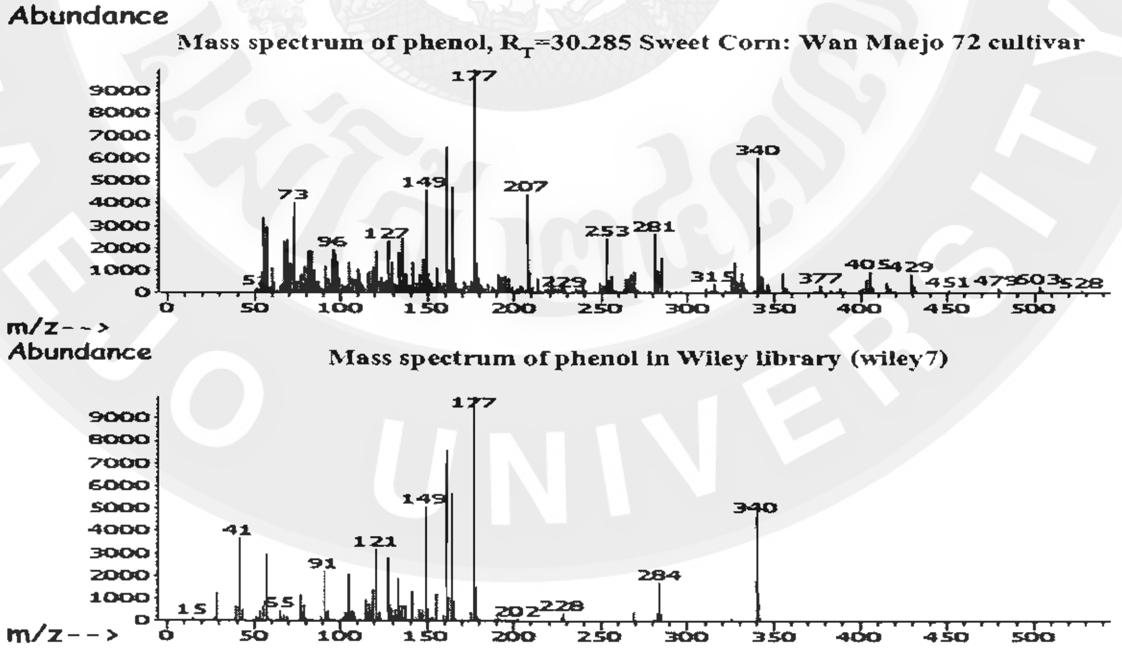
ภาพ 148 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ n-hexadecanoic acid ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 24.913 นาที



ภาพ 149 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 24.913 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร n-hexadecanoic acid ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 150 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ phenol ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 30.285 นาที



ภาพ 151 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 ที่ เวลา R_T= 30.285 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร phenol ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 11 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	11.638	unknown	51, 57, 65, 71, 79, 85, 91, 98, 105, 113, 119, 127, 134, 141, 151, 156, 253, 281	156.19	94	2.65
2	17.033	unknown	51, 57, 63, 69, 75, 84, 91, 97, 103, 109, 117, 126, 131, 139, 146, 151, 157, 163, 168, 178, 187, 203, 281	178.14	46	1.16
3	17.497	unknown	51, 57, 67, 73, 79, 86, 97, 103, 109, 117, 126, 135, 144, 151, 157, 163, 172, 178, 187, 207, 234, 327	128.10	30	1.06
4	19.116	diethyltoluamide	51, 57, 65, 75, 84, 91, 97, 105, 112, 119, 127, 135, 141, 148, 155, 162, 170, 176, 190, 203, 281, 315	191.13	91	4.33
5	19.740	unknown	55, 69, 81, 91, 101, 109, 117, 137, 152, 165, 175, 190, 199, 208, 233, 242, 281, 327, 341, 355, 429	152.12	50	1.03
6	20.375	unknown	55, 65, 77, 91, 105, 115, 123, 131, 140, 147, 157, 165, 175, 183, 193, 208, 224, 256, 281, 341, 415	208.13	74	0.95

ตาราง 11 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
7	22.309	cyclohexadecane	55, 69, 83, 97, 111, 125, 139, 154, 168, 180, 196, 207, 224, 241, 253, 267, 281, 307, 327, 341, 355, 377, 389, 406, 415, 429	224.25	99	2.28
8	23.253	dibutyl phthalate	57, 73, 83, 97, 105, 115, 129, 139, 149, 160, 171, 185, 194, 205, 214, 223, 232, 241, 256, 265, 278, 294, 315, 327, 341, 355, 405, 415, 429	278.15	95	31.67
9	24.146	2(1h)-quinolinone	55, 63, 73, 81, 90, 102, 117, 129, 145, 154, 165, 173, 185, 195, 207, 217, 227, 241, 256, 267, 281, 294, 327, 341, 355, 377, 405, 415, 429, 451	145.05	90	2.92
10	24.913	n-hexadecanoic acid	51, 60, 73, 83, 97, 108, 115, 129, 143, 157, 171, 185, 199, 213, 227, 241, 256, 265, 274, 284, 299, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429	256.24	98	19.86

ตาราง 11 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
11	26.669	2,6-naphthalenedione	55, 69, 83, 95, 105, 123, 135, 145, 155, 165, 182, 195, 207, 221, 239, 253, 267, 281, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 415, 429, 451, 479, 504	208.15	53	14.74
12	28.254	unknown	55, 73, 85, 96, 109, 121, 135, 149, 161, 177, 191, 207, 221, 239, 253, 269, 281, 295, 315, 327, 340, 355, 377, 389, 405, 416, 429, 451, 479, 503	340.24	97	1.01
13	30.285	phenol	57, 71, 83, 97, 113, 132, 149, 167, 180, 197, 207, 221, 239, 253, 267, 279, 299, 315, 327, 341, 355, 377, 389, 405, 417, 429, 451, 467, 479, 503	390.28	92	1.29
14	30.331	unknown	57, 71, 83, 93, 103, 113, 132, 149, 167, 180, 193, 207, 221, 239, 253, 267, 279, 315, 327, 341, 355, 377, 390, 405, 415, 429, 451, 465, 479, 503	224.14	80	15.10

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

4.1.10 ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 เมื่อสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ผลการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 จำแนกชนิดของสารหอมโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี [Gas Chromatograph / Mass Spectrometry (GC-MS)] พบว่า สารอินทรีย์ที่จำแนกได้นั้นมีช่วงเวลาการเกิดโครมาโทแกรมที่เวลารีเทนชัน (R_T) อยู่ในช่วง 2.04 ถึง 53.67 นาที (ภาพ 152) มีสารอินทรีย์ที่พบทั้งหมด 10 ชนิด และมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.74 ถึง 49.084% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 12) จำนวนสารทั้งหมดที่ตรวจพบ ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 มีชนิดของสารความหอม 3 ชนิด เป็นสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ copaene, caryophyllene และ naphthalene

สารหอมทั้ง 3 ชนิดที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604ได้แก่

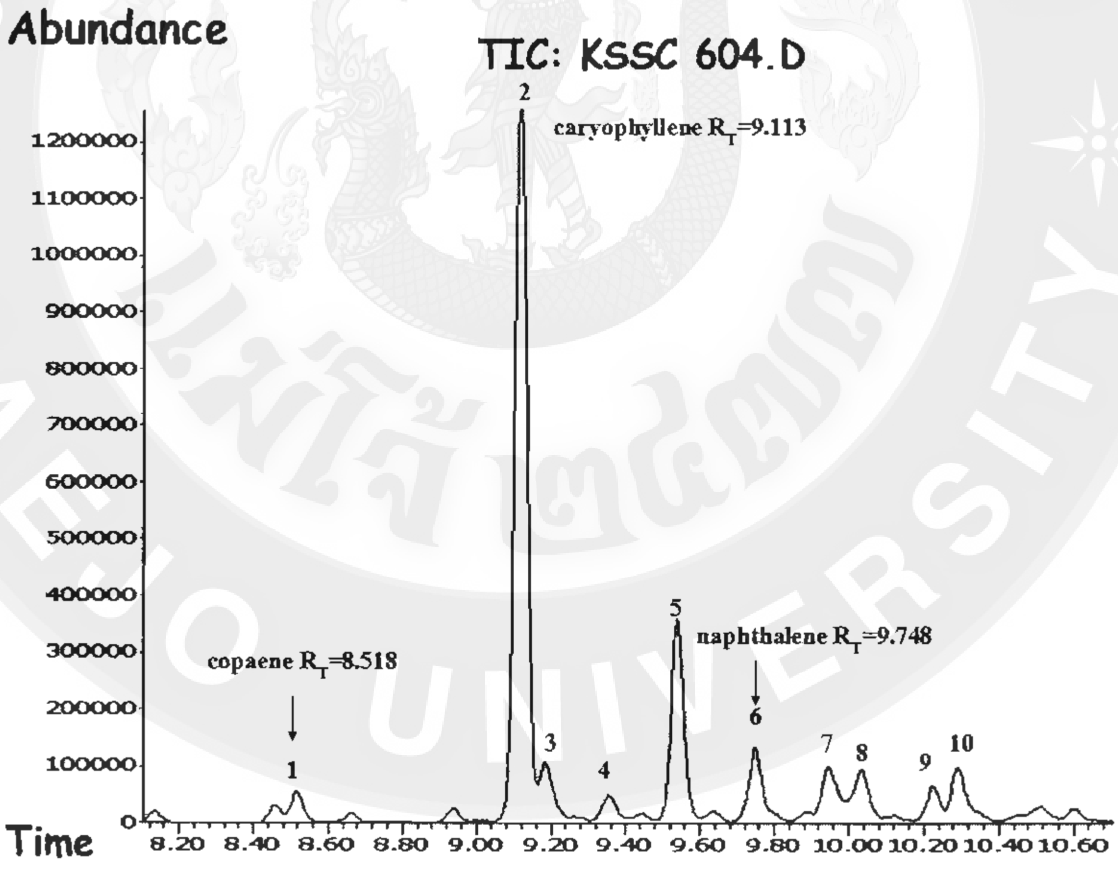
1) copaene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 8.518 นาที (ภาพ 152) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 204.19 (ตาราง 12) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 122) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 123) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม copaene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 2.31% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 12)

2) caryophyllene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 9.113 นาที (ภาพ 152) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 204.19 (ตาราง 12) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 124) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 125) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม caryophyllene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 53.67% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 12)

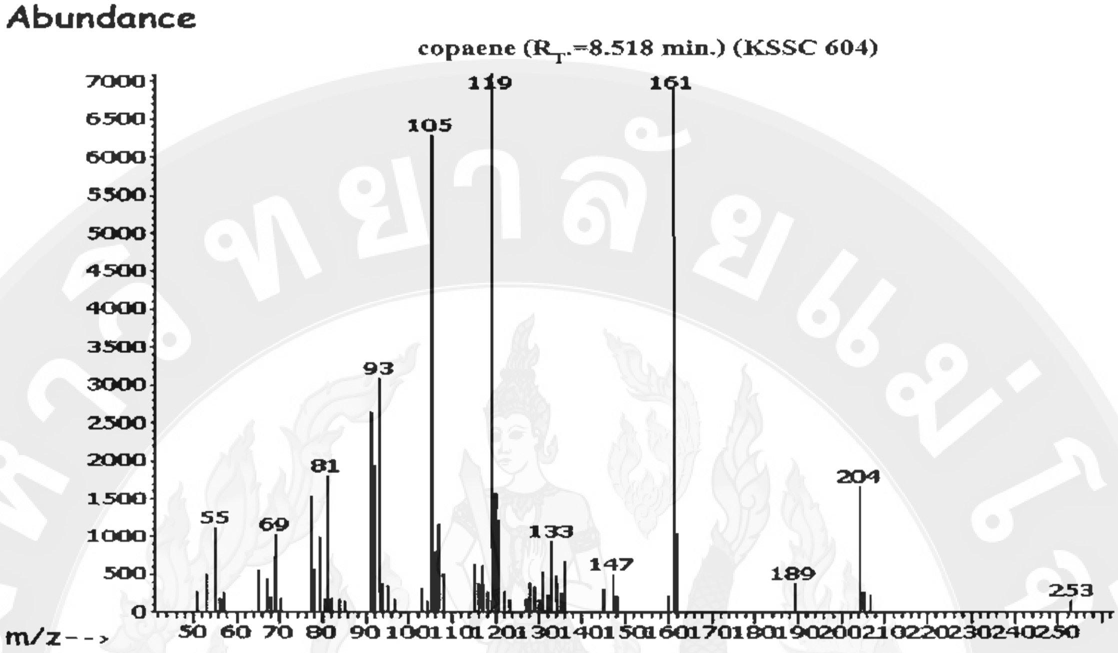
3) naphthalene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 9.748 นาที (ภาพ 152) มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 204.19 (ตาราง 12) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบ (ภาพ 126) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) (ภาพ 127) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานใน

ฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 98% และพบว่าสารหอม naphthalene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 6.25% ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 12)

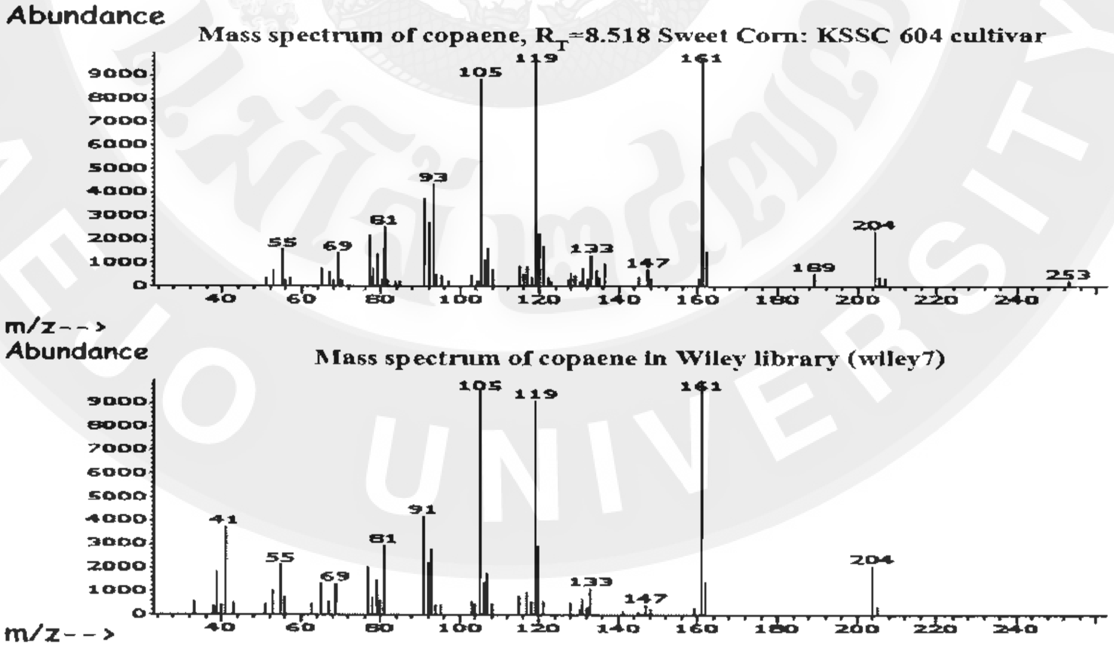
และนอกจากนี้ ยังพบ naphthalene ที่เวลารีเทนชั่น (R_T) 9.948, 10.046, 10.223, 10.292 นาที ตามลำดับ มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) เท่ากับ 204.19 (ตาราง 12) ค่าแมสสเปคตรัม (Mass Spectrum) ของสารหอมที่พบเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน G1035A ใน Wiley Library (Wiley7) พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่างแมสสเปคตรัมของสารหอมที่พบกับสารมาตรฐานในฐานข้อมูล (%Quality) มีค่าเท่ากับ 99, 98, 96 และ 99% ตามลำดับ และพบว่าสารหอม naphthalene ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 มีปริมาณความเข้มข้นของสาร 4.82, 3.98, 2.73, 5.02% ตามลำดับ ของพื้นที่ใต้พีคทั้งหมดหรือของสารอินทรีย์ที่สกัดได้ (ตาราง 12)



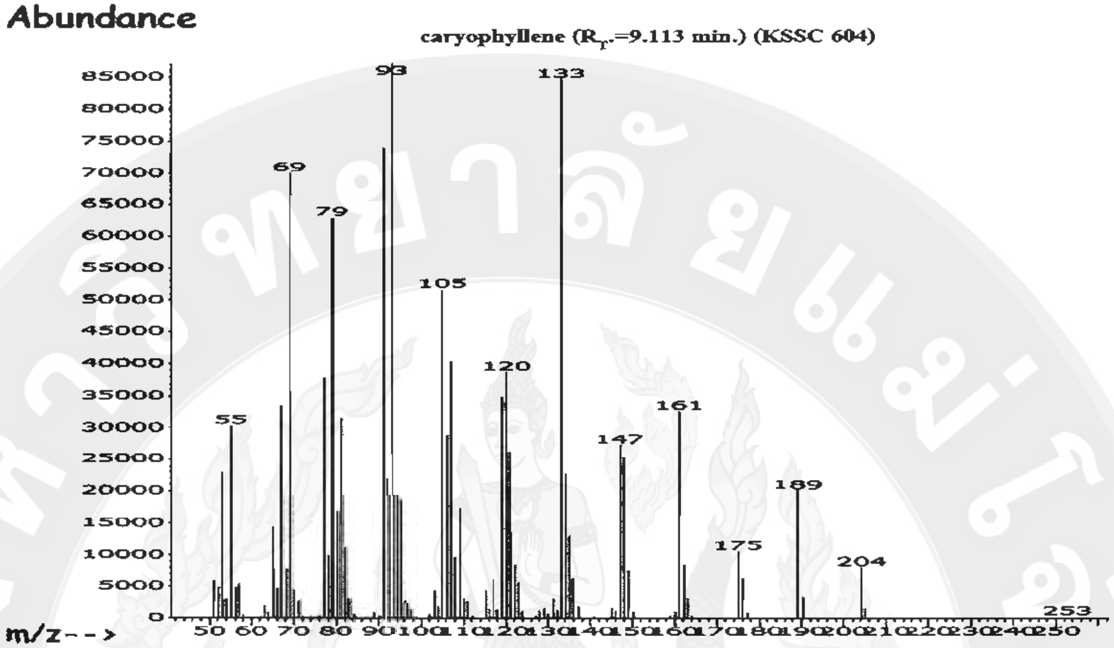
ภาพ 152 แสดงโครมาโทแกรมของสารอินทรีย์ทั้งหมด 10 ชนิด ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมภ์ HP-5MS



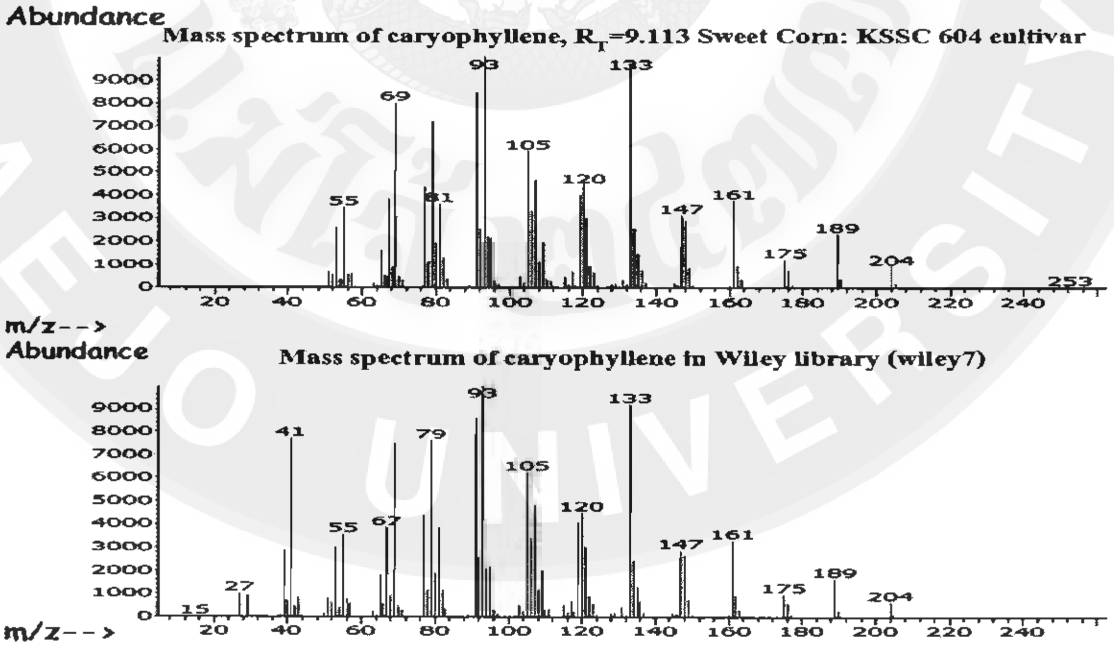
ภาพ 153 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ copaene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 8.518 นาที



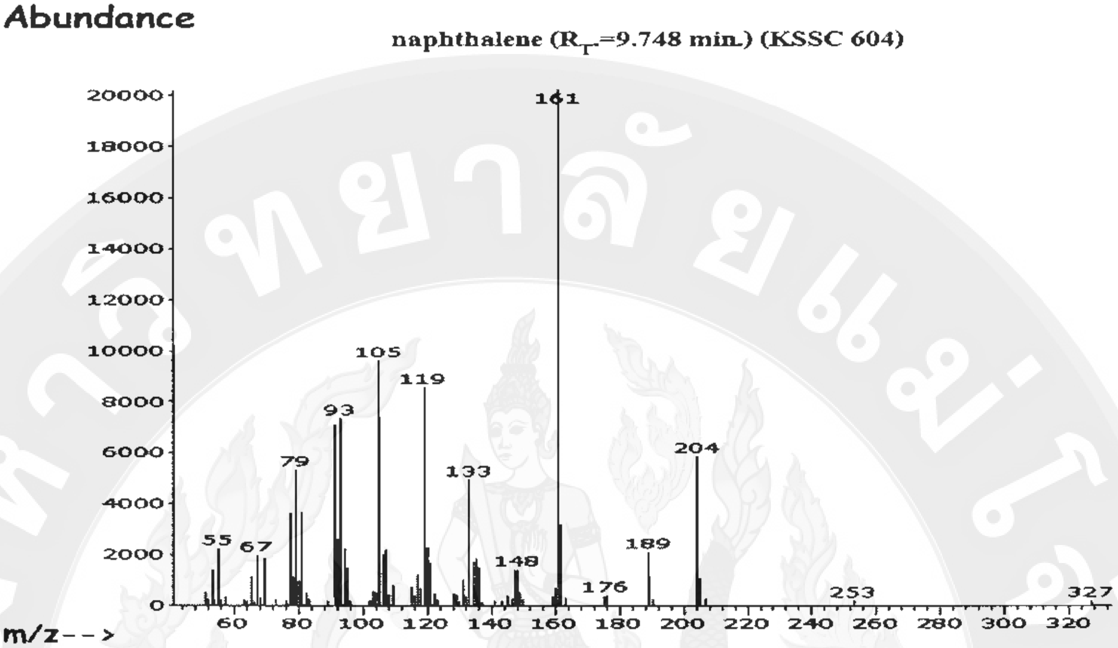
ภาพ 154 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลา R_T= 8.518 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร copaene ของ G1035A ใน Wiley Library (Wiley7)



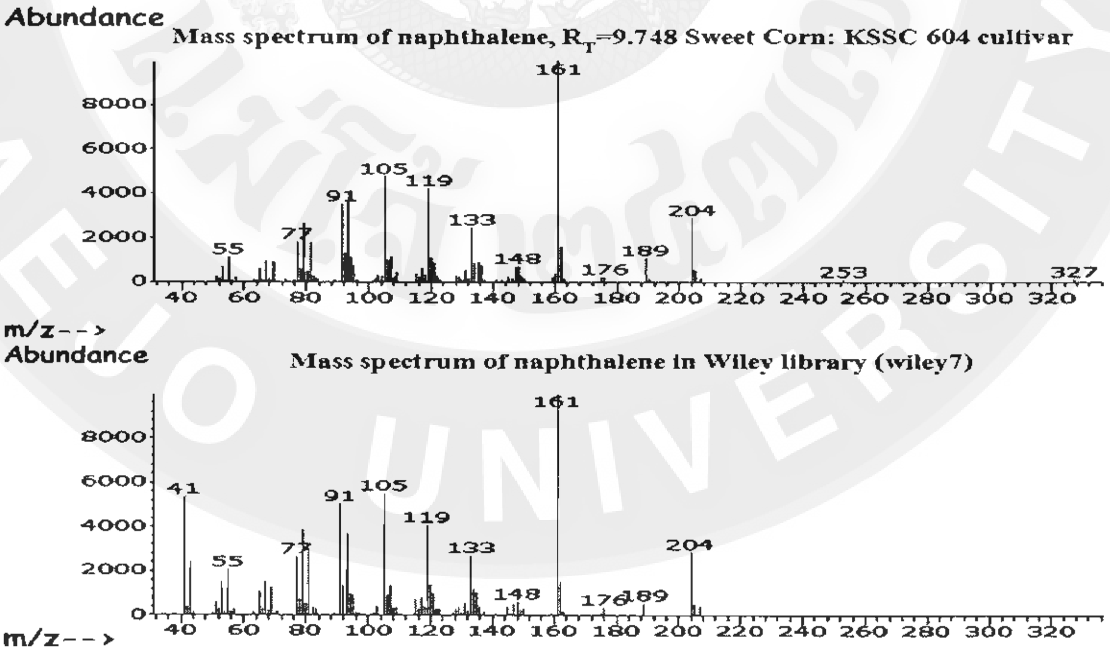
ภาพ 155 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ caryophyllene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.113 นาที



ภาพ 156 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลา R_T= 9.113 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร caryophyllene ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)



ภาพ 157 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของ naphthalene ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลารีเทนชัน (R_T) เท่ากับ 9.748 นาที



ภาพ 158 แสดงภาพแมสสเปคตรัมของสารหอมที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 ที่เวลา R_T= 9.748 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมสาร naphthalene ของ G1035A ในWiley Library (Wiley7)

ตาราง 12 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
1	8.518	copaene	55, 69, 81, 93, 105, 119, 128, 133, 147, 161, 189, 204, 253	204.19	98	2.31
2	9.113	caryophyllene	55, 63, 69, 79, 84, 93, 105, 110, 115, 120, 128, 133, 141, 147, 161, 175, 189, 204, 253	204.19	99	53.67
3	9.176	unknown	55, 63, 69, 79, 84, 93, 107, 119, 133, 147, 161, 175, 189, 204, 253	204.19	96	4.25
4	9.353	unknown	55, 69, 79, 91, 96, 105, 110, 115, 121, 128, 133, 147, 161, 175, 189, 204, 253	204.19	99	2.04
5	9.542	unknown	53, 58, 67, 80, 93, 102, 107, 115, 121, 128, 136, 141, 147, 161, 175, 189, 204, 253	204.19	98	14.88
6	9.748	naphthalenc	55, 67, 73, 79, 93, 105, 119, 133, 141, 148, 161, 176, 189, 204, 253, 327	204.19	99	6.25

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 12 (ต่อ) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับลำดับการเกิดรีเทนชั่น (R_T), ค่าแมสสเปคตรัม, น้ำหนักโมเลกุล, เปอร์เซ็นต์ (%) ความเหมือนกับสารมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ (%) ของสารหอมและสารอินทรีย์ที่สกัดได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604

Peak No.	Retention Time	compounds	m/z c% relative abundance [a]	MW [b] (g/mol)	Quality [c] (%)	(%) of Total
7	9.948	naphthalene	51, 55, 63, 67, 70, 73, 79, 83, 89, 93, 97, 105, 109, 115, 119, 123, 128, 133, 147, 150, 161, 175, 189, 204	204.19	99	4.82
8	10.046	naphthalene	51, 55, 67, 79, 83, 89, 93, 97, 105, 109, 115, 119, 123, 129, 133, 147, 161, 175, 189, 204	204.19	98	3.98
9	10.223	naphthalene	55, 67, 73, 79, 91, 105, 119, 128, 133, 147, 161, 176, 189, 204, 253	204.19	96	2.73
10	10.292	naphthalene	55, 63, 69, 81, 91, 105, 119, 127, 134, 141, 147, 161, 176, 189, 204, 221, 253, 327	204.19	99	5.01

Note: [a] Mass Spectrum units molecular ion intensity; [b] molecular weight form GC-MS (EI) data (g/mol); [c] MS quality comparison with database

MAEJO UNIVERSITY

ตาราง 13 รายงานผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณ (% of total ของสารอินทรีย์ที่สกัดได้) ของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกันด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี

ชนิดของสารความหอม	**พันธุ์ข้าวโพดหวาน**										
	ATS 5	ATS 8	# 5840	Golden Sweeter	WIN 999	Ex 30442689	Insee 2	# 4058	Wan Maejo 72	KSSC 604	Total
phenylethyl alcohol	26.64	1.46	1.78	18.95	-	7.32	-	35.71	-	-	6
1-nonen-4-ol	1.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1-penten-3-ol	0.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1-propanol	-	6.81	1.84	-	-	-	-	2.50	-	-	3
1h-Indole-3-ethanol	-	5.04		-	-	-	-	-	-	-	1
1-hexanol	-	-	4.77	4.66	-	-	-	6.70		-	3
phenol	-	-	1.29	0.77	-	31.71	-	-	1.29	-	4
2-cyclohexen-1-ol	-	-	3.57	-	-	-	-	-	-	-	1
8-quinolinol	-	-	-	19.72	-	-	-	-	-	-	1
3-hexanol	-	-	-	-	8.40	3.97	-	-	-	-	2
ethanol	0.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
dibutyl phthalate	8.24	2.84	23.04	7.89	7.78	24.27	2.47	3.89	31.67	-	9
methyl ester	4.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
bis(2-ethylhexyl)phthalate	25.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
di-n-octyl phthalate	-	2.16	-	-	-	-	-	-	-	-	1
diisooctyl ester	-	-	6.28	-	-	-	-	-	-	-	1

ตาราง 13 (ต่อ) รายงานผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณ (% of total ของสารอินทรีย์ที่สกัดได้) ของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี

ชนิดของสารความหอม	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										
	ATS 5	ATS 8	# 5840	Golden Sweeter	WIN 999	Ex 30442689	Insee 2	# 4058	Wan Maejo 72	KSSC 604	Total
hexyl ester	-	-	-	-	-	1.35	-	-	-	-	1
2-pentanone	1.15	-	-	-	2.06	-	25.21	-	-	-	3
2-pentadecanone	-	-	3.76	-	-	-	-	-	-	-	1
2-butanone	-	1.46	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2(1h)-quinolinone	-	9.44	-	-	-	-	-	-	2.92	-	2
9-octadecenoic acid	9.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
linoleic acid	-	15.31	-	-	-	-	-	-	-	-	1
n-hexadecanoic acid	-	8.28	-	-	-	-	-	-	19.86	-	2
phthalic acid	-	-	-	-	-	20.55	-	-	-	-	1
butanal	-	-	-	-	-	-	-	14.83	-	-	1
3-hexene	-	-	-	0.74	-	-	-	-	-	-	1
1-hexene	-	-	-	-	1.02	-	-	-	-	-	1
1-propene	-	-	-	3.51	-	-	-	-	-	-	1
1-pentene	-	-	-	-	-	-	3.70	-	-	-	1
copaene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.31	1
caryophyllene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.67	1

ตาราง 13 (ต่อ) รายงานผลการวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณ (% of total ของสารอินทรีย์ที่สกัดได้) ของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี

ชนิดของสารความหอม	**พันธุ์ข้าวโพดหวาน**										
	ATS 5	ATS 8	# 5840	Golden Sweeter	WIN 999	Ex 30442689	Insee 2	# 4058	Wan Maejo 72	KSSC 604	Total
naphthalene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.7	1
cyclohexadecane	-	-	3.82	-	-	-	-	-	2.28	-	2
dodecane	-	-	-	-	1.14	-	-	-	-	-	1
tetradecane	-	-	-	-	4.15	-	3.65	-	-	-	2
docosane	-	-	-	-	4.96	-	-	-	-	-	1
hexacosane	-	-	-	-	-	2.88	-	-	-	-	1
hexane	-	-	-	-	-	-	1.74	-	-	-	1
octadecane	-	-	-	-	-	-	2.62	-	-	-	1
butane	-	-	-	-	-	-	-	1.46	-	-	1
undecane	-	-	-	-	-	-	-	1.97	-	-	1
diethyltoluamide	1.20			1.41	27.04	-	49.04	-	4.33	-	5
Total (% of Total)	80.63	52.80	50.15	57.65	56.55	92.05	88.43	67.06	62.35	78.68	
Total (Types)	10	9	9	8	8	7	7	7	6	3	

4.2 ผลการอาศัย Molecular marker techniques เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

4.2.1. ผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) ของข้าวโพดหวานโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR)

เมื่อนำดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใบอ่อนของข้าวโพดหวานที่ใช้ศึกษาทั้ง 10 พันธุ์ ไปตรวจวัดปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) แล้วปรับความเข้มข้นของดีเอ็นเอ (DNA) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร (100 ng/µl) ดังแสดงไว้ในตาราง 14 จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR) ใช้โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker มีความยาว 20-25 นิวคลีโอไทด์ กระจายตัวทั้ง 10 โครโมโซม โดยแต่ละโครโมโซมมี 1-4 เครื่องหมายโมเลกุล พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและตรวจสอบความแตกต่างของพันธุ์ข้าวโพดหวานได้

ตาราง 14 แสดงความเข้มข้นและการปรับความเข้มข้นของดีเอ็นเอจากใบอ่อนข้าวโพดหวาน

	Name	concentration (ng/ul)			Ratio OD_{260}/OD_{280}			DNA for Stock (100 ng/µl)	
No.	Cultivars	1st	2nd	Average	1st	2nd	Average	DNA	TE
1	ATS 8	225.6	204.1	214.85	1.51	1.68	1.60	232.72	267.28
2	# 4058	326.1	311	318.55	1.77	1.79	1.78	156.96	343.04
3	Ex0 3442689	643.6	630.3	636.95	1.55	1.49	1.52	78.50	421.50
4	ATS 5	181.8	185.1	183.45	1.89	1.79	1.84	272.55	227.45
5	Wan Maejo 72	199.1	194.4	196.75	1.02	1.03	1.03	254.13	245.87
6	KSSC 604	282.5	284.3	283.40	1.55	1.55	1.55	176.43	323.57
7	Insee 2	276.8	264.4	270.60	1.61	1.65	1.63	184.77	315.23
8	WIN 999	528.2	450	489.10	1.38	1.55	1.47	102.23	397.77
9	# 5840	290	299.3	294.65	1.77	1.72	1.75	169.69	330.31
10	Golden Sweeter	457.3	417.2	437.25	1.85	1.79	1.82	114.35	385.65

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) จากใบอ่อนข้าวโพดหวาน โดยใช้เอสเอสอาร์ไพรเมอร์ (SSR primer) ความยาว 20-25 นิวคลิโอไทป์ จำนวน 30 หมายเลข (ตาราง 2) พบว่า สามารถตรวจสอบความแตกต่างของข้าวโพดหวานได้ พบแถบดีเอ็นเอ (DNA) ที่แสดงความแตกต่าง (polymorphic band) จำนวน 121 แถบ (band) และแถบดีเอ็นเอมีขนาดอยู่ระหว่าง 100 – 500 bp มี

ค่าเฉลี่ยของแถบดีเอ็นเอต่อหนึ่งไพรเมอร์เท่ากับ 4.03 แถบต่อไพรเมอร์ (ตาราง 16) ซึ่งแสดงในภาพ 159, 160, 161 และภาพ 162 และสามารถจำแนกพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์ โดยใช้ไพรเมอร์ จำนวน 30 หมายเลข ดังนี้

ไพรเมอร์ umc1354 bin 1.00 (ภาพ 159 ก) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ คือแถบที่ 4 พบในพันธุ์ # 4058 และ WIN 999 มีขนาดประมาณ 160 bp

ไพรเมอร์ bnlg1112 bin 1.01 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ คือแถบที่ 3 พบเฉพาะในพันธุ์ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 180 bp

ไพรเมอร์ bnlg1331 bin 1.09 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 3 พบในพันธุ์ ATS 8 และ Insee 2 มีขนาดประมาณ 164 bp

ไพรเมอร์ umc2241 bin 1.11 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยในแถบที่ 3 พบในพันธุ์ ATS 8 และ Insee 2 มีขนาดประมาณ 247 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบเฉพาะในพันธุ์ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 242 bp

ไพรเมอร์ bnlg1338 bin 2.01 (ภาพ 159 ข) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 5 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 3 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 8 มีขนาดประมาณ 217 bp ในแถบดีเอ็นเอที่ 2 พบเฉพาะในพันธุ์ KSSC 604 มีขนาดประมาณ 206 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบในพันธุ์ ATS 8 และ Wan Maejo 72 มีขนาดประมาณ 164 bp

ไพรเมอร์ umc2246 bin 2.03 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบในพันธุ์ WIN 999 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 125 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบในพันธุ์ Ex 30442689, WIN 999 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 119 bp

ไพรเมอร์ umc1080 bin 2.06 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบในพันธุ์ # 4058 และ Ex 30442689 มีขนาดประมาณ 98 bp

ไพรเมอร์ umc1256 bin 2.09 (ภาพ 159 ค) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบในพันธุ์ # 4058, Ex 30442689, Wan Maejo 72 และ Insee 2 มีขนาดประมาณ 183 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 3 พบในพันธุ์ # 4058 และ Wan Maejo 72 มีขนาดประมาณ 167 bp

ไพรเมอร์ umc2258 bin 3.02 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 6 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบในพันธุ์ WIN 999 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 227 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 6 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 8 มีขนาดประมาณ 219 bp

ไพรเมอร์ bnlg1452 bin 3.04 (ภาพ 160 ง) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ KSSC604 มีขนาดประมาณ 132 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 2 พบเฉพาะในพันธุ์ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 117 bp

ไพรเมอร์ umc1640 bin 3.09 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบในพันธุ์ # 4058 และ Ex 30442689 มีขนาดประมาณ 216 bp

ไพรเมอร์ umc1759 bin 4.01 (ภาพ 160 จ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 6 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 3 พบเฉพาะในพันธุ์ Ex 30442689 มีขนาดประมาณ 180 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบในพันธุ์ ATS 8 และ Insee 2 มีขนาดประมาณ 150 bp

ไพรเมอร์ nc005 bin 4.05 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 6 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ # 4058 มีขนาดประมาณ 205 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 8 มีขนาดประมาณ 157 bp

ไพรเมอร์ phi024bin 5.01 (ภาพ 160 ฉ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 6 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 8 มีขนาดประมาณ 560 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 6 พบในพันธุ์ KSSC604 และ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 194 bp

ไพรเมอร์ umc1883 bin 6.00 (ภาพ 161 ช) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 5 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความ

แตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ # 4058 มีขนาดประมาณ 237 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 2 พบในพันธุ์ Ex 30442689 และ #5840 มีขนาดประมาณ 229 bp

ไพรเมอร์ umc1014 bin 6.04 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 5 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 5 มีขนาดประมาณ 145 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 2 พบเฉพาะในพันธุ์ Insee 2 มีขนาดประมาณ 143 bp

ไพรเมอร์ umc2059 bin 6.08 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 2 พบเฉพาะในพันธุ์ # 4058 มีขนาดประมาณ 216 bp

ไพรเมอร์ bnlg1666 bin 7.04 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบในพันธุ์ KSSC 604 และ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 265 bp

ไพรเมอร์ umc2332 bin 7.08 (ภาพ 161 ซ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ # 4058 มีขนาดประมาณ 237 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 2 พบในพันธุ์ Ex 30442689 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 229 bp

ไพรเมอร์ bnlg2289 bin 8.02 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบในพันธุ์ # 4058 และ ATS 5 มีขนาดประมาณ 87 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 3 พบในพันธุ์ Wan Maejo 72 และ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 78 bp

ไพรเมอร์ bnlg1863 bin 8.03 (ภาพ 161 ฌ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 4 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 3 พบในพันธุ์ Ex 30442689 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 132 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 4 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 5 มีขนาดประมาณ 116 bp

ไพรเมอร์ bnlg1031 bin 8.06 (ภาพ 162 ญ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 7 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 2 แถบ โดยแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ # 4058 มีขนาดประมาณ 180 bp และแถบดีเอ็นเอที่ 3 พบเฉพาะในพันธุ์ KSSC604 มีขนาดประมาณ 160 bp

ไพรเมอร์ phi080 bin 8.08 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ ATS 8 มีขนาดประมาณ 162 bp

ไพรเมอร์ umc1634 bin 9.03 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ # 5840 มีขนาดประมาณ 115 bp

ไพรเมอร์ umc1078 bin 9.05 (ภาพ 162 ฎ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ โดยแถบที่ 3 พบเฉพาะในพันธุ์ Insee 2 มีขนาดประมาณ 130 bp

ไพรเมอร์ umc1505 bin 9.08 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 2 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 2 พบในพันธุ์ Ex 30442689 และพันธุ์ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 157 bp

ไพรเมอร์ umc1152 bin 10.02 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 2 พบในพันธุ์ KSSC604, Insee 2 และ # 5840 มีขนาดประมาณ 227 bp

ไพรเมอร์ bnlg1079 bin 10.03 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 2 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 2 พบเฉพาะในพันธุ์ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 162 bp

ไพรเมอร์ umc1506 bin 10.05 สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 3 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 2 พบในพันธุ์ KSSC 604 และ Golden Sweeter มีขนาดประมาณ 206 bp

และในไพรเมอร์ bnlg1450 bin 10.07 (ภาพ 162 ฎ) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) จำนวน 5 แถบ (ตาราง 16) พบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 1 แถบ ในแถบที่ 1 พบเฉพาะในพันธุ์ KSSC 604 มีขนาดประมาณ 210 bp

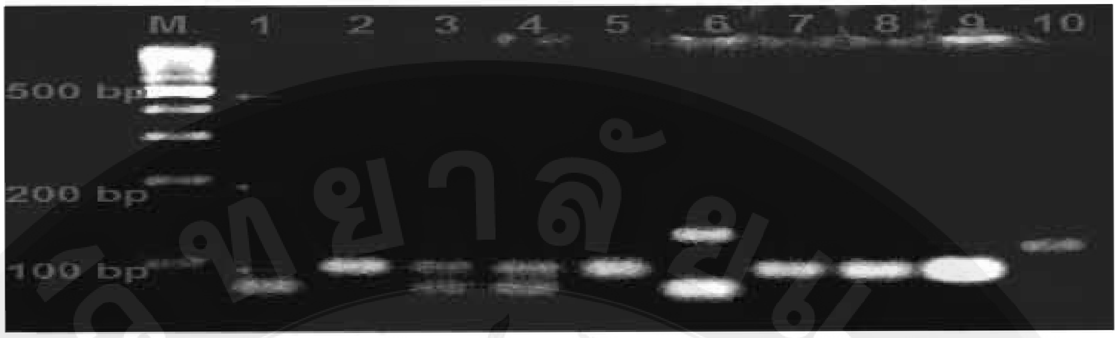
ก umc1354 bin 1.00

ข bnlg1338 bin 2.01

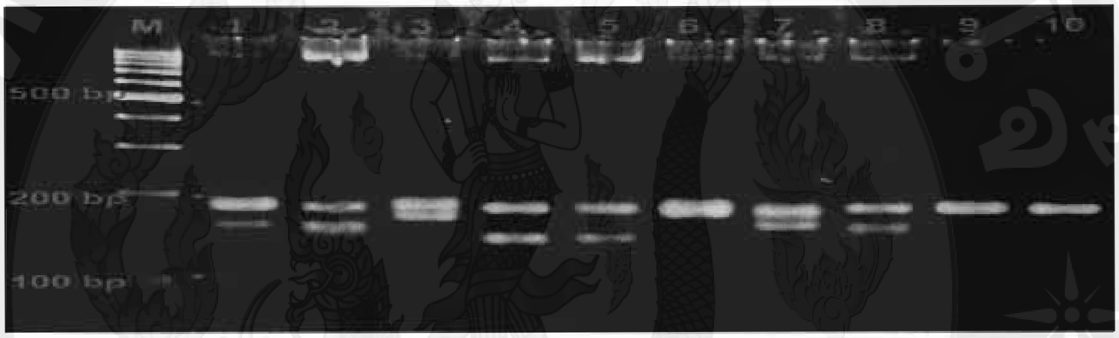
ค umc1256 bin 2.09

ภาพ 159 แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย umc1354 bin 1.00 (ก), bnlg1338 bin 2.01(ข), umc1256 bin 2.09 (ค) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์ ซึ่ง M = ladder marker 1000 bp, 1 = ATS 8, 2 = # 4058, 3 = Ex 03442689, 4 = ATS 5, 5 = Wan Maejo 72, 6 = KSSC 604, 7 = Insee 2, 8 = WIN 999, 9 = # 5840, 10 = Golden Sweeter (ตาราง 16)

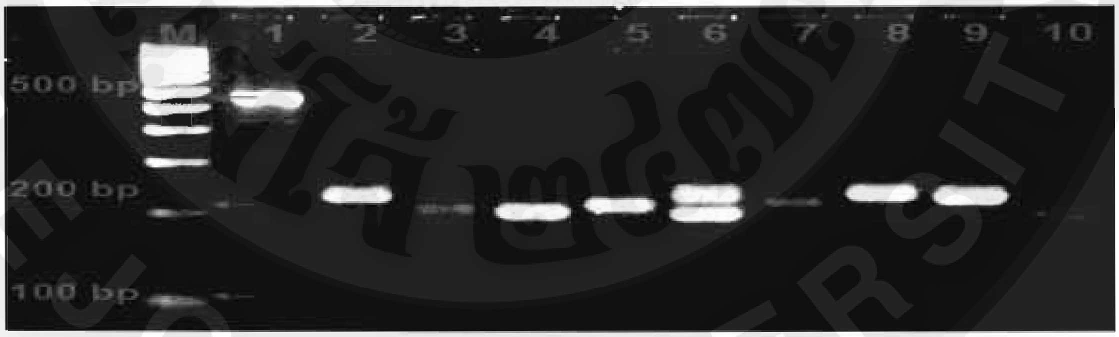
MAEJO UNIVERSITY



ง bnlg1452 bin 3.04

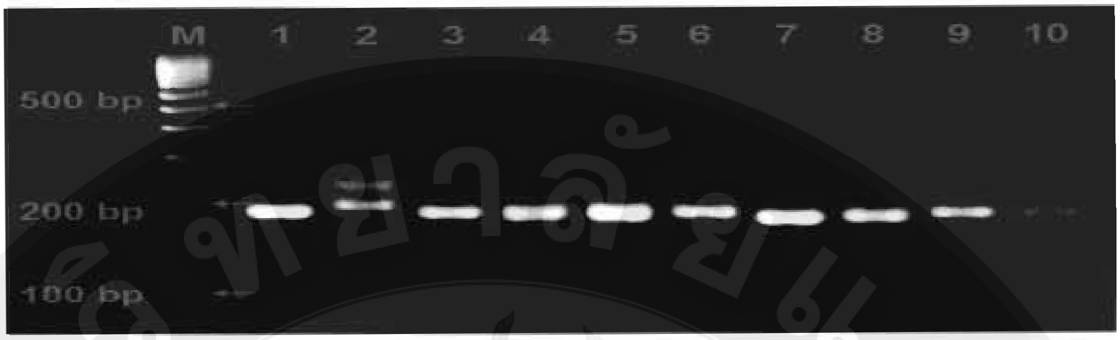


จ umc1759 bin 4.01



ฉ phi024 bin 5.01

ภาพ 160 แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย bnlg1452 bin 3.04 (ง), umc1759 bin 4.01 (จ), phi024 bin 5.01 (ฉ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์ ซึ่ง M = ladder marker 1000 bp, 1 = ATS 8, 2 = # 4058, 3 = Ex 03442689, 4 = ATS 5, 5 = Wan Maejo 72, 6 = KSSC 604, 7 = Insee 2, 8 = WIN 999, 9 = # 5840, 10 = Golden Sweeter (ตาราง 16)



ช umc1883 bin 6.00

ซ umc2332 bin 7.04

ฌ bnlg1863 bin8.03

ภาพ 161 แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุล ด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย umc1883 bin 6.00 (ช), umc2332 bin 7.04 (ซ) bnlg1863 (ฌ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์ ซึ่ง M = ladder marker 1000 bp, 1 = ATS 8, 2 = # 4058, 3 = Ex 03442689, 4 = ATS 5, 5 = Wan Maejo 72, 6 = KSSC 604, 7 = Insee 2, 8 = WIN 999, 9 = # 5840, 10 = Golden Sweeter (ตาราง 16)

ญ bnlg1031 bin 8.06

ฎ umc1078 bin 9.05

ฏ bnlg1450 bin 10.07

ภาพ 162 แสดงการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุลด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย Simple sequence repeat (SSR) โดย bnlg1031 bin 8.06 (ญ), umc1078 bin 9.05 (ฎ), bnlg1450 bin 10.07 (ฏ) ของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์ ซึ่ง M = ladder marker 1000 bp, 1 = ATS 8, 2 = # 4058, 3 = Ex 03442689, 4 = ATS 5, 5 = Wan Maejo 72, 6 = KSSC 604, 7 = Insee 2, 8 = WIN 999, 9 = # 5840, 10 = Golden Sweeter (ตาราง 16)

4.2.2. การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวาน

ผลจากการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม (similarity coefficient) จากไพรเมอร์จำนวน 30 หมายเลข ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA)ได้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้าวโพดหวานโดยวิธี UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetical Averages) และจัดกลุ่มความคล้ายคลึงแบบ Jaccard's coefficient (J) จากโปรแกรม NTSYS-pc2.2 (Numerical Taxonomy and Systematic Personal Computer) พบว่ามีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมอยู่ระหว่าง 0.165 – 0.473 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.319 (ตาราง 15)

ตาราง 15 ค่า Similarity coefficient ที่ได้จากการวิเคราะห์ SSR

	ATS 8	# 4058	Ex 30442689	ATS 5	Wan Maejo 72	KSSC 604	Insee 2	WIN 999	# 5840	Golden Sweeter
ATS 8	1.000									
# 4058	0.238	1.000								
Ex 30442689	0.238	0.283	1.000							
ATS 5	0.211	0.211	0.211	1.000						
Wan Maejo 72	0.238	0.377	0.283	0.211	1.000					
KSSC 604	0.272	0.238	0.238	0.211	0.238	1.000				
Insee 2	0.365	0.238	0.238	0.211	0.238	0.272	1.000			
WIN 999	0.238	**0.473**	0.283	0.211	0.377	0.238	0.238	1.000		
# 5840	0.238	0.283	0.345	0.211	0.283	0.238	0.238	0.283	1.000	
Golden Sweeter	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	**0.165**	1.000

และจากการจัดกลุ่มข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้ง 10 พันธุ์ โดยใช้วิธี UPGMA โดยอาศัยค่าความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม พบว่า สามารถแบ่งข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้ง 10 พันธุ์ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ (ภาพ 129)

กลุ่มที่ 1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter

กลุ่มที่ 2 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS5

กลุ่มที่ 3 มี 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840, พันธุ์ Ex 30442689, พันธุ์ Wan Maejo 72, พันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ 4058 โดยกลุ่มที่ 3 สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 3.1 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 และพันธุ์ Ex3044268

กลุ่มที่ 3.2 มี 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72, พันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ # 4058 โดยกลุ่มที่ 3.2 สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม ดังนี้

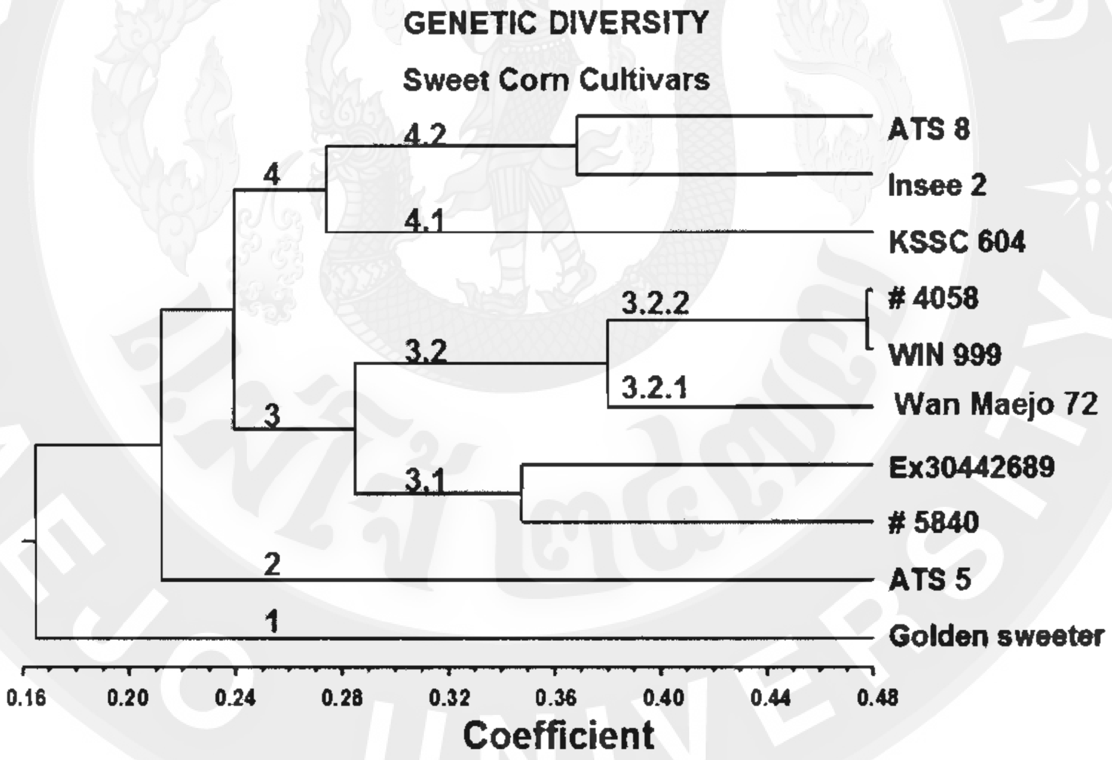
กลุ่มที่ 3.2.1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72

กลุ่มที่ 3.2.2 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ # 4058

กลุ่มที่ 4 มี 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KSSC 604, พันธุ์ Insee 2 และพันธุ์ ATS 8 โดยกลุ่มที่ 4สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 4.1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KSSC 604

กลุ่มที่ 4.2 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Insee 2 และพันธุ์ ATS 8



ภาพ 163 การจัดกลุ่มความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้ง 10 พันธุ์ จากการวิเคราะห์ SSR โดยวิธี UPGMA

ตาราง 16 การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ ของโมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
umc1354 bin 1.00	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	4
	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
bnlg1112 bin 1.01	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	3
	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
bnlg1331 bin 1.09	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	3
	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
umc2241 bin1.11	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	4
	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	
	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
bnlg1338 bin 2.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
umc2246 bin2.03	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	

ตาราง 16 (ต่อ) การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของ โมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
umc1080 bin2.06	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3
	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	
	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
umc1256 bin2.09	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	
	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	
umc2258 bin3.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
bnlg1452 bin3.04	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	4
	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	
	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
umc1640 bin3.09	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3
	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	

ตาราง 16 (ต่อ) การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของ โมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
umc1759 bin4.01	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6
	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
nc005 bin4.05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
phi024 bin5.01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
umc1883 bin6.00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	
	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	

ตาราง 16 (ต่อ) การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของ โมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
umc1014 bin6.04	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	
	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
umc2059 bin6.08	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	
	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
umc2332 bin7.04	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	4
	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
bnlg1666 bin7.04	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4
	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	
	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	
	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
bnlg2289 bin8.02	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
bnlg1863 bin8.03	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

ตาราง 16 (ต่อ) การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของ โมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
bnlg1031 bin8.06	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	7
	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
phi080 bin8.08	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	3
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
umc1634 bin9.03	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3
	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
umc1078 bin9.05	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	3
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
umc1505 bin9.08	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	
umc1152 bin10.02	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
bnlg1079 bin10.03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

ตาราง 16 (ต่อ) การปรากฏและไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของ โมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 30 SSR Markers

ไพรเมอร์	พันธุ์ข้าวโพดหวาน										จำนวนแถบที่แตกต่าง
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	
umc1506 bin10.05	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
bnlg1450 bin10.07	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	5
	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	

หมายเหตุ: ข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า 10 พันธุ์ ได้แก่ 1 = ATS 8, 2 = # 4058, 3 = Ex 03442689, 4 = ATS 5, 5 = Wan Maejo 72, 6 = KSSC 604, 7 = Insee 2, 8 = WIN 999, 9 = # 5840, 10 = Golden Sweeter

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

การวิเคราะห์หาสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน โดยอาศัยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ประนอม (2548) กล่าวว่า GC เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์หลายประเภท เช่น ยารักษาโรค สารฆ่าแมลง สารอาหาร สารหอมระเหย สารจำพวกไฮโดรคาร์บอน สารชีวเคมี สารประกอบไนโตรเจน ฯลฯ เป็นที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (สุณี, 2537) เครื่อง GC-MS จะมี Standard spectra libraries เพื่อเป็นข้อมูลในการอธิบายร่วมกับการหาสูตรโครงสร้างของสาร โดยทั่วๆ ไป library ที่มีใช้ใน MS ทั่วๆ ไป จะเป็น NIST และ Wiley (นันทนา, 2537) เนื่องจาก GC-MS เป็นเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำสูง ตรวจสอบสาร โดยอาศัยการแตกตัวของโมเลกุลจากการ Ionized แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง (Library)ในคอมพิวเตอร์ เช่นการศึกษาทดลองของ Buttery *et al.* (1988) ได้รายงานว่า สารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวประกอบด้วยสารทั้งหมด 17 ชนิด โดยมี 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารสำคัญที่มีกลิ่นหอมมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในพืชอื่นๆ อีกมากมายเช่น ถั่วเหลืองฝักสด (Masuda, 1988; Tsou, 1988; เรืองชัยและคณะ, 2547; สุทธิรักษ์, 2549) ไวน์ข้าวหมัก (สุหัทยาและสีรี, 2549) เอื้องแซะ (นันทฤทธิ์, 2548) รำข้าว (กุลวดีและโชคชัย, 2551) กัญชง (สุทธิรักษ์และคณะ, 2552) โปรตีนเห็ด (มัลลิกาและคณะ, 2552) เห็ดหล่มขาว (สมบัติและคณะ, 2551) ทุเรียน (อุษณาและคณะ, 2550) มะลิ (วรลักษณ์และสุธาทิพย์, 2552) ใบสะเดา (รัตนาภรณ์และคณะ, 2552) หอมหัวใหญ่ (อมรรัตน์และคณะ, 2550) ฝรั่ง (ศศิธรและเกรียงศักดิ์, มปป) แตงเมลอน (ภูวนาทและคณะ, 2551) มะม่วง (วิญญู, 2550; วินัยและมณฑาทิพย์, 2544)

การศึกษาวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวาน ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจวัดของสุทธิรักษ์ (2549) ซึ่งสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร แล้วนำสารหอมที่ได้มาสกัดต่อด้วย Dichloromethane ซึ่งจุดเดือดต่ำ โดยก่อนสกัดจะต้องปรับ pH ให้เป็นเบสเล็กน้อยโดยใช้ 5M NaOH แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS เป็นเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำในการตรวจสอบหาสารความหอมอย่างยิ่ง เพราะสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หลังจากทดลองวิเคราะห์ตามวิธีการของ สุกัญญา (2548) และวิธีการของ Buttery *et al.* (1983) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์สารหอมในข้าว ซึ่งมีอุณหภูมิ (Condition) ไม่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในข้าวโพดหวาน จึงไม่พบสารในกลุ่มของความหอม จึงได้พัฒนาวิธีการตรวจวัดโดยการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ (condition) ในการวิเคราะห์ ให้เหมาะสมกับ Column

HP-5MS สามารถตรวจสอบสารความหอมได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐาน National Institute of Standards and Technology, NIST และ Public library; G1035A Wiley Library (Wiley7) โดยอาศัยการพิสูจน์โครงสร้างผลของแมสสเปคตรัมซึ่งสามารถบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะตัวของสารในแต่ละช่วงเวลาของพีคที่เกิดขึ้น ซึ่งแมสสเปคตรัมเกิดจากการถูกยิงด้วยอิเล็กตรอนใน MS แตกออกมาเป็นโมเลกุลเล็กๆ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทำให้ทราบว่าเป็นสารประเภทใด และจากการศึกษาวิเคราะห์ในครั้งนี้ พบว่าข้าวโพดหวานในทุกพันธุ์ที่นำมาศึกษา มีชนิดของสารความหอมที่แตกต่างกันทั้งชนิด ปริมาณสารหอมและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งลักษณะที่แสดงออกมานั้น เป็นผลอันเกิดมากความหลากหลายทางพันธุกรรม ชนิดและปริมาณสารความหอมต่างกันก็ให้ผลต่อความหอมที่ต่างกัน ซึ่งในการวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์ ไม่พบสาร 2-acetyl-1-pyrroline หรือ 2AP เช่นเดียวกับที่พบในข้าว (Buttery *et al.,* 1988) แต่พบชนิดของสารความหอมในกลุ่มอื่นๆ คือสารหอมในกลุ่มของ Alcohols, Acid & ester, Hydrocarbon, Ketone, Aldehyde และ Nitrogen-containing compound สารในกลุ่มของสารหอมจำนวน 43 ชนิดได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol, 1-propanol, 1h-Indole-3-ethanol, 1-hexanol, phenol, 2-cyclohexen-1-ol, 8-quinolinol, 3-hexanol, ethanol, dibutyl phthalate, methyl ester, bis(2-ethylhexyl)phthalate, di-n-octyl phthalate, diisooctyl ester, hexyl ester, 9-octadecenoic acid, linoleic acid, n-hexadecanoic acid, phthalic acid, 3-hexene, 1-hexene, 1-propene, 1-pentene, copaene, caryophyllene, naphthalene, tetradecane, cyclohexadecane, dodecane, docosane, hexacosane, hexane, octadecane, butane, undecane, 2-pentanone, 2-pentadecanone, 2-butanone, 2(1h)-quinolinone, butanal และ diethyltoluamide ซึ่งพันธุ์ที่ให้ชนิดของสารความหอมมากที่สุดได้แก่ ATS 5, ATS 8, # 5840, Golden Sweeter, WIN 999, Ex 30442689, Insee 2, # 4058, Wan Maejo 72 และ KSSC 604 ตามลำดับ จากข้าวโพดหวาน 10 พันธุ์ ที่ใช้ศึกษาพบชนิดของสารความหอมที่มีอยู่เกือบทุกพันธุ์คือ dibutyl phthalate พบมากที่สุดมีเวลารีเทนชั่นใกล้เคียงกันทุกพันธุ์ มีปริมาณและพื้นที่ใต้พีค (peak) แตกต่างกัน ในข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 พบชนิดของสารความหอม 10 ชนิด แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของสารความหอม ซึ่งประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Ketonic group, Carboxylic acid และ Nitrogen-containing compound ได้แก่ phenylethyl alcohol 26.64%, bis(2-ethylhexyl)phthalate 25.71%, 9-octadecenoic acid 9.84%, dibutyl phthalate 8.24%, 1-nonen-4-ol 1.47%, diethyltoluamide 1.20%, 2-pentanone 1.15%, 1-penten-3-ol 0.92%, ethanol 0.88% และ methyl ester 0.88% ตามลำดับ

ในข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 พบชนิดของสารความหอม 9 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Ketonic group, Esteric group และ Carboxylic acid ได้แก่ linoleic acid 15.31%, n-hexadecanoic acid 8.28%, 2(1h)-quinolinone 8.01%, 1h-Indole-3-ethanol 5.04%, 1-propanol 6.81%, dibutyl phthalate 2.84%, di-n-octyl phthalate 2.16%, phenylethyl alcohol 1.46% และ2-butanone 1.46% ตามลำดับ

ในข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 พบชนิดของสารความหอม 9 ชนิด ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Hydrocarbon group และ Ketonic group ได้แก่ dibutyl phthalate 23.04%, diisooctyl ester 6.28%, 1-hexanol 4.77%, cyclohexadecane 3.82%, 2-pentadecanone 3.76%, 2-cyclohexen-1-ol 3.57%, phenylethyl alcohol 1.78%, 1-propanol 1.84% และ phenol 1.29% ตามลำดับ

รองลงมาคือ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter, WIN 999, Ex 30442689, Insee 2, # 4058, Wan Maejo72 และ KSSC 604 พบชนิดของสารความหอม 8, 8, 7, 7, 7, 6 และ 3 ชนิด ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การศึกษาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับการทดลองหาชนิดของสารหอมในข้าวโพดหวานโดย Buttery *et al.*(1994) ได้ศึกษาในข้าวโพดหวานสด บรรจุกระป๋องและผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน พบว่ามีสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และ 2-acetyl-2-thiazoline เป็นสารหอมหลัก นอกจากนี้ยังพบ dimethyl sulfide, 1-hydroxy-2-propanone, 2-hydroxy-3-butanone, 2,3-butanediol, Pyridine, pyrazine, alkylpyrazines, และ 2-acetylthiazole คล้ายกับการทดลองของ flora and Wiley.(1974) ได้ศึกษากลิ่นหอมข้าวโพดหวานส่วนประกอบสารเคมีและความสำคัญเกี่ยวข้องในตอบสนองรส จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดหวานมี dimethyl sulfide (DMS) เป็นสารหอมหลัก นอกจากนี้ยังพบ ethanol, acetaldehyde, hydrogen sulfide (H_2S), ethanethiol, methanethiol และสารประกอบอื่นๆ ในกลุ่มเดียวกัน เช่นเดียวกับการทดลองในพืชอื่นๆ ของ Buttery *et al.* (1988) ได้รายงานว่าสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวนั้นประกอบด้วยสารทั้งหมด 17 ชนิด คือ hexanal, heptanal, 2-pentylfuran, (E)-2-heptanal, 2-acetyl-1-pyrroline, hexanol, octanal, nonanal, benzadehyde, (E)-2-nonenal, decanal, (E)-2-decenal, nonanol, 4-vinylphenol, (E,E)-2-4-decadienal, 2-phenylethanol, และ 4-vinylguainocol โดยมีสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารสำคัญที่ทำให้ข้าวมีกลิ่นหอมมากที่สุด และผลการทดลองในข้าวโพดหวานครั้งนี้ให้ยังคล้ายกับการทดลองของ สุทธิรักษ์ (2549) ได้รายงานว่า สารหอมที่พบในเมล็ดของถั่วเหลืองฝักสด ได้แก่ 1-hexanal, 2-hexanal, 3-hexanal, 1-octen-3-ol, 2-hexen-1-ol, 3-hexen-1-ol และ n-patanal ทำนองเดียวกับผลการทดลองของ Masuda

(1988) รายงานไว้ว่า สารหอมหลักที่พบในถั่วเหลืองฝักสดบางพันธุ์จะประกอบด้วย 1-octen-3-ol, 1-hexanal, hexanal, 1-pentanol, (E)-3-hexen-1-ol, 2-hepta-none และ 2-pentylfuran และรายงานของ Tsou and Hong (1988) ที่วิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่พบในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ kaohsiung no.1, tzurunoko, ryokkoh นั้นพบสารหอม 1-hexanal, 2-hexanal, 1-octen-3-ol และ 2-pentylfuran รวมถึงรายงานของ เศรษฐาและคณะ (2553) ได้ศึกษาผลของการต้มต่อสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกันพบว่า การต้มมีผลต่อชนิดและปริมาณของสารความหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด ซึ่งสารหอมในข้าว, ถั่วเหลืองฝักสดและข้าวโพดหวานมีความคล้ายคลึงกันเพียงแต่ว่าชนิดและปริมาณสารหอมมีความแตกต่างกันเท่านั้น

การอาศัยเทคนิคโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี GC-MS เป็นเทคนิคที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำ ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นเป็นผลอันเกิดมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรม ชนิดและปริมาณสารความหอมต่างชนิดกันก็ให้ผลต่อความหอมที่ต่างกัน และในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกันปริมาณของสารความหอม (% of total) ในแต่ละพันธุ์ก็มีความต่างกัน จะเห็นได้ว่าในแต่ละพันธุ์ที่นำมาศึกษา มีชนิดและปริมาณของสารความหอมแตกต่างกัน จากการศึกษาวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอม สามารถชี้ให้เห็นได้ว่าข้าวโพดหวานที่นำมาศึกษา เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานให้มีกลิ่นหอมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ตรงต่อความต้องการของตลาดและผู้บริโภค อย่างไรก็ตามอิทธิพลของสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อชนิดและปริมาณสารหอมของข้าวโพดหวาน ซึ่งจะต้องศึกษาวิจัยกันต่อไปในอนาคต

การทดลองที่ 2 การจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

จากการศึกษาการอาศัยเทคนิค Molecular marker techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน โดยอาศัยเทคนิค Simple sequence repeat (SSR) ซึ่งค้นพบโดย Jeffreys *et al.* (1991) เป็นการนำเอาเทคนิค PCR เข้ามาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) ในส่วนของเบสที่ซ้ำกันเป็นชุด (Repeated sequence or Tandem repeat) โดยออกแบบ SSR primers ที่ขนาบข้างเบสที่ซ้ำกันเป็นชุด แถบ DNA ที่ต่างกันเกิดจากจำนวนซ้ำที่แตกต่างกันของเบสที่ซ้ำกันเป็นชุด การเปลี่ยนแปลงลำดับเบสบนสาย DNA ทำให้สิ่งมีชีวิตมีความแตกต่างกันแม้ว่าจะอยู่ในสปีชีย์เดียวกัน การตรวจการเปลี่ยนแปลงลำดับของเบสหรือการตรวจ Polymorphism ของ DNA สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค SSR ข้าวโพดที่มีเบสซ้ำกันเป็นชุด จึงเหมาะสมที่จะนำเอาเทคนิค SSR มาตรวจ Polymorphism ของดีเอ็นเอ (ชะบาและคณะ, 2547) โดยตรวจสอบความแตกต่างของ

ขนาดอัลลีลโดยใช้ agarose gel electrophoresis เป็นตัวกลางในการแยกขนาด จะสามารถแยกความแตกต่างของแต่ละต้นในประชากรซึ่งเกิดจากความแตกต่างของจำนวนเบสซ้ำในแต่ละต้น โดยมีความจำเพาะเจาะจงของตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลบนจีโนมและจำนวนของอัลลีล (ธีรยุทธ, มปป) นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคนิคนี้ในการศึกษาพืชอื่นๆ อีกเช่น ข้าว (Wu and Tanksley, 1993; Panaud *et al.*, 1995; พะยอมและคณะ, 2549; นันทวรรณและคณะ, 2552) ข้าวสาลี (สุพรรณิการ์และคณะ, 2552) ข้าวบาเล่ย์ (Saghai Maroof *et al.*, 1994) ถั่วเหลือง (Maughan *et al.*, 1995; Chung *et al.*, 2003; Hoeck *et al.*, 2003; Orf *et al.*, 1999; Mian *et al.*, 1996; Mansur *et al.*, 1996; เรืองชัยและคณะ 2545; พิจิตรา, 2552; กมลรัตน์, 2552) มะเขือเทศ (Martin *et al.*, 1991) และอาราบิอฟซีส (Bell and ecker, 1994)

การอาศัยเทคนิค Molecular marker techniques เพื่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ได้ประยุกต์ใช้วิธีการสกัด DNA ของ Saghai-Maroof ร่วมกับวิธีการของ Rogers Bendich โดยในขั้นตอนการเตรียม CTAB Extraction Buffer ใช้สารเคมีในรูปของแข็งและเพิ่มปริมาณสารเคมี (NACl, EDTA 8.0, CTAB, BME) เป็น 2 เท่าสามารถสกัด DNA จากใบข้าวโพดสดได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพดี (ชะบาและคณะ, 2551) การหา SSR primer หาได้จาก Maize Database ของ University of Missouri-Columbia, USA ที่ http://www.agron.missouri.edu ไปที่ "sidebar" ไปที่ "SSR primer" และไปหน้า "Public SSR's Simple Sequence Repeats aka Microsatellites" จากการศึกษาจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน ซึ่งใช้โมเลกุลเครื่องหมาย 30 SSR Marker มีความยาว 20-25 นิวคลีโอไทด์ กระจายตัวทั้ง 10 โครโมโซม โดยแต่ละโครโมโซมมี 1-4 เครื่องหมายโมเลกุล พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและตรวจสอบความแตกต่างของพันธุ์ข้าวโพดหวานได้ จากการศึกษาพบแถบดีเอ็นเอ (DNA) ที่แสดงความแตกต่าง (polymorphic band) จำนวน 121 แถบ (band) แถบดีเอ็นเอมีขนาดอยู่ระหว่าง 100 – 500 bp มีค่าเฉลี่ยของแถบดีเอ็นเอต่อหนึ่งไพรเมอร์เท่ากับ 4.03 แถบต่อไพรเมอร์ เมื่อนำไปจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์โดยใช้วิธี UPGMA เพื่อหาความแตกต่างทางพันธุกรรมพบว่า สามารถจำแนกข้าวโพดหวานทั้ง 10 พันธุ์ได้เป็น 4 กลุ่มได้อย่างชัดเจน การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิค Simple sequence repeat (SSR) สามารถช่วยจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานได้ประสบความสำเร็จ เป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการตรวจ polymorphism ของ DNA ในข้าวโพดหวาน เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายไม่สูง และปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งลักษณะ polymorphism ของ DNA ข้าวโพดหวานสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านพันธุศาสตร์โมเลกุล ในการศึกษาความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ (Genetic diversity) และการทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการ

ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน และมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการใช้ SSR หรือเทคนิคอื่นๆ กับสายพันธุ์แท้ (Inbred) สำหรับการจับคู่ผสมเพื่อสร้างลูกผสม (Hybrid) ในอนาคตด้วย อย่างไรก็ตามต้องอาศัยข้อมูลทางสัณฐานวิทยา ความจำเพาะและคุณสมบัติทางชีวเคมี หรือแม้แต่ลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ มาประกอบกับคุณลักษณะทางชีวโมเลกุลเครื่องหมาย ทั้งนี้ก็เพื่อสร้างโอกาสที่จะได้พันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่มีทั้งลักษณะทางคุณภาพและปริมาณที่ดี และมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากขึ้นกว่าเดิม

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

จากการศึกษาวิเคราะห์หาชนิดของสารความหอมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าทั้งหมด 10 พันธุ์ ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำสูง หลังจากทดลองวิเคราะห์ตามวิธีการของ สุกัญญา (2548) และวิธีการของ Buttery *et al.* (1983) ใช้ในข้าว ไม่พบสารในกลุ่มของความหอม จึงพัฒนาวิธีการตรวจวัดโดยใช้เทคนิคการสกัดสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดของสุทธิรักษ์ (2549) โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ (condition) ในการวิเคราะห์ โดยใช้ Column HP-5MS พบสารหอมในกลุ่มของ Alcohols, Acid & ester, Hydrocarbon, Ketone, Aldehyde และ Nitrogen-containing compound สารในกลุ่มของสารหอมจำนวน 43 ชนิดได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol, 1-propanol, 1h-Indole-3-ethanol, 1-hexanol, phenol, 2-cyclohexen-1-ol, 8-quinolinol, 3-hexanol, ethanol, dibutyl phthalate, methyl ester, bis(2-ethylhexyl)phthalate, di-n-octyl phthalate, diisooctyl ester, hexyl ester, 9-octadecenoic acid, linoleic acid, n-hexadecanoic acid, phthalic acid, 3-hexene, 1-hexene, 1-propene, 1-pentene, copaene, caryophyllene, naphthalene, tetradecane, cyclohexadecane, dodecane, docosane, hexacosane, hexane, octadecane, butane, undecane, 2-pentanone, 2-pentadecanone, 2-butanone, 2(1h)-quinolinone, butanal และ diethyltoluamide ซึ่งพันธุ์ที่ให้ชนิดของสารความหอมมากที่สุดได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 พบชนิดของสารความหอม 10 ชนิด (ภาพ 1) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Ketonic group, Carboxylic acid และ Nitrogen-containing compound ได้แก่ phenylethyl alcohol 26.64%, bis(2-ethylhexyl)phthalate 25.71%, 9-octadecenoic acid 9.84%, dibutyl phthalate 8.24%, 1-nonen-4-ol 1.47%, diethyltoluamide 1.20%, 2-pentanone 1.15%, 1-penten-3-ol 0.92%, ethanol 0.88% และ methyl ester 0.88% ตามลำดับ (ตาราง 3)

รองลงมาคือ ข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 8 พบชนิดของสารความหอม 9 ชนิด (ภาพ 22) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Ketonic group, Esteric group และ Carboxylic acid ได้แก่ linoleic acid 15.31%, n-hexadecanoic acid 8.28%, 2(1h)-quinolinone 8.01%, 1h-Indole-3-ethanol 5.04%, 1-propanol 6.81%, dibutyl phthalate 2.84%, di-n-octyl phthalate 2.16%, phenylethyl alcohol 1.46% และ2-butanone 1.46% ตามลำดับ (ตาราง 4)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 พบชนิดของสารความหอม 9 ชนิด (ภาพ 41) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Hydrocarbon group และ Ketonic group ได้แก่ dibutyl phthalate 23.04%, diisooctyl ester 6.28%, 1-hexanol 4.77%, cyclohexadecane 3.82%, 2-pentadecanone 3.76%, 2-cyclohexen-1-ol 3.57%, phenylethyl alcohol 1.78%, 1-propanol 1.84% และ phenol 1.29% ตามลำดับ (ตาราง 5)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Sweeter พบชนิดของสารความหอม 8 ชนิด (ภาพ 60) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Nitrogen-containing compound และ hydrocarbon group ได้แก่ 8-quinolinol 19.72%, phenylethyl alcohol 18.95%, dibutyl phthalate 7.89%, 1-hexanol 4.66%, 1-propene 3.51%, diethyltoluamide 1.41% , phenol 0.77% และ 3-hexene 0.74% ตามลำดับ (ตาราง 6)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 มีชนิดของสารความหอม 8 ชนิต (ภาพ 77) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Ketonic group, Esteric group, Nitrogen-containing compound และ Hydrocarbon group ได้แก่ diethyltoluamide 27.04%, 3-hexanol 8.40%, dibutyl phthalate 7.78%, dodecane 4.96%, tetradecane 4.15%, 2-pentanone 2.06%, docosane 1.14% และ 1-hexene 1.02% ตามลำดับ (ตาราง 7)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด (ภาพ 94) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Ketonic group, Esteric group, Carboxylic acid และ Hydrocarbon group ได้แก่ phenol 31.71%, dibutyl phthalate 24.27%, phthalic acid 20.55%, phenthyl alcohol 7.32%, 3-hexanol 3.97%, hexacosane 2.88% และ hexyl ester 1.35% ตามลำดับ (ตาราง 8)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ Insee 2 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด (ภาพ 109) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Ketonic group, Esteric group, Carboxylic acid, และ Hydrocarbon group 1-pentene ได้แก่ diethyltoluamide 49.048%, 2-pentanone 25.21%, 1-pentene 3.70%, tatradecane 3.65%, octadecane 2.62%, dibutyl phthalate 2.47% และ hexane 1.74% ตามลำดับ (ตาราง 9)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 4058 มีชนิดของสารความหอม 7 ชนิด (ภาพ 124) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Aldehyde group, Esteric group และ Hydrocarbon group ได้แก่ phenylethyl alcohol 35.71%, butanal 14.83%, 1-hexanol 6.70%, dibutyl phthalate 3.89%, 1-propanol 2.50%. undecane 1.97% และ butane 1.46% ตามลำดับ (ตาราง 10)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 พบชนิดของสารความหอม 6 ชนิด (ภาพ 139) ประกอบด้วยสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Alcohol group, Esteric group, Ketonic group, Nitrogen-

containing compound, Carboxylic acid และ Hydrocarbon group ได้แก่ phenol 1.29%, dibutyl phthalate 31.67%, 2(1)-quinolinonc 2.92%, diethyltoluamide 4.33%, cyclohexadecane 2.28%, n-hcxadecanoic acid 19.86% ตามลำดับ (ตาราง 11)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ KSSC 604 พบชนิดของสารความหอม 3 ชนิด (ภาพ 152) เป็นสารหอมที่อยู่ในกลุ่มของ Hydrocarbon group ได้แก่ caryophyllene 53.67%, naphthalene 6.25%, และ copaene 2.31% ตามลำดับ (ตาราง 12)

ข้าวโพดหวานที่นำมาศึกษา 10 พันธุ์ ชนิดของสารความหอมที่พบมากที่สุดคือ dibutyl phthalate ซึ่งพบในข้าวโพดหวานที่นำมาศึกษา 9 พันธุ์ รองลงมาคือ phenylethyl alcohol พบในข้าวโพดหวาน 6 พันธุ์ และ diethyltoluamide พบในข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ตามลำดับ (ตาราง 13)

กลุ่มสารความหอมที่พบสูงสุดในข้าวโพดหวานที่ได้ศึกษาในครั้งนี้คือ สารหอมในกลุ่มของ Alcohol group พบชนิดของสารความหอมจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ phenylethyl alcohol, 1-nonen-4-ol, 1-penten-3-ol, 1-propanol, 1h-Indole-3-ethanol, 1-hexanol, phenol, 2-cyclohexen-1-ol, 8-quinolinol, 3-hexanol, ethanol รองลงมาคือ สารหอมในกลุ่มของ Acid & ester พบชนิดของสารความหอมจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ dibutyl phthalate, methyl ester, bis(2-ethylhexyl)phthalate, di-n-octyl phthalate, diisooctyl ester, hexyl ester, 9-octadecenoic acid, linoleic acid, n-hexadecanoic acid, phthalic acid (ตาราง 13)

และผลการทดลองยังแสดงให้ทราบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ Ex 30442689 มีความหอมสูงที่สุดเท่ากับ 92.05% ของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ รองลงมาคือ พันธุ์ Insee 2, ATS 5, KSSC 604, # 4058, Wan Maejo 72, Golden sweeter, WIN999, ATS 8 และ # 5840 ซึ่งพบปริมาณสารความหอมเท่ากับ 88.43, 80.63, 78.68, 67.06, 63.65, 57.60, 56.55, 52.08 และ 50.15% ของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สกัดได้ ตามลำดับ (ตาราง 13)

การทดลองที่ 2 การจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยอาศัยเทคนิค Simple sequence repeat จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) จากใบอ่อนข้าวโพดหวาน โดยใช้เอสเอสอาร์ไพรเมอร์ (SSR primer) ความยาว 20-25 นิวคลิโอไทป์ จำนวน 30 หมายเลข (ตาราง 2) รูปแบบของแถบดีเอ็นเอจากเจล SSR ให้ค่า 1 สำหรับแถบที่ปรากฏ และ 0 สำหรับแถบที่หายไปของแอลลีล พบแถบดีเอ็นเอ (DNA) ที่แสดงความแตกต่าง (polymorphic band) จำนวน 121 แถบ (band) และแถบดีเอ็นเอมีขนาดอยู่ระหว่าง 100 – 500 bp มีค่าเฉลี่ยของแถบดีเอ็นเอต่อหนึ่งไพรเมอร์เท่ากับ 4.03 แถบต่อไพร

เมอร์ (ตาราง 16) ค่า Similarity coefficient อยู่ในช่วง 0.165 – 0.473 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.319 ซึ่งพบว่าพันธุ์ # 4058 และ WIN 999 แสดงความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมสูงที่สุดเท่ากับ 0.473 และพันธุ์ Golden sweeter แสดงความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมต่ำเท่ากับ 0.165 (ตาราง 15) บ่งบอกความคล้ายคลึงทางพันธุ์กรรม (genetic similarity : GS) โดยประเมินการจัดกลุ่ม (cluster analyses) โดยวิธี UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic average) โดย NTSYS-PC computer software V2.2e พบว่า สามารถแบ่งข้าวโพดหวาน 10 พันธุ์ ได้เป็น 4 กลุ่ม (ภาพ 163) ซึ่งกลุ่มที่ 1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden sweeter กลุ่มที่ 2 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ ATS 5 กลุ่มที่ 3 มี 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840, พันธุ์ Ex 30442689, พันธุ์ Wan Maejo 72, พันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ # 4058 โดยกลุ่มที่ 3 สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 3.1 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ # 5840 และพันธุ์ Ex 3044268 และกลุ่มที่ 3.2 มี 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72, พันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ # 4058 โดยในกลุ่มที่ 3.2 สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 3.2.1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan Maejo 72 และกลุ่มที่ 3.2.2 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ WIN 999 และพันธุ์ # 4058 และในกลุ่มที่ 4 มี 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KSSC 604, พันธุ์ Insee 2 และพันธุ์ ATS 8 โดยกลุ่มที่ 4 สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มที่ 4.1 มี 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KSSC 604 และ กลุ่มที่ 4.2 มี 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Insee 2 และพันธุ์ ATS 8

บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2531. **การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและฝักอ่อน.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 น.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของแนวคิด.**กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 272 น.

กฤษณพงศ์ ศรีพงษ์พันธุ์กุล. 2543. การประยุกต์ใช้โมเลกุลเครื่องหมายสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช. น. 15-22. ใน **รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2543.** นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ ภัทรพร คุ้มภัย และสุวิมล ไหลรัตนกุล. 2543. การศึกษาพื้นฐานทางพันธุกรรมของละหุ่งพันธุ์พื้นเมืองไทยโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล RAPD. น. 1-8. ใน **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 8(2).

กมลรัตน์ บุญมาวัฒน์. 2552. **การถ่ายทอดลักษณะและการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลขององค์ประกอบโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด.** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 116 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. **ผลงานวิชาการประจำปี 2543 เทคโนโลยีชีวภาพ เอกสารประกอบวิชาการประจำปี 2544** เล่มที่ 4. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 306 น.

กุลวดี แก้วก่า และ โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2551. คุณลักษณะกลิ่นของสารให้กลิ่นรสจากโปรตีนรำข้าวเข้มข้นที่เตรียมโดยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรดร่วมกับการเติมกรดแอมิโน. น.109-116. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4606014.pdf. (24 มีนาคม 2553).

จุลภาค คุ้มวงศ์. 2543. ความจำเป็นของลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับการจดทะเบียนพันธุ์พืช. **เคหการเกษตร.** 24(5): 174-176.

ชะบา จำปาทอง ฉัตรพงศ์ บาลลา อุษา ชูรักษ์ และกัญญาวีร์ สายพันธ์. 2551. **เทคนิคการสกัด DNA จากใบข้าวโพดสดให้มีคุณภาพดี.** สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pikul.lib.ku.ac.th/FullText_corn/CR000320040016c.pdf. (20 ธันวาคม 2552).

ชะบา จำปาทอง ฉัตรพงศ์ บาลลา และกัญญาวีร์ สายพันธ์. 2547. **การใช้เทคนิค Simple sequence repeats (SSR) ตรวจ polymorphism ของ DNA ในข้าวโพด.** สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณ วาจกกสิกิจสถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pikul.lib.ku.ac.th/FullText_corn/CR000320040017c.pdf. (20 มกราคม 2553).

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ สรรเสริญ จำปาทอง ชไมพร เอกทัศนาวรรณ นพพงศ์ จุลจอหอ ฉัตรพงศ์ บาลลา ทศพล ทองลาภ และธวัช ลวเปารยะ. 2548. **การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ku.ac.th/kaset 60/ku60/corn2.html. (16 เมษายน 2548).

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 188 น.

ธีรยุทธ ตู้จินดา. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการสอน การสร้างแผนที่ทางพันธุศาสตร์ประชากรและการวิเคราะห์ QTL ขั้นพื้นฐาน.** นครปฐม: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 19 น.

นันทฤทธิ์ โชคถาวร. 2548. การสกัดน้ำหอมจากดอกเอื้องแซะ. **จดหมายข่าวชีวเคมี.** 6,3 (ก.ค.-ก.ย.): 5-6.

นันทนา ชูฉัตร. 2537. Benchtop GC/MS Instruments. **วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 4,2 (ธันวาคม): 91-98.

นันทวรรณ คณะวาปี ปิยะดา ธีรกุลพิศุทธิ์ และจิรวัฒน์ สนิทชน. 2552. **ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าว 30 พันธุ์ที่มีระดับความทนเค็มแตกต่างกันโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www .scisoc.or.th/stt/34/sec_b/paper/STT34_B3_B0158.pdf. (10 กุมภาพันธ์ 2553).

นิรนาม. 2553. **Aromatherapy**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www. pharmacy.cmu.ac.th/dic/newsletter/newpdf/newsletter.pdf (10 มีนาคม 2553).

นิรนาม. ข, 2551. **CHEMOTYPES+CHRONOBIOLOGY**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://http://www.dtam. moph.go.th/alternative/viewstory.php?id=545. (5 กุมภาพันธ์ 2551).

ประนอม สุขเกื้อ. 2548. **เทคนิคโครมาโทกราฟี.** พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หันตรา.

ประเทืองศรี สินชัยศรี และธวัชชัย ศศิผลิน. 2538. **การสกัดกลิ่นหอมจากดอกกล้วยไม้ป่าเอื้องแซะ.** น. 186-190. ใน **รายงานการประชุมวิชาการไม้ดอกไม้ประดับแห่งชาติ ครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย.

ประดิษฐ์ มีสุข. 2545. **เคมีอินทรีย์เบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. สงขลา: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 458 น.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2539. **เทคนิคทางเคมี.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 154 น.

พิจิตรา วงศ์ชูเวช. 2552. **การจำแนกเครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์ที่เชื่อมโยงกับลักษณะคุณภาพบางลักษณะในถั่วเหลืองฝักสด.** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 97 น.

พรพันธ์ ภู่พร้อมพันธุ์. 2546. **การศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตจากข้อมูลระดับโมเลกุล.** เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 7 น. (เอกสารอัดสำเนา).

พรพันธ์ ภู่พร้อมพันธุ์ สิริกุล วะสี และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศ. 2549. การวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลของคุณภาพเมล็ดในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด. น. 28. ใน **การประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่องพืชไร่วงศ์ถั่วเพื่อสุขภาพและความพอเพียง**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พะยอม โคเบลลี่ วราพงษ์ ชมาฤกษ์ และพูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์. 2549. **การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของพันธุ์ข้าวด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย.** ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ricethailand.go.th/rice%20web/Document/rice%2050-1%20pdf/44-51%20Pure.pdf. (15 กุมภาพันธ์ 2553).

ไพศาล หิรัญมาศสุวรรณ. 2551. **เทคนิคการปลูกข้าวโพดหวาน.** ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pacthai.co.th/knowleage_base/sweetcorn.htm. (10 กุมภาพันธ์ 2551).

ภูวนาท ฟักเกตุ เฉลิมชัย วงษ์อารี คิน เลย์ คู สมโภชน์ น้อยจินดา และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2551. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ alcohol acyltransferase ของแตงเมลอนพันธุ์ลูกผสมระหว่างการพัฒนาผล. น. 127-130 ใน **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 39:3 (พิเศษ) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.phtnet.org/download/FullPaper/pdf/6thSeminarKKU/27.pdf. (24 มีนาคม 2553).

ภาณี ทองพำนัก. 2546. การตรวจสอบความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอ. น. 157-167 ใน **โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์.** นครปฐม: ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

มัลลิกา ธนสุคนธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และปนิดา บรรจงสินศิริ. 2552. ผลของการย่อยสลายโปรตีนเห็ดด้วยกรดต่อคุณภาพเคมี กายภาพ และสารหอมระเหย. ใน **วิทยาศาสตร์เกษตร.** 40,3 (พิเศษ) 37-40.

ราเชนทร์ ถิรพร. 2539. **แหล่งกำเนิดของข้าวโพด.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 274 น.

รัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา อารมย์ แสงวนิชย์ และสุภาณี พิมพ์สมาน. 2553. **สารควบคุมศัตรูพืชจากใบสะเดา.** สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://plantpro.doae.go.th/Plant%20%20Protection%20%20 Conference/insectpest-research/P-15.pdf. (24 มีนาคม 2553).

เรืองชัย จูวัฒนสำราญ สิริกุล วะสี ธีระยุทธ ตู้จินดา พรพันธ์ ภู่พร้อมพันธุ์ และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2545. แนวทางการพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดให้มีกลิ่นหอม. น. 1-10. ใน **โครงการพันธุศาสตร์และการปรับปรุงพันธุ์พืชไร่ตระกูลถั่วสำหรับประเทศไทย.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://kukr.lib.ku.ac.th/Fulltext_kukr/KU0241206c.pdf (24 มีนาคม 2553).

วิญญู จิตสัมพันธเวช. 2550. **องค์ประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในมะม่วงสุก.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.scisoc.or.th/stt/33/sec_c/paper/stt33_C1_C0005.pdf. (24 มีนาคม 2553).

วันชัย ถนอมทัพย์ สุขพงษ์ วายุภาพ วิไลวรรณ พรหมคำ เสน่ห์ เครือแก้ว สันติ พรหมคำ พัชราภา หนูวิสัย วัชรา ชุณหวงศ์ และสุวิมล ถนอมทรัพย์, 2547. **เอกสารวิชาการ "ข้าวโพดฝักสด".** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 140 น.

วินัย ปีติยนต์ และมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2544. การศึกษาชนิดของสารหอมระเหยในมะม่วงสุกบางชนิดของประเทศไทย. น. 111. ใน **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 1** (11-13 ก.ค. 2544) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://kukr.lib.ku.ac.th/cgibin/kukr.exe?rec_id=005350&database=kukr&search_type=link&table=mona&back_path=/kukr/mona&lang=thai&format_name=TFMON. (24 มีนาคม 2553).

วรลักษณ์ แก้วอยู่ และสุธาทิพ ภมรประวัติ. 2552. **การสกัดน้ำมันจากดอกมะลิ.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.net-lanna.info/thaiscience/Article%20for%20ThaiScience/Article/5/Ts5%20extraction%20of%20volatile%20oil%20from%20jasmi num%20sambac.pdf. (24 มีนาคม 2553).

ศรายุทธ ตรีรัตน์. 2543. **การจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดโดยลักษณะทางพืชไร่และลายพิมพ์ดีเอ็นเอ.** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 132 น.

ศศิธร คำเหลิก และเกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์. มปป. **การเปรียบเทียบสารหอมระเหยของฝรั่งสด น้ำฝรั่ง และฝรั่งดอง.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/1/Ts-1%20 comparison%20of%20volatile%20aroma%20compounds%20of%20fresh%20guava%20guava%20juice%20&%20pickled%20guava.pdf. (24 มีนาคม 2553).

เศรษฐา ศิริพินทุ์ สุทธิรักษ์ ผลเจริญ และมัลลิกา จินดาซิงห์. 2553. ผลของการต้มต่อสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน. น. 169. ใน **การประชุมวิชาการ ประจำปี 2553**. เชียงใหม่: สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุกัญญา เขียวสะอาด. 2548. **การหาปริมาณสารหอม 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน ในข้าวโดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี.** เชียงใหม่: วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุณี พณิชธารสิทธิ์. 2537. แก๊สโครมาโทกราฟ (GC). **วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ปีที่ 4,2 (ธันวาคม): 73-74.

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ. 2549. **การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม.** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 162 น.

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และวีรชัย พุทธวงศ์. 2552. การวิเคราะห์สารเสพติด tetrahydrocannabinol(THC) ในกัญชงพันธุ์ต่างกัน โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี(GC-MS). **วิทยาศาสตร์เกษตร** 40(3) (พิเศษ): 305-308.

สุพรรณิการ์ พันชนะ Mehmet Cakir เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และศันสนีย์ จำจด. 2552. **เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ที่เกี่ยวข้องกับยีนควบคุมสมรรถภาพการใช้โบรอนในข้าวสาลี.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://e-service.agri.cmu.ac.th/download/publication/3048_file.pdf. (20 กุมภาพันธ์ 2553).

สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง. 2543. การประยุกต์ใช้ DNA เทคโนโลยีในประเทศไทย. น.90-93. ใน **เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืช ครั้งที่ 13 เทคโนโลยีใหม่-พันธุ์พืชใหม่**. กรุงเทพฯ: สมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชใหม่แห่งประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สมบัติ โนพิชัย ยุทธพงษ์ อุดแน่น ปริญญา มาสวัสดิ์ และสุรัตน์ บุญผ่อง. 2551. **สารกลิ่นจากเห็ดหล่มขาว.** ศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. NU Science Journal 2008; 5(2): 240 - 247. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.sci.nu.ac.th/rs/upload/s/ 2550010001nation88.pdf (24 มีนาคม 2553).

สมยศ สุทธิไวยกิจ. 2535. **เคมีอินทรีย์วิเคราะห์ Organic analysis.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 209 น.

สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง. 2540. DNA fingerprinting และการตรวจสายพันธุ์พืช. **วิทยาศาสตร์** 51(3): 159-160.

สุรินทร์ ปิยโชคคณากุล. 2543. **จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 116 น.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2545. **พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 282 น.

สุหัทยา นำชัยสี่วัฒนา และสิริ ชัยเสรี. 2549. สารให้กลิ่นในไวน์ข้าวที่หมักจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ Amylomyces sp. M2 และ Saccharomyces cerevisiae. น. 421-429. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://kucon.lib.ku.ac.th /Fulltext/KC4406051.pdf. (24 มีนาคม 2553).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **สถานการณ์การผลิตและการส่งออก.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/main.php?filename=index. (5 กุมภาพันธ์ 2553).

อภิชาต วรรณวิจิตร. ม.ป.ป. **คู่มือการสอนชีวโมเลกุลในการปรับปรุงพันธุ์พืช.** นครปฐม: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 209 น.

อมรรัตน์ ตั้งสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2550. การสกัดและกาวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสของโอลีโอเรซินจากหอมหัวใหญ่. น.143-146. ใน **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 38(6)(พิเศษ) [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.kmutt.ac.th/CRDC_symposium/ data/143-146.pdf. (24 มีนาคม 2553).

อุษณา ไตรนอก มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย อนุชิตา มุ่งงาม กิตติ ศรีสะอาด และพีรยา โชติถนอม. 2550. การศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยเครื่อง GC-MS. น. 52-54. ใน **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 38:5 (พิเศษ) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www. phtnet.org/ download/FullPaper/pdf/5thSeminarKMUTT/11.pdf. (24 มีนาคม 2553).

Anderberg, M.R. 1973. Clustering analysis for applications. London: Academic Press. Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza and C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (Zea mays L). **Genetics and Molecular Biology**. 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-475720040 00100014&script=sci_ arttext&tlng=en (4 December 2009).

Akkaya, M.S., A.A. Bhagwat and P.B. Cregan. 1992. Length polymorphisms of simple sequence repeat DNA in soybean. **Genetic**. 132: 1131-1139.

Bell, C.T. and J. R. Ecker. 1994. Assignment of thirty microsatellite loci to the linkage map of Arabidopsis. **Genome**. 19(1): 137-144.

Brunel, D. 1994. A microsatellite marker in *Helianthus annuus* L. **Plant Mol. Biol**. 24:397-400.

Brown-Guedira, G.L., J.A. Thompson, R.L. Nelson and Warburton. 2000. evolution of genetic diversity of soybean introduction and North /American ancestors using RAPD and SSR markers. **Crop Sci.** 40: 815-823.

Buttery, R.G., J.G. Turnbaugh and L.C. Ling. 1988. Contribution of Volatiles to Rice Aroma. Agric. **Food Chem.**, 43(1): 1006-1009.

Buttery, R. G., D. J.Stern and L. C Ling. 1994. Studies on Flavor Volatiles of Some Sweet Corn Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 42(3): 791-795.

Buttery, R.G., Ling, B.O. Juliano, and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked Rice Aroma and 2-Acetyl-1-pyrroline. Agric. **Food Chem**. 31: 823-826.

Chandra, S., J.H. Crouch, H.K. Buhariwalla, C.T. Hash and P.J. Bramel. 2001. Classification and ordination tools for biodiversity analysis: Estimation of proximity. International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) India. *In* **GCP's Training Course on "Plant Genetic Diversity Analysis and Marker-Assisted Breeding" 20 August-4 September 2005.** Center for Agriculture Biotechnology (CAB). Nakhon Pathom: Kamphaeng Saen Campus Kasetsart University.

Chung, J., H.L. Babka and J.E. Specht. 2003. The seed protein, oil and yield QTL on soybean linkage group I. **Crop Sci.** 43: 1053-1067.

Cregan, B. P., T. Jarvik and J.E. Specht. 1999. An integrated genetic linkage map of the soybean genome. **Crop Sci.** 39: 1464-1490.

Dice, L.R. 1945. Measures of the amount of ecologic association between species. Ecology. Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004 Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology.** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo. br/scielo.php?pid=S1415-47572004000100014 &script= sci _arttext &tlng=en. (4 December 2009).

Diwan, N. and P.B. Cregan. 1997. automated sizing of fluorescent-labeled simple sequence repeat (SSR) markers to assay genetic variation in soybean. **Theor. Appl. Genet.** 95:723-733.

Duarte, J.M., J.B. dos Santos and L.C. Melo. 1999. Comparison of similarity coefficients based on RAPD markers in the common bean. **Genetics and Molecular Biology** 22:427-432. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-47572004000100014 &script =sci _arttext&tlng=en (4 December 2009).

Flora, L. F. and R. C. Wiley. 1974. **Sweet Corn Aroma, Chemical Components And Relative Importance in the Overall Flavor Response.** Food Science Program, Dept. of Horticulture, University of Maryland, College Park. Institute of Food Technologists. [Online]. Available http://www3.interscience.wiley.com/journal/119663075/abstract? (20 December 2009).

Foolad, M.R. and F. Q. Chen. 1999. RFLP mapping of QTLs conferring salt tolerance during the vegetable stage in tomato. **Theor Appl Genet** 99: 235-243.

Hair, J.R., R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black. 1995. **Multivariate data analysis with Reading.** 4th ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hoeck, J.A., W.R. Fehr and S.R. Cianzio. 2003. Molecular marker analysis of seed size in soybean. **Crop Sci**. 43: 68-74.

Jaccard, P. 1901. Etude comparative de la distribuition florale dans une portion des Alpes et des Jura. Bull Soc Vandoise Sci Nat. Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P.de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/ scielo.php?pid=S1415-475720040 00100014 &script=sci_arttext&tlng=en. (4 December 2009).

Jeffreys, A. J., A. MacLeod, K. Tamaki, D. L. Neil, and D. G. Monckton. 1991. Minisatttellite repeat coding as a digital approach to DNA typing. **Nature.** 345:204-209.

Jones, C. J., K. J. Edwards and A. Karp. 1997. Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR marker in plants by a network of European laboratories. **Molecular Breeding** 3: 381-390.

Main, A. R., M. A. Bailey and H. R. Boerma. 1996. Molecular marker associated with seed weight in two soybean populations. **Theor Appl Genet** 93: 1011-1016.

Mansur, L.M., J. H. Orf and K. G.lark. 1996. Genetic mapping of agronomic trait using recombinant in bred lines of soybean. **Crop Sci**. 36: 1327-1336.

Martin, G.B., J. G. Williams and S. D. Tanksley. 1991. Rapid identification of marker linked to a *Pseudomonas* resistance gene in tomato by using random primers and near-isogenic lines. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 88: 2336-2340.

Masuda, R. 1988. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. Pp. 92-102. *In* **Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement**. S.I.: AVRDC.

Maughan, P.J. 1994. **Molecular Marker Analysis of Quantitative Trait Loci Influencing Seed Quality Characteristic in Soybean [Glycine max.(L.) Merr].** Doctoral dissertation. Virginia Polytechnic Institute and state University Blacksburg VA. 106 p.

Maydanyuk, D.N., I. O. Andreev and V.A. Kunakh. 2007. Comparative Analysis of Maize Lines VIR-27 and ChK-218 Using SSR- and RAPD-Markers. **Institute of Molecular Biology and Genetics**, National Academy of Sciences of Ukraine. [Online]. _Available http://www.springerlink.com/content/f65684n87w2231g1/. (8 June 2551).

Meyer, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology.** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielophp?pid=S1415-47572004000100014&script=sci_arttext&tlng=en. (4 December 2009).

Michelmore, R. W., I. Paran and R.V. Kesseli. 1991. Indentification of markers linked to disease resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregation populations. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 88: 9828-9832.

Nei, M. and S. Kumer. 2000. **Molecular Evolution and Phylogenetic**. England: Oxford university press.

Nelson, A.D., M. Samuel, J. Tucker, C. Jackson and A. Stahlecker-Robinson. 2006. Assessment of genetic diversity and sectional boundaries in tetraploid peanuts (Arachis). **Peanut Science.** 33: 64-67. [Online] Available Available http://www.peanutscience.com /doi/full/10.3146/ 0095-3679(2006)33%5B64%3AAOGDAS%5D2.0.CO%3B2 (4 December 2009).

Ochiai, A. 1957. Zoogeographic studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions. Bull Jnp Soc Sci Fish. Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology**. 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo .br/scielo.php?pid=S1415-47572004000100014 &script=sci_arttext&tlng=en (4 December 2009).

Orf, J. H., K.Chase and K. G. Lark. 1999. Genetic of soybean agronomic traits: I. comparison of three related recombinant in bred population. **Crop Sci.** 39: 1642-1651.

Panchen, A. L. 1992. **Classification, evolution andm the nature of biology.** England: Cambridge Univ. Press Cambridge.

Panthee, D. R., V. R.Pantalone and C.E. Sams 2005. Quantitative trait loci for seed protein and oil concentration and seed size in soybean. **Crop Breeding**. 45: 2015-2022.

Phumichai, C., W. Doungchan, P. Puddhanon, S. Jampatong, P. Grudloyma, C. Kirdsri, J. Chunwongse, and T. Pula. 2008. **SSR-Based and Grain Yield-Based Diversity of Hybrid Maize in Thailand**.108(2): 157-162.

Powell, W., M. Morgante, C. Andre, M. Hanafey, J. Vogel, S. Tingey, and A. Rafalski. 1996. The comparison of RFLP, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. **Mol. Breed.** 2: 225-238.

Rohlf, F. J. 1992. **NTSYS-pc, Numerical Taxonomy and Multivariate System**. USA: Exeter Publishing, Ltd.

Rogers, J. S. and T.T. Tanimoto. 1960. A computer program for classying plants. Science. Cited by MeyerI, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology.** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/ scielo.php?pid=S1415-47572004000100014 &script=sci_arttext&tlng=en. (4 December 2009).

Romesburg, H. C. 1984. **Cluster analysis for researcher**. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications.

Russel, P.F. and T.R. Rao. 1940. On habitat and association of species of anophelinae larvae in south-eastern Madras. J Malaria Inst India. Cited by Cited by MeyerI, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology.** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/ scielo.php?pid=S1415-47572004000100014&seript=sci_arttext&tlng=en (4 December 2009).

Saghai Maroof, M. A., R. M. Biyashev and R. W. Allard. 1994. Extraordinarily polymorphic microsatellite DNA in barley: specific diversity chromosomal locations and population dynamics. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 91: 5466-5470.

Saiki, R. K., S. Scharf and N. Arnheim. 1985. Enzymatic amplification of ß-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. **Science**. 230: 1350-1354.

Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal. 1973. **Numerical Taxonomy.** Freeman. San Francisco.

Senior, M.L. and M.Heun. 1993. Mapping maize microsatellite and polymerase chain reaction confirmation of the targeted repeats using a CT primer. **Genome**. 36(5): 884-889.

Sokal, R.R. and C.D. Michener. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ Kans Sci Bull. . Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology**. 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/ scielo.php?pid= S1415-47572004000100014 &script=sci_arttext&tlng=en. (4 December 2009).

Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Vidensk Selsk Biol Skr. Cited by Meyerl, A. da S., A.A.F. Garcia, A.P. de Souza, C. L. de Souza Jr. 2004. Comparison of similarity coefficients used for cluster analysis with dominant markers in maize (*Zea mays* L). **Genetics and Molecular Biology.** 27(1): 83-91. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielo. php?pid=S1415- 47572004000100014&script=sci_arttext&tlng=en. (4 December 2009).

Tsou., S.C.S. and T.L. Hong. 1988. Research on Vegetable soybean quality in Taiwan. Pp. 103-107. *In* **Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement**. S.I.: AVRDC.

Tingey, S. V., J. A. Rafalski and J. G. K. Williams. 1992. Genetic Analysis with RAPD Markers. **Applications of RAPD Technology to plant Breeding.** 1(Nov): 3-8.

Vos. P., R. Hoger and M. Zabeau. 1995. AFLP: A new technique for DNA fingerprinting **Nucl. Acids**. 23: 4407-4414.

Wang, G. L. and A. H. Paterson. 1994. Assessment of DNA pooling strategies for mapping of QTLs. **Theor Appl genet.** 88:355-361.

Williams, J., A. Kubelik and S.Tingey. 1990. DNA Polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Res.** 18:6531-6535.

Wu, K. S. and S. D. Tanksley. 1993. Abundance polymorphism and genetic mapping of microsatellites in rice. **Mol Gen Genet**. 241: 225-235.

Yaghoobi, J., I. Kaloshian and V. M. Williamson. 1995. Mapping a new nematode resistance locus in *Lycopersicon peruvianum*. **Theor Appl Genet.** 91: 457-464.

Zhu, Y. J. E. Strassmann and D. C. Queller. 2000. Insertions substitutions and the origin of microsatellites. Genet Res. 76: 227-236. Cited by de Vienne D. 2003. **Molecular marker in plant genetics and biotechnology.** Paris: Institute national de la recherché agronomique Versailles INRI.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อสกุล นายนภดล หอมหวาน

เกิดเมื่อ 22 กรกฎาคม 2528

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนปลาย
ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน อ.ท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

พ.ศ. 2547 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

พ.ศ. 2548 ปริญญาตรี (พืชศาสตร์-พืชไร่) (เกียรตินิยมอันดับ 1)
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2551 - 2553 Night Auditor บริษัท Eurana Boutiques Hotel
จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติฝึกอบรม

สิงหาคม 2553 ฝึกอบรมโครงการ International Training Workshop on Hybrid Corn's Breeding and Cultivation Techniques for ASEAN Countries, Yunnan Agriculture University, Khun-ming, China

พฤษภาคม 2552 ฝึกอบรม "เทคโนโลยีชีวภาพ (พันธุศาสตร์โมเลกุล) ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ต. กลางดง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา

ผลงานทางวิชาการ

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ (ผู้ร่วมวิจัย): ผลผลิตในปีที่ 1-3 ของสบู่ดำจำนวน 5 สายพันธุ์ที่ปลูกด้วยเมล็ด ใน วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 25 ฉ. 3 ก.ย.-ธ.ค. 2550

นำเสนอผลงานวิจัย: การประชุมวิชาการ "การเสนอผลงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางการเกษตรและที่เกี่ยวข้อง" ครั้งที่ 1 เรื่อง "การอาศัยเทคนิค GC- MS เพื่อการตรวจหาสารความหอมในข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างกัน" ณ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี