# การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2549

# การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

**โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้**

**ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่**

---

ชื่อเรื่อง

**การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม**

โดย

**สุทธิรักษ์ ผลเจริญ**

**พิจารณาเห็นชอบโดย**

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์)

วันที่ 7 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย พุทธวงศ์)

วันที่ 7 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์สมชาย องค์ประเสริฐ)

วันที่ 10 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์อนันต์ ปินตารักษ์)

วันที่ 12 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิชย์ วินิจเขตคำนวณ)

วันที่ 7 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

**โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว** .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการ โครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 22 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

**ชื่อเรื่อง** การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อคุณภาพผลผลิตและความหอม

**ชื่อผู้เขียน** นายสุทธิรักษ์ ผลเจริญ

**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

**ประธานกรรมการที่ปรึกษา** อาจารย์ ดร.เศรษฐา ศิริพินทุ์

## บทคัดย่อ

การพัฒนาและการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดให้มีความหวานและความหอมเพิ่มขึ้นจากพันธุ์เดิม โดยให้ตรงตามความต้องการของตลาดนั้นมีความสำคัญยิ่ง ปริมาณความหวานในถั่วเหลืองฝักสดสามารถวิเคราะห์หาได้ โดยการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) ของ Lane and Eynon และการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทเมตรี (GC-MS) ในถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ พบว่า ถั่วเหลืองฝักสดต่างพันธุ์กันมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ในเมล็ดแตกต่างกันตั้งแต่ 1.05 ถึง 2.92 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกันปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose) ในเมล็ดก็มีความแตกต่างกันด้วยตั้งแต่ 0.14 ถึง 1.97 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ที่มีความหวานมากที่สุดที่ได้จากการคัดเลือกเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ 3 สายพันธุ์ คือ MVB Chamame, MVB 5/383 และ MVB 8/386 ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2-acetyl -1-pyrroline ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทเมตรี พบว่า ทั้ง 18 พันธุ์ ไม่พบสาร 2-acetyl -1-pyrroline แต่สามารถตรวจพบสารหอมกลุ่มอื่น ได้แก่ *n* – hexanal, 1-hexanol, 2-hexanal, 3-hexene-1-ol และ phenylethyl alcohol และ พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีความหอมมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ MVB Chakaori, MVB Chamame, MVB 20/KS5, MVB 8/386, MVB 6/384 สำหรับผลผลิตนั้น ถั่วเหลืองพันธุ์ MVB 16/SW ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด 1,281 80 กิโลกรัมต่อไร่

**Title** Selection of vegetable soybean cultivars for yield quality and aromatic traits

**Author** Mr. Suttirak Pionjarean

**Degree of** Master of Science in Agronomy

**Advisory Committee Chairperson** Dr.Settha Siripin

## ABSTRACT

The development and selection of vegetable soybean cultivars for sweet taste and good aromatic traits from original breeds were necessary to meet the demands of the market. The sweet quality of vegetable soybean could be investigated by analyzing the level of sugar in mature seeds through the modified Lane and Eynon method. In addition, the analysis to identify aromatic substance 2-acetyl-1-pyrroline could be done using gas chromatography / mass spectrometry (GC-MS). Using 18 lines of vegetable soybean, results of the study showed that total sugar in seeds was observed in different quantities ranging from 1.05 to 2.92 percent. Meanwhile, the amount of sucrose in seeds also varied from 0.14 to 1.97 percent. The vegetable soybean cultivar with the highest aromatic trait came from the three cultivars that were selected for future improvement, namely: MVB Chamame, MVB 5/383 and MVB 8/386. Results of the analysis of aromatic compounds found in seeds through gas chromatography / mass spectrometry, showed the absence of aromatic compound 2-acetyl-1-pyrroline in all 18 cultivars. However, other types of aromatic compounds were found, such as $n$ – hexanal, 1-hexanol, 2-hexanal, 3-hexene-1-ol and phenylethyl alcohol. Vegetable soybean cultivars that were found to have good aromatic trait was MVB Chamamae followed by MVB Chakaori, MVB 20/KS5, MVB 8/386 and MVB 6/384. For yield, MVB 16/SW showed the highest yield (1,281.80 kg./rai) among the lines.

# กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เศรษฐา ศิริพินทุ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ให้คำปรึกษาในเรื่องงานที่เกี่ยวข้องรวมถึงเรื่องส่วนตัว และยังช่วยในการวางแผนดำเนินการทดลอง การสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน การแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจนกระทั่งงานทดลองสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาดในเรื่องของการเขียนวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง และเหมาะสม

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย พุทธวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ให้ความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ และให้ความช่วยเหลือในด้านเครื่องมือห้องปฏิบัติการรวมถึงชี้นำแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ และยังให้ความรู้ในเรื่องของประสบการณ์ชีวิตตลอดจนการเขียนเสนองานวิจัยในหลายๆ ครั้งที่ได้เสนอมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สมชาย องค์ประเสริฐ และอาจารย์ อนันต์ ปินตารักษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และชี้แนะข้อพกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สินธนา ลีนานุรักษ์ ภาควิชาโภคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ให้ข้อมูล คำแนะนำในส่วนของการวิเคราะห์น้ำตาล ทำให้สามารถแก้ปัญหาจนสำเร็จ

ขอขอบคุณ คุณจิราวรรณ บัณฑิตภูวิทัต เลขาฯ อาจารย์ วีรชัย พุทธวงศ์ ที่คอยช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ และคำแนะนำต่างๆ รวมถึงคอยประสานงานกับอาจารย์ในการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี ที่ช่วยสอนและคำแนะนำการใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรมิเตอร์ รวมถึงเครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา ที่กรุณาสำหรับเครื่อง GC-MS และ ขอบคุณ นายโยธิน ทิฆัมพรอาภา นักศึกษาสาขาเคมี ที่ได้ช่วยดูแลการปฏิบัติงานในห้องทดลอง

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา พีระวัฒน์ ผลเจริญ และมารดา สุนีย์ ผลเจริญ ที่คอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ให้คำปรึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและค่อยแนะนำแนวทางการดำเนินชีวิตที่ถูกต้อง และการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษามาโดยตลอด จนสำเร็จการศึกษา

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ

พฤษภาคม 2549

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (2) |
| ABSTRACT | (3) |
| สารบัญ | (5) |
| สารบัญตาราง | (10) |
| สารบัญภาพ | (12) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| ขอบเขตของการศึกษา | 2 |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร | 3 |
| การพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด | 3 |
| ลักษณะพฤกษศาสตร์ | 6 |
| การจำแนกชนิดของถั่วเหลือง | 8 |
| สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline | 9 |
| เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี | 11 |
| ก๊าซตัวพา | 11 |
| ส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของก๊าซต่างๆ | 12 |
| ระบบของการนำสารตัวอย่างเข้า | 12 |
| คอลัมน์ | 13 |
| วัสดุที่ใช้บรรจุในคอลัมน์ | 13 |
| ดีเทคเตอร์ | 13 |
| การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยก๊าซโครมาโทกราฟี | 14 |
| เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี | 15 |
| หลักการและทฤษฎีของแมสสเปคโทรเมตรี | 16 |
| เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์และองค์ประกอบ | 16 |
| ความหวานของถั่วเหลืองฝักสด | 18 |

หน้า

น้ำตาลซูโครส 20

การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์โดยวิธี Lane and Eynon 22

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

สถานที่ดำเนินการ 24

ประชากร 24

3.1 วิธีการวิจัยการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 25

3.1.1 สารเคมีที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrrolin 25

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline 25

3.1.3 วิธีการสังเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline 26

3.1.4 การวิเคราะห์ผลผลิตด้วยก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี และ เทคนิคอินฟราเรด สเปคโตสโคปี 29

3.1.5 การสกัดสารหอมจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 30

3.2 วิธีการวิจัยวิเคราะห์หาปริมาณความหวาน 33

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์หาความหวาน 33

3.2.2 สารเคมีที่ใช้เพื่อวิเคราะห์หาความหวาน 33

3.2.3 วิธีดำเนินการทดลองในการวิเคราะห์หาความหวาน 34

3.2.4 วิธีวิเคราะห์ 36

3.3 การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา 43

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดองค์ประกอบผลผลิต 43

3.3.2 วิธีดำเนินงานคุณภาพผลผลิต 44

3.3.3 การเก็บบันทึกข้อมูล 45

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการสังเคราะห์และวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสด 46

4.1.1 ผลการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline 46

4.1.2 ผลการวิเคราะห์สารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิค อินฟราเรดสเปคโตสโคปี 46

4.1.3 การวิเคราะห์สารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิค ก๊าซโครมาโทกราฟี /แมสสเปคโทรเมตรี 48

หน้า

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์สาร 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี และเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 51

4.1.5 การวิเคราะห์ผลการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 52

4.1.6 ผลการวิเคราะห์ความหอมในสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน 57

4.1.6.1 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chakaori สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโท กราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 60

4.1.6.2 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chamame สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 71

4.1.6.3 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 2/292 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 77

4.1.6.4 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 3/379 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 79

4.1.6.5 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 4/382 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 82

4.1.6.6 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 5/383 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 84

4.1.6.7 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 6/384 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 89

หน้า

4.1.6.8 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 7/385 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 94

4.1.6.9 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 8/386 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 96

4.1.6.10 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 9/387 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 103

4.1.6.11 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 10/388 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 106

4.1.6.12 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 11/389 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 108

4.1.6.13 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 12/346 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 111

4.1.6.14 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 13/LL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 113

4.1.6.15 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 14/WL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 115

4.1.6.16 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 16/SW สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 117

หน้า

4.1.6.17 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด 123
พันธุ์ MVB 20/KS5 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1
โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

4.1.6.18 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด 129
พันธุ์ MVB 17/Green สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1
โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซ โครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

การทำกราฟสารละลายมาตรฐาน 132

4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในถั่วเหลืองฝักสด 135

4.2.1 ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ด 135

4.2.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด 136

4.3 ผลการทดลองการศึกษาลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา 138

4.3.1 การศึกษาลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 138
หลังหยอดเมล็ด 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 58 วัน

4.3.2 การศึกษาลักษณะองค์ประกอบของผลผลิต 141

4.3.3 การศึกษาน้ำหนักของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 144

4.3.4 การศึกษาขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 147

4.3.5 การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสด 149
หลังปลูก 20, 30, 40 และ 50 วัน

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์สารหอม 151

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล 154

5.3 สรุปผลองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา 157

บรรณานุกรม 159

ภาคผนวก 162

ภาคผนวก ก ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน 163

ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย 180

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี | 47 |
| 2 | ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี | 52 |
| 3 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori | 68 |
| 4 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamamae | 75 |
| 5 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 2/292 | 78 |
| 6 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 3/379 | 81 |
| 7 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 4/382 | 83 |
| 8 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 | 88 |
| 9 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 | 93 |
| 10 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 7/385 | 95 |
| 11 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 | 101 |
| 12 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 9/387 | 105 |
| 13 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 10/388 | 107 |

ตาราง หน้า

14 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 11/389 110

15 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 12/346 112

16 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 13/LL 114

17 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 14/WL 116

18 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW 121

19 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 128

20 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 17/Green 130

21 สรุปผลการวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี 131

22 แสดงปริมาณน้ำตาลซูโครสในถั่วเหลืองฝักสด 136

23 แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในถั่วเหลืองฝักสด 137

24 แสดงผลการศึกษาความสูงของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 140

25 แสดงผลการศึกษาองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 143

26 แสดงผลการศึกษาน้ำหนักขององค์ประกอบผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 146

27 แสดงขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 148

28 แสดงปริมาณครอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสดหลังปลูก 20, 30, 40, และ 50 วัน 150

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ 2-acetyl-1-pyrrole | 47 |
| 2 | โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบของ 2-acetyl-1-pyrrole | 48 |
| 3 | แมสสเปคตรัมของสาร 2-acetyl-1-pyrrole ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 13.480 นาที | 49 |
| 4 | แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ 2-acetyl-1-pyrroline | 51 |
| 5 | โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบของผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จนได้ 2-acetyl-1-pyrroline | 52 |
| 6 | แมสสเปคตรัมของผลผลิตหลักที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็น 2-acetyl-1-pyrroline ที่มีเวลารีเทนชัน เท่ากับ 3.673 นาที | 53 |
| 7 | สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline | 56 |
| 8 | แสดงองค์ประกอบของสารในสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมน์ MS-1 | 60 |
| 9 | แมสสเปคตรัม 2-acetyl-1-pyrrole จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 13.360 นาที | 61 |
| 10. | แมสสเปคตรัม 2-acetyl-1-pyrrole จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 61 |
| 11 | โครมาโทรแกรมถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chakaori ที่ประกอบด้วยสารหอมระเหยที่เป็นสารหอมในกลุ่มอื่น | 62 |
| 12 | แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.859 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.1โมลต่อลิตร | 62 |
| 13 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.859 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 63 |
| 14 | แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 5.031 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 63 |

| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 15 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.264 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 64 |
| 16 | แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.264 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 64 |
| 17 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.264 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 65 |
| 18 | แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.365 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 65 |
| 19 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.365 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 66 |
| 20 | แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.762 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 66 |
| 21 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.762 นาที คือสาร n-hexanol เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 67 |
| 22 | โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chamame สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 71 |
| 23 | แมสสเปคตรัม n-Hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 72 |
| 24 | แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chamame เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-Hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 | 72 |
| 25 | แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.604 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร | 73 |

ภาพ หน้า

27 แมสสเปคตรัม 1-Octen-3-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 10.890 นาที จากการสกัด ถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 74

28 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamame เป็นแมสของสาร ที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 10.890 นาที คือสาร 1-octen-3-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม ของ Library Wiley7 74

29 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 2/292 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 77

30 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 3/379 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 79

31 แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 14.064 นาที จากการสกัด ถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 80

32 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 3/379 เป็นแมสของสาร ที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 14.064 นาที คือสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม ของ Library Wiley7 80

33 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 4/382 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 82

34 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 5/383 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 84

35. แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัด ถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 85

36 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลา รีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม ของ Library Wiley7 85

37 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.159 นาที จากการสกัด ถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 86

38 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลา รีเทนชันเท่ากับ 6.159 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัม ของ Library Wiley7 86

ภาพ หน้า

39 แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 87

40 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.568 นาที คือสาร n-hexanol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 87

41 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 6/384 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 89

42 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 90

43 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 90

44 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.236 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 91

45 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.236 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 91

46 แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 92

47 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.568 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 92

48 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 7/385 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 94

49 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 8/386 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 96

50 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 97

ภาพ หน้า

51 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 97

52 แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 98

53 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.052 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 98

54 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.159 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 99

55 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.159 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 99

56 แมสสเปคตรัม 2-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.491 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 100

57 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.491 นาที คือสาร 2-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 100

58 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 9/387 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 103

59 แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.634 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 104

60 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 9/387 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.634 นาที คือสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 104

61 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 10/388 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 106

62 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 11/389 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 108

ภาพ หน้า

63 แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.641 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 109

64 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 11/389 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.641 นาที คือสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 109

65 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 12/346 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 111

66 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 13/LL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 113

67 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 14/WL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 115

68 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 16/SW สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 117

69 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 118

70 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 118

71 แมสสเปคตรัม 2-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 119

72 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.052 นาที คือสาร 2-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 119

73 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.124 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 120

74 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.124 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 120

ภาพ หน้า

75 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 20/KS5 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 123

76 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.630 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 124

77 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.630 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 124

78 แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.058 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 125

79 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.058 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 125

80 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.130 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 126

81 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.130 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 126

82 แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.497 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 127

83 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.497 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7 127

84 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 17/Green สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร 129

# สารบัญตารางภาคผนวก


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 7 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 164 |
| 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 14 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 164 |
| 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 21 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 165 |
| 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 28 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 165 |
| 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 35 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 166 |
| 6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 42 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 166 |
| 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 49 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 167 |
| 8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 56 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 167 |
| 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 168 |
| 10 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนกิ่งต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 168 |
| 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนฝักต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 169 |
| 12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักดีต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 169 |
| 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักลีบต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 170 |
| 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 170 |
| 15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน | 171 |

ตาราง หน้า

16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 171
17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักใบสดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 172
18 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักลำต้นรวมกิ่งต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 172
19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 173
20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักลีบหรือเสียต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 173
21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 174
22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 174
23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 175
24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตต่อไร่ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 175
25 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 176
26 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 176
27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหนาของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน 177
28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์ 20 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 177
29 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณคลอโรฟิลล์ 30 หลังปลก ในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 178
30 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์ 40 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 178
31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์ 50 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน 179

# บทที่ 1
# บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ถั่วเหลืองฝักสด (vegetable soybean) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 51% โปรตีน 14% น้ำตาล 3.5% แป้ง 3.6% นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามิน เอ บี ซี และเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการปริมาณสูง ถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และผลิตเป็นอาหารแช่แข็งเพื่อส่งออกต่างประเทศ (พิมพร. 2538) แต่พันธุ์ที่ปลูกอยู่ในปัจจุบันส่วนมากเป็นสายพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน การเจริญเติบโตและการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในประเทศไทยยังไม่ดี จึงได้มีการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ เพื่อให้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพของแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย โดยการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีผลผลิตและคุณภาพในการบริโภคให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคและตลาด จึงได้พัฒนาการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ให้มีรสชาติ ความหอมความหวาน และความนุ่มของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟ และการศึกษาวิเคราะห์หาความหวานของถั่วเหลืองฝักสด โดยประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวส์ของ Lane and Eynon (1923) อ้างใน Ranganna (1977) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นำเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดให้มีคุณภาพ โดยสามารถเพิ่มความหอม และความหวานของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดให้สูงขึ้นกว่าพันธุ์เดิม

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้เห็นถึงความสำคัญของถั่วเหลืองฝักสดต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต โดยสามารถพัฒนาและคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมที่มีคุณสมบัติที่ดีมีศักยภาพในการให้ ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในประเทศไทยได้ดีและมีลักษณะทางคุณภาพที่ดี เช่น มีความหอม ความหวาน และมีสีสันรูปร่างที่เพิ่มความพึงพอใจในการบริโภค ดังนั้นจึงเป็นโอกาสที่ดีที่จะได้ทำการศึกษาและวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่เหมาะสมในการปลูกในประเทศไทย เพื่อใช้บริโภคภายในประเทศ และสามารถส่งออกสร้างรายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท โดยการส่งเป็นสินค้าส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น และสร้างตลาดส่งออกถั่วเหลืองฝักสดใหม่ในแถบเอเชีย เพื่อเป็นการพัฒนาสินค้าไทยสู่ตลาดโลก และนำสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้นี้มาใช้ ในการพัฒนาสายพันธุ์ในประเทศไทยต่อไปได้อีกในอนาคต และสามารถพัฒนาสายพันธุ์

ให้สำเร็จและผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด เพราะจากปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องแก้ไข เพราะในแต่ละปีไทยต้องนำเข้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด จากประเทศไต้หวันเป็นมูลค่าหลายสิบล้านบาท

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจวัดลักษณะทางการเกษตร ลักษณะคุณภาพความหอม โดยการหาปริมาณสารหอม 2-acetyl -1-pyrroline ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทเมตรี และการหาความหวานของถั่วเหลืองฝักสด โดยวิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์
2. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีลักษณะทางการเกษตร และคุณภาพทางการบริโภคที่ดี โดยมีความหอมและมีความหวานมากขึ้น
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพความหอม และความหวานของถั่วเหลืองฝักสดต่างสายพันธุ์
2. ทำให้สามารถทราบถึงลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด
3. ทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี นำมาปรับปรุงวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ต่อไป

## ขอบเขตของการศึกษา

1. ปลูกและคัดเลือกพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดปลูกและคัดเลือกพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกันในสภาพพื้นที่ทดลอง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และจังหวัดเชียงใหม่
2. ศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจลักษณะทางการเกษตร การเจริญเติบโต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะคุณภาพ เช่น ความหอม สีของฝัก ปริมาณน้ำตาลในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างๆ

# บทที่ 2
# การตรวจเอกสาร

## การพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด

ถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออก ได้แก่ จีน ญี่ปุ่นและเกาหลี และได้มีการนำมาบริโภคในรูปของฝักสด (vegetable soybean) นิยมบริโภคกันโดยทั่วไปในแถบเอเชียโดยเฉพาะชาวญี่ปุ่นนิยมบริโภคมากเนื่องจากเป็นแหล่งอาหารโปรตีน แคลเซียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 และวิตามินซี Shinohara (1989) ถั่วเหลืองบริโภคฝักสดหรือที่คนไทยเรียกว่า ถั่วแระนั้นชาวญี่ปุ่นบริโภคเรียกว่า Eda Mame ส่วนไต้หวันเรียกว่า Mao Tou ญี่ปุ่นได้รู้จักการบริโภคถั่วเหลืองฝักสดมาเป็นเวลานานจึงทำให้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อใช้สำหรับบริโภคสดมานานกว่า 30 ปี โดยพันธุ์ที่ได้มีลักษณะฝักใหญ่ เมล็ดโต โปรตีนสูง และมีรสชาติหวานมัน ซึ่งมีคุณภาพการบริโภคดี เช่น รสชาติดี เปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูง และเนื้อเมล็ดมีความนุ่ม แต่พันธุ์ดังกล่าวมักมีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว หรือยาว ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงพันธุ์โดยนำพันธุ์ที่มีอายุสั้นมาผสมหรือทำการฉายรังสีเพื่อทำให้เกิดการกลายพันธุ์จนได้พันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นลง และคุณภาพการบริโภคดีขึ้นจากเดิม Chotiyarnwong (1992) รายงานว่าพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้ามีมากกว่า 50 พันธุ์ โดยพันธุ์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ Tzurunoko, Ryokkoh, Kegon, Taitoshoshiroge, Nakate Kaori, Enrei, Fukuda, Raityo, shirobata, Tamasudare, Hakutyo และ Siratsuyu ประเทศญี่ปุ่น และไต้หวันมีความสนใจในการบริโภคถั่วเหลืองฝักสดนี้เป็นพิเศษจึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบริโภคสดเท่านั้น โดยพันธุ์ที่มีฝักใหญ่ เมล็ดโต มีโปรตีนสูง พร้อมทั้งมีรสชาติหวานมันมากขึ้นจนเป็นที่นิยมของชาวญี่ปุ่นและไต้หวันเป็นอย่างยิ่ง ส่วนมากแล้วพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ใหม่จะเป็นสายพันธุ์ของญี่ปุ่น

สำหรับการพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทยนั้น เริ่มขึ้นเมื่อประเทศไต้หวันเปลี่ยนระบบเศรษฐกิจของประเทศเป็นอุตสาหกรรมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ประเทศไต้หวันจึงได้มองหาแหล่งผลิตถั่วเหลืองฝักสดที่มีแรงงานถูก และเห็นว่าประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมค่อนข้างเหมาะสมและต้นทุนด้านแรงงานต่ำกว่า จึงน่าจะมีศักยภาพในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด ดังนั้นจึงได้ร่วมมือกับประเทศไทยเพื่อใช้เป็นแหล่งผลิตและส่งออกไปญี่ปุ่นโดยใช้พันธุ์ที่นำมาจากประเทศไต้หวันและญี่ปุ่น ซึ่งจากลักษณะดังกล่าว ทำให้หน่วยงานราชการ 6 หน่วยงาน คือ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรมพัฒนาที่ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำนักงาน

เศรษฐกิจการเกษตรได้เห็นโอกาสทางการตลาด จึงได้มีมติให้ถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่คณะกรรมการมีนโยบายให้เป็นโครงการส่งเสริม และพัฒนาการปลูกเพื่อการบริโภคและการส่งออก แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมของประเทศไทยแตกต่างจากไต้หวันและญี่ปุ่น จึงทำให้สายพันธุ์ที่นำเข้ามามีการปรับตัวได้ค่อนข้างจำกัด ประกอบกับเกษตรกรไทยยังไม่คุ้นเคยกับการผลิตพืชชนิดนี้จึงทำให้เกิดปัญหาทางด้านการผลิตค่อนข้างมาก ดังนั้นทางศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่และศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงได้ริเริ่มดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อให้ได้พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในประเทศไทย โดยได้รวบรวมพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน นอกจากนั้นยังได้รับการสนับสนุนพันธุ์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเอเชีย (Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC) เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ พิมพร และคณะ (2533) ส่วนมากพันธุ์ที่นำมาปลูกจะเป็นพันธุ์ที่นำมาจากประเทศไต้หวันและญี่ปุ่นโดยตรง ดังนั้นการที่เกษตรไทยจะปลูกถั่วเหลืองบริโภคสด โดยใช้พันธุ์เหล่านี้จึงเป็นการยากและมีปัญหามากมาย เพราะนอกจากเกษตรกรไทยเราไม่คุ้นเคยกับอุปนิสัยของพันธุ์ถั่วเหลืองเหล่านี้ ซึ่งต้องการดูแลรักษาและการเอาใจใส่อย่างดี ทั้งด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้ปุ๋ย และการให้น้ำ ตลอดทั้งเป็นพันธุ์ที่มีโรคและแมลงรบกวนมาก ซึ่งเกษตรกรไทยยังไม่มีความชำนาญกับการทำการเกษตรกรรมอย่างประณีต จึงทำให้การผลิตถั่วเหลืองฝักสดได้ผลผลิตต่ำ และฝักถั่วมีคุณภาพต่ำด้วย จึงจำเป็นที่นักวิชาการจะต้องเร่งทำการค้นคว้าและวิจัยถึงคุณลักษณะพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ตลอดถึงการปรับปรุงบำรุงดิน การให้น้ำ และการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ การศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม โดยได้รับการสนับสนุนจากศูนย์วิจัยพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC)

การดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด เพื่อการส่งออกต้องอาศัยหลักการพิจารณาที่สำคัญคือ ขนาดเมล็ดโต น้ำหนัก 100 เมล็ดแห้ง 30 กรัม จำนวนฝัก 2-3 เมล็ด/ต้น ควรมีอย่างน้อย 15-20 ฝัก สีของฝักต้องมีสีเขียวสด ยิ่งเขียวมากยิ่งดี ฝักมีสีเขียวอ่อน เส้นสันฝักจะต้องมีสีเขียวเข้ม เปลือกฝักหนา ขนที่ฝักน้อย มีสีขาวหรือสีเทา ตาที่เมล็ดมีสีจาง เทา หรือน้ำตาลอ่อน ความยาวของฝักที่มี 2 เมล็ด 4.5 ซม. ความกว้าง 1.4 ซม. การเปลี่ยนสีของฝักหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วควรเปลี่ยนสีช้า ให้จำนวนเมล็ดต่อฝัก 2-3 เมล็ด ในน้ำหนักฝัก 1 กก. ไม่ควรเกิน 350 ฝัก รสชาติดี เนื้อนิ่ม และมีรสหวานเล็กน้อย และใช้เวลาทำให้สุกสั้น หลังจากสุกแล้วต้องปลิ้นเมล็ดออกง่าย แต่ในแง่การค้าคุณสมบัติเฉพาะของฝักมาตรฐานที่ตลาดถั่วเหลืองฝักสดต้องการในขณะนี้คือ ฝักที่มี 2-3

เมล็ด ขนาดความกว้าง 1.3 ซม. ความยาว 4.5 ซม. เมล็ดโตเต็มฝัก ฝักมีสีเขียวสด ขนสีขาว ไม่มีตำหนิหรือจุดดำด่างใดๆ ทั้งสิ้น และปราศจากสารพิษตกค้าง

จากเงื่อนไขของลักษณะต่างๆ อย่างจำเพาะนับเป็นข้อจำกัดสำหรับการคัดเลือกพันธุ์อย่าง มาก แต่อย่างไรก็ตามนักปรับปรุงพันธุ์ได้พยายามคัดเลือกลักษณะทางภายนอกเรื่องรูปร่างสี และขนาดของฝัก ตลอดจนการปรับตัวของพันธุ์กับสภาพการปลูกต่างฤดูกาล และต่างท้องถิ่นสำเร็จไประดับหนึ่งแล้ว การวิเคราะห์คัดหาลักษณะทางคุณภาพในเมล็ดกำลังดำเนินงานร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ทางอาหารและนักชีวเคมี โดยให้นักวิชาการเหล่านี้ได้มีการกลั่นกรองอย่างละเอียด เพื่อว่าจะได้พันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อบริโภคฝักสดที่ดีที่สุดในอนาคตอันใกล้นี้ สำหรับพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดจากต่างประเทศที่นำเข้ามาโดยบริษัทเอกชนและทางราชการมีจำนวนหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ได้ผ่านการปลูกทดลองในท้องถิ่นต่างๆ แตกต่างกันไปหลายพันธุ์ไม่สามารถเจริญเติบโตจนถึงให้ผลผลิตเมล็ดแห้งได้เพราะเป็นโรครุนแรง บางพันธุ์เจริญเติบโตดีเฉพาะในฤดูฝนเหล่านี้ เป็นต้น ดังนั้น พันธุ์ที่ควรแนะนำให้ใช้ปลูกเป็นการค้าได้ในขณะนี้ คือพันธุ์ TVB 1 (VESOY # 4) สำหรับตลาดในประเทศไทย พันธุ์ กำแพงแสน 292 พันธุ์ TVB 5 พันธุ์ RYOKKOH สำหรับการส่งออก

ถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากเขตอบอุ่นคือ ญี่ปุ่น เมื่อนำมาปลูกในสภาพเขตร้อนแถบประเทศไทยพบว่าถั่วเหลืองฝักสดมีความไวต่ออุณหภูมิมากกว่าช่วงแล้ง การปลูกถั่วเหลืองฝักสดในฤดูหนาวโดยเฉพาะทางภาคเหนือ ถ้าปลูกเร็ว (ปลายเดือนพฤศจิกายน-ต้นเดือนธันวาคม) ต้นจะเตี้ย จำนวนข้อน้อย อายุยาว เมล็ดโต รูปร่างของลำต้นอาจมีลักษณะผิดปกติบางอย่างปรากฏ เช่น ลำต้นอวบอ้วน ปล้องสั้น มีสีเขียวเข้ม ฝักไม่สมบูรณ์มีลักษณะคล้ายนิ้วปู ทั้งแบบฝักเดี่ยวหรืออยู่เป็นกระจุกตามข้อต่างๆ โดยเฉพาะที่ข้อบนสุดและข้อถัดลงมามักจะไม่ค่อยติดฝัก ถ้าช่วงออกดอกมีสภาพอากาศหนาวเย็นในตอนกลางคืน (อุณหภูมิต่ำกว่า 17 °C) จะพบอาการนี้มาก นอกจากนี้การปลูกถั่วเหลืองฝักสดในฤดูแล้งไม่ควรจะปลูกช้า (หลังกลางเดือนมกราคมไปแล้ว) เพราะพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดมีลักษณะฝักแตกง่าย ตอนแก่ถั่วเหลืองฝักสดใบอาจไม่ร่วง ก้านใบและลำต้นยังมีสีเขียวอยู่ แต่ฝักแห้งก่อน การเก็บเกี่ยวไม่ควรรอให้ต้นถั่วเหลืองแก่แห้งหมดทั้งต้นเหมือนถั่วเหลืองไร่ ควรจะเก็บเกี่ยวเมื่อฝักแห้งมิฉะนั้นฝักจะแตก เมล็ดร่วงหล่นทำความเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ช่วงอากาศร้อนและแห้งแล้ง ตอนถั่วเหลืองฝักสดแก่มีโอกาสสูญเสียผลผลิตได้มากกว่า 50% ถ้าเก็บเกี่ยวไม่ทัน พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในปัจจุบันล้วนเป็นพันธุ์ที่ฝักแตกง่ายทั้งสิ้น ส่วนการปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝนถ้าปลูกต้นฤดูฝน ต้นถั่วเหลืองฝักสดมีการเจริญเติบโตดี การปลูกเพื่อตัดฝักไม่มีปัญหา แต่การปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดจะแก่ช่วงฝนชุก เกิดปัญหาเรื่องโรคที่ฝักสดมีขนาดฝักใหญ่ เมล็ดโต การลดความชื้นหลังจากนวดแล้วจะต้องใช้เวลานานกว่าถั่วเหลืองไร่ ถ้าแสงแดดไม่มี เมล็ดจะเน่าเสีย

ได้ง่าย เดือนที่ควรปลูกเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพคือเดือนสิงหาคม การปลูกถั่วเหลืองฝักสด ช่วงเดือนสิงหาคมต้นจะเตี้ย อายุสั้น การจัดระยะปลูกควรให้มีจำนวนต้นมากกว่า 32,000 ต้น/ไร่ แต่ไม่ควรเกิน 64,000 ต้น/ไร่ จะได้ผลผลิตสูง

ลักษณะพฤกษศาสตร์

กรุง (2534) รายงานว่าถั่วเหลืองเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ซึ่งเมื่องอกแล้วเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นใบเลี้ยงคู่ก่อนจุดเจริญ โดยถั่วเหลืองมีระบบแบบรากแก้ว (tap root system) เมื่อเมล็ดงอกรากอันแรกที่เจริญมาจากรากของต้นอ่อน (radicle) เจริญเป็นรากแก้ว (primary root) หรือ top root หลังจากเมล็ดงอกได้ 2 – 3 วัน มีรากแขนง (secondary root หรือ laterd root) เจริญออกมาจากรากแก้วเกือบขนานไปกับผิวดิน (horizon) หรืออาจเอียงทำมุมกับแนวระดับเพียงเล็กน้อย มีความยาวประมาณ 40 – 75 เซนติเมตร หลังจากนั้นเจริญลึกลงไปในแนวดิ่งถึง 180 เซนติเมตร รากที่ทำหน้าที่นี้ตลอดอายุการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง เป็นรากที่ปรากฏอยู่ในระดับความลึก 15 เซนติเมตร จากผิวดิน ที่รากอาจมีปม (nodule) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียพวกไรโซเบียม (*Rhizobium japonium*) เข้าไปอาศัยอยู่ แบคทีเรียจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ กลายเป็นสารประกอบซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ในขณะเดียวกัน แบคทีเรียก็ได้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรทบางชนิดในรากถั่วด้วย การอยู่ร่วมกันระหว่างถั่วเหลืองกับแบคทีเรียแบบนี้ว่า Symbiosis เพราะสิ่งมีชีวิตทั้งสองต้นได้รับประโยชน์ซึ่งกันและกันจากการอยู่ร่วมกันนี้

ลำต้นถั่วเหลืองที่ปลูกเป็นการค้าส่วนใหญ่จะมีลำต้นตรงเป็นพุ่ม ความสูงปานกลางประมาณ 50 – 75 เซนติเมตร การแตกกิ่งแขนง จำนวนข้อและปล้องที่ปรากฏบนลำต้นจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุกรรม ความยาวนานของช่วงแสง (Photoperiod) และการเขตกรรม ส่วนต่างๆ ของลำต้น ถั่วเหลืองมักมีขน (pubescent หรือ hair หรือ trichome) ปกคลุมอยู่ทั่วไป เว้นแต่ใบเลี้ยงและกลีบดอก (petal) เท่านั้นไม่มีขน ขนมักมีสีน้ำตาล (brown หรือ tawny) และสีเทา (gray) บางพันธุ์มีขนบาง พันธุ์ไม่มีขน ขนอาจมีลักษณะตั้ง (erect) หรือโค้ง (curly) และเบาบาง (sparse) หรือหนาแน่น (dense) แตกต่างกัน

ใบของถั่วเหลืองเป็นใบประกอบ มีใบย่อย 3 ใบ (trifoliate leaves) แต่ใบเลี้ยงและใบจริงคู่แรกจะเป็นใบเดี่ยว เกิดตรงข้ามกัน บางพันธุ์ก็มีใบย่อย 4 – 5 ใบ ในระหว่างมุมใบพบตาซึ่งต่อไปเจริญเป็นกิ่ง เมื่อถั่วเหลืองเริ่มแก่ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วร่วง มีถั่วเหลืองบางพันธุ์ซึ่งแม้ฝักแก่แล้วใบยังร่วงไม่มากนัก ที่โคนของก้านใบ (petiole) แต่ละใบมีหูใบ (stipule) 2 อัน ที่โคนของก้านใบ

ย่อย (leaflet) พบว่ามีหูใบย่อย (stipel) โดยที่ใบย่อยปลาย (terminal leaflet) มีหูใบย่อย 2 อัน และใบย่อยด้านข้างทั้งสอง (lateral leaflet) มีหูใบย่อย ไม่มีรายงานว่ามีการจัดเรียงเส้นใบแบบใด มีฐานของกิ่งแขนงพบ prophyll เกิดเป็นคู่ปรากฏอยู่ด้วย ตรงรอยต่อระหว่างใบจริงคู่แรกกับลำต้น หรือก้านใบกับลำต้น และใบย่อยกับก้านใบพบว่า มีส่วนที่พองหนาของก้านใบเรียกว่า pulvinus ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของใบ รูปร่างของใบแตกต่างกันไปตามพันธุกรรมและการเขตกรรม ในระหว่างมุมใบพบตาซึ่งต่อไปเจริญไปเป็นกิ่ง

ดอกของถั่วเหลืองเกิดเป็นช่อ (inflorescence) ช่อดอกของถั่วเหลืองเป็นแบบ raceme ช่อดอกหนึ่งๆ มีดอกตั้งแต่ 2 – 35 ดอก ช่อดอกเกิดที่มุมใบ (axillary bud) และปลายยอด (terminal bud) ดอกประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือมี sepal หรือ bract ที่มีฐานเชื่อมติดกันเรียกว่า calyx tube prophyll เจริญติดอยู่กับส่วนล่างของก้านดอก (pedicle) และกลายเป็น bracteole เมื่อดอกบานเต็มที่มีขนาด 3 – 8 มิลลิเมตร กลีบดอก (corolla หรือ petal) มี 5 กลีบ ซึ่งอาจมีสีขาวหรือสีม่วง และไม่มีขน กลีบดอกที่ใหญ่ที่สุดคือ standard หรือ banner หุ้มกลีบดอกทั้งหมดไว้ ถัดเข้าไปพบ wing อยู่สองข้างของดอกอีก 2 กลีบ ซึ่งหุ้มเกสรตัวเมียไว้ เรียกว่า keel ซึ่ง keel ทั้งสองนี้ ไม่เชื่อมติดกันเหมือนพืชตระกูลถั่วอื่นๆ ภายในมี 10 stamen รวมกันแบบ diadelphous คือมี 9 stamen ที่เชื่อมติดกันเรียกว่า united stamen หรือ fused stamen อีก 1 stamen แยกอยู่อย่างอิสระ (free stamen หรือ separate stamen) และมี 1 pistil ซึ่งมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไป pistil มี stigma สั้น ovary ชุดหนึ่ง มี ovule 3 – 5 อัน เมื่อถั่วเหลืองเจริญเติบโตถึงระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 30 – 40 วันหลังจากงอกแล้ว ถั่วเหลืองจะสร้างดอกไว้มาก แต่มีเพียง 25% เท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตจนเป็นฝัก (pod)

ฝักและเมล็ด (ฝักหรือผล) เกิดเป็นกลุ่ม ฝักอาจมีลักษณะตรง หรือโค้งเล็กน้อย ฝักของถั่วเหลืองมีความยาวตั้งแต่ 2 – 7 เซนติเมตร หรือมากกว่า เมื่อแก่มีสีเหลืองฟาง น้ำตาล หรือดำ แตกต่างกันไปตามพันธุ์ มีเมล็ดประมาณ 1 – 5 เมล็ด แต่โดยมากมักจะมี 3 เมล็ด ฝักที่เกิดก่อนมีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากกว่าฝักที่เกิดทีหลัง ถั่วเหลืองบางพันธุ์เมื่อฝักแก่อาจแตก (shattering) ตามรอยแตก (suture) ทำให้เมล็ดร่วง แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกเมล็ดมักไม่ร่วง (non - shattering) โดยทั่วๆ ไป แล้วฝักจะแตกมากขึ้นถ้าถั่วเหลืองแก่ในฤดูแล้ง เมล็ดส่วนมากมีรูปร่างกลมรีเป็นรูปไข่ มีขนาดและน้ำหนักแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เมล็ดส่วนใหญ่มีสีเหลืองฟาง แต่บางพันธุ์อาจมีเมล็ดสีเหลืองอมเขียว น้ำตาลหรือดำ การเจริญเติบโตของเมล็ดในฝักจะไม่พร้อมกัน เมล็ดตอนปลายฝัก (apical seed) จะเจริญก่อนเมล็ดที่อยู่ตอนโคน (basal seed) และเมล็ดตอนกลางของฝักตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยวโดยทั่วๆ ไปของถั่วเหลืองประมาณ 100 – 120 วัน

เมล็ดประกอบไปด้วย seed coat หรือ testa เป็นส่วนของเปลือกที่หุ้มเมล็ดไว้ ทางด้านหนึ่งจะพบ hilum หรือ seed scar ซึ่งเป็นจุดที่เมล็ดติดกับฝัก มีสีต่างกันไปตามพันธุ์ เช่น สีน้ำตาลเข้ม เป็นต้น บริเวณใกล้ๆ กับส่วนของ hilum จะมีรูเล็กๆ เรียกว่า micropyle ถัดไปเป็นรอยนูนของ hypocotyls adicle axis ปลายอีกด้านของ hilum เป็นร่องเล็กๆ เรียก raphe ซึ่งขยายยาวไปถึง chalya ซึ่งเป็นจุดที่ integument ติดกับ ovule ส่วน cotyledon หรือ lateral divergence คือส่วนที่อยู่ถัดจาก seed coat เข้าไป มีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารและ primary axis หรือ embryonic axis มีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับ cotyledon ประกอบด้วย plumule , hypocotyls และ radicle

**การจำแนกชนิดของถั่วเหลือง**

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family Leguminosae Subfamily Papilionoidae และ Genus Glycine มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merrill หรือ *Phaseolus max* Soja max, *Glycine hispida* ถั่วเหลืองอาจถูกจำแนกออกตามลักษณะของการเจริญเติบโต (growth habit) ได้ 2 แบบคือ Indeterminate growth habit ถั่วเหลืองพวกนี้ในระยะเริ่มออกดอกจะมีความสูงประมาณ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงเมื่อโตเต็มที่ และหลังจากออกดอกแล้วต้นก็ยังสูงขึ้นเรื่อยๆ ช่วงเวลาของการออกดอก (flowering period) จะยาว ช่อดอกเริ่มเกิดขึ้นที่ประมาณมุมใบที่ 4 หรือ 5 ขึ้นไปถึงปลายยอด พุ่มใบ (canopy) ตรงส่วนกลางของลำต้นมีใบย่อยใหญ่และก้านใบยาว เมื่อแก่พบว่ามีฝักที่ส่วนโคนมากกว่าที่ส่วนปลายของลำต้น พันธุ์ที่ใช้ปลูกใกล้เส้นศูนย์สูตรมักเป็นพวก Determinate growth habit ถั่วเหลืองพวกนี้ในระยะเริ่มออกดอกจะมีความสูงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความสูงเมื่อโตเต็มที่ และหลังจากออกดอกแล้ว ความสูงจะเพิ่มอีกเล็กน้อย ช่วงเวลาของการออกดอกสั้น ช่อดอกเริ่มเกิดขึ้นที่ประมาณมุมใบที่ 8 ต่อมาจะมีช่อดอกเกิดขึ้นไปทางปลายยอด และลงมายังส่วนโคนของลำต้น พุ่มใบส่วนบนใหญ่กว่าส่วนล่าง เมื่อแก่พบฝักเกิดเป็นกลุ่มและมีจำนวนฝักเท่าๆ กันทุกส่วนของลำต้น ยกเว้นที่ปลายยอดซึ่งมีจำนวนฝักมากที่สุด พันธุ์ที่ใช้ปลูกในเขตอบอุ่นมักเป็นพวก determinate

**สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline**

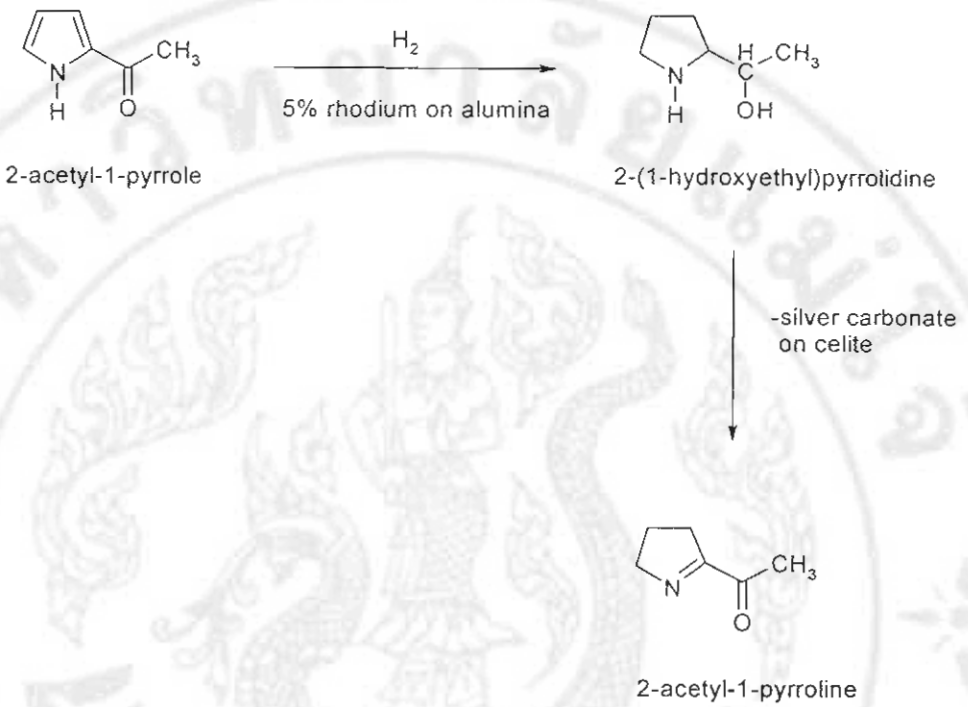
สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่น คือ 5-acetyl-3,4-dihydro-2H-pyrrole และ 1-(3,4-dihydro-2H-pyrrol-5-yl)ethanone มี CAS Number คือ 85213-22-5 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_6H_9NO$ มีน้ำหนักมวลโมเลกุลเท่ากับ 111.14

สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline มีโครงสร้างลักษณะเป็นสารประกอบในกลุ่ม pyrrole โดยมีวงแหวน 5 เหลี่ยมที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ในวง และมีหมู่ acetyl เกาะอยู่กับคาร์บอนในตำแหน่งที่ 2 ของวง นอกจากนี้ 2-acetyl-1-pyrroline มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น 5-acetyl-3,4-dihydro-2H-pyrrole และ 1-(3,4-dihydro-2H-pyrrole-5-yl)ethanone, 2-acetyl-1-pyrroline มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี เนื่องจากเป็นสารประกอบไนโตรเจน ทำให้สารหอมนี้มีลักษณะเป็นเบสเล็กน้อย นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ระเหยง่ายและไม่ค่อยเสถียร บางครั้งทำให้เกิดความยุ่งยากในการวิเคราะห์

การศึกษาสารหอมนั้นพบมากในข้าวซึ่งได้มีรายงานต่างๆ ที่ค้นพบในข้าวขาวดอกมะลิ แต่ยังไม่แพร่หลายหรือค้นพบในถั่วเหลืองฝักสด Buttery et al. (1982) ได้รายงานการค้นพบสารให้กลิ่นหอมในเมล็ดข้าวเป็นครั้งแรก คือ 2-Acetyl-1-pyrroline ซึ่งพบในข้าวหอมทั่วไป โดยประยุกต์เทคนิคในการสกัดด้วยไอน้ำเป็นการใช้ชุดสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง ตามแบบของไลเคนส์และนิคเคอสัน (liken – Nikerson simultaneous steam distillation / solvent extraction apparatus) พบว่าใช้ปริมาณข้าวน้อยลง คือ 500 กรัม และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทรกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี นอกจากนี้ Buttery et al. (1988) ได้เสนอว่าสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวนั้นประกอบด้วยสารทั้งหมด 17 ชนิด คือ Hexanal, Heptanal, 2-pentylfuran, (E)-2-heptanal, 2-Acetyl-1-pyrroline, Hexanol, Octanal, Nonanal, Benzaldehyde, (E)-2-nonenal, Decanal, (E)-2-decenal, Nonanol, 4-vinylphenol, (E,E)-2,4-decadienal, 2-Phenylethanol, 4-Vinylguainocol โดยมี 2-Acetyl-1-pyrroline เป็นสาระสำคัญที่มีกลิ่นหอมในข้าวมากที่สุด

Buttery et al. (1982) ได้ทำการสังเคราะห์ความหอม โดยการดัดแปลงมาจากวิธีการของ Buchi and Wuest ซึ่งทำการสังเคราะห์ 2-acetyl-1,4,5,6-tetarhydropyridine โดยนำ 2-acetylpyridine มาทำปฏิกิริยาไฮโรจิเนชันมี 5% rhodium on activated alumina เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ผลผลิตเป็น 2-(hydroxyethyl)piperidine แล้วนำผลผลิตมาทำปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อ ใช้ silver carbonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์ ในตัวทำละลาย benzene จะให้สาร 2-acetyl-1,4,5,6-tetarhydropyridine เป็นผลผลิต แต่ Buttery et al. ใช้ 2-acetyl-1-pyrrolone เป็นสารตั้งต้น ทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันได้ 2-(1-hydroxyethyl)pyridine เป็นผลผลิตแล้วนำมาทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ต่อมี silver carbonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์ ได้สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิต การสังเคราะห์สารหอมนี้เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก เมื่อเทียบกับการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยวิธีการอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยากและซับซ้อน




แผนภาพการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline

วิธีการสังเคราะห์สารหอมตามแบบของ Buttery et al. (1982) เป็นวิธีการสังเคราะห์ที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก เริ่มโดยใช้ 2-acetyl-1-pyrrolone เป็นสารตั้งต้นนำมาทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันกับก๊าซไฮโดรเจน และมี 5% rhodium on alumina เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ให้ผลผลิตเป็น 2-(1-hydroxyethyl) pyrrolidine นำผลผลิตมาทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมี silver carbonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์ ในตัวทำละลาย benzene ได้สาร 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิต การสังเคราะห์วิธีนี้มีข้อเสียคือ ตัวทำละลาย benzene มีความเป็นพิษเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้ไม่สะดวกในการนำสารสังเคราะห์นี้ไปใช้งาน และยากต่อการกำจัดเนื่องจากมีจุดเดือดสูง ในการทดลองนี้ปรับปรุงวิธีการสังเคราะห์ โดยสกัดสารหอมที่สังเคราะห์ได้บนสารละลายกรด ทำให้สารละลายเป็นเบสแล้วสารหอมนี้ไปอยู่ในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ เช่น ไดคลอโรมีเทน ซึ่งมีจุดเดือดต่ำและกำจัดง่าย และคาดว่าสารสังเคราะห์ในตัวทำละลายอินทรีย์นี้จะมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่สูงขึ้น และใน

การวิเคราะห์สารหอม 2-Acetyl-1-pyrroline ในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด ใช้วิธีที่ประยุกต์และให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่มีความสะดวกและรวดเร็ว คือ วิธีการสกัดด้วยสารละลายกรด (Hydrochloric acid) แทนการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง ที่มีความยุ่งยากในการตั้งอุปกรณ์และใช้ปริมาณตัวอย่างมาก ซึ่งในการสกัดด้วยสารละลายกรดนี้ อาศัยคุณสมบัติการละลาย เนื่องจากสารหอมมีสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย น่าจะละลายได้ดีในสารละลายกรด แล้วนำสารสกัดที่ได้ทำให้สารละลายเป็นเบสแล้วสกัดต่อด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ Dichloromethane ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรีในเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณทำโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟี โดยศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารหอม 2-Acetyl-1-pyrroline จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด (สุกัญญา, 2543)

**เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี**

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ส่วนใหญ่วิเคราะห์ด้วนเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี เนื่องจากเป็นเทคนิคในการแยกสารผสม โดยที่สารที่แยกจสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะก๊าซได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง (ไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส) ดังนั้นเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี จึงเหมาะที่นำมาวิเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เนื่องจากสารหอมนี้อยู่ในสถานะก๊าซได้ง่ายขึ้น เช่น อาศัยปฏิกิริยาทางเคมีในการเตรียมอนุพันธุ์ของสาร เป็นต้น เมื่อสารในสถานก๊าซผ่านไปยังคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่ โดยอาศัยการพาไปของเฟสเคลื่อนที่ สารในแต่ละตัวในสารผสมใช้เวลาในการเคลื่อนที่ในเฟสคงที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้สารเกิดการแยกออกจากกันได้

ก๊าซโครมาโทกราฟีมีเฟสเคลื่อนที่เป็นก๊าซ ส่วนเฟสคงที่นี้ถ้าเป็นของแข็งเรียกว่า gas-solid chromatography, GSC แต่ถ้าเฟสคงที่เป็นของเหลวที่ฉาบอยู่บนอนุภาคของแข็งเรียกว่า gas-liquid chromatography, GLC หลักการวิเคราะห์สารด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟีแบบย่อยๆ คือ ถังก๊าซที่บรรจุก๊าซตัวพา มีส่วนที่ควบคุมการไหลของก๊าซที่ปล่อยออกมา เมื่อฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในตำแหน่งฉีดสารของเครื่อง สารถูกทำให้เป็นก๊าซ แล้วมีก๊าซตัวพานำไอของสารผ่านไปยังคอลัมน์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการแยกของสาร เมื่อสารออกจากคอลัมน์ เข้าสู่ดีเทคเตอร์ ที่ใช้ตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกจากคอลัมน์ ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณขึ้น และถูกส่งไปยังเครื่องประมวลผลและข้อมูลต่างๆ รายละเอียดของส่วนต่างๆ ประกอบด้วย

1. ก๊าซตัวพา ก๊าซตัวพาจะบรรจุอยู่บนถังโลหะภายใต้ความดันสูง และทำหน้าที่พาไอของสารตัวอย่างผ่านเข้าไปในคอลัมน์ ก๊าซตัวพาที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ 1) ควรมีสมบัติเฉื่อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง หรือตัวทำละลายหรือเฟสคงที่ 2) เป็นก๊าซที่มีการแพร่น้อย และมีมวลโมเลกุลต่ำ 3) สามารถจัดหาได้ง่ายและมีความบริสุทธิ์สูง 4) เป็นก๊าซที่เหมาะสำหรับใช้กับดีเทคเตอร์ได้ 5) ราคาไม่แพง ก๊าซตัวพาที่ออกจากท่อก๊าซควรทำให้บริสุทธิ์ขึ้น โดยให้ผ่านท่อที่บรรจุด้วย molecular sieves เพื่อช่วยขจัดไอน้ำหรือไอของน้ำมัน

2. ส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของก๊าซต่างๆ การไหลของก๊าซตัวพาจะต้องมีการควบคุมอัตราการไหลหรือความดันของก๊าซให้คงที่ เนื่องจากอัตราการไหลของก๊าซตัวพาจะมีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์

3. ระบบของการนำสารตัวอย่างเข้า การฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟีโดยทั่วไปตำแหน่งฉีดสารตัวอย่าง เข้าไปมีเครื่องให้ความร้อนอยู่ เพื่อทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอ ระบบของการนำสารตัวอย่างเข้า แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามชนิดของคอลัมน์ที่ใช้

3.1 ที่ฉีดสำหรับแพ็คคอลัมน์ (packed column) คอลัมน์นี้มีขนาดใหญ่ ทำให้สามารถบรรจุสารตัวอย่างได้สูง ตำแหน่งที่ฉีดสารมักทำให้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ดังนั้นของเหลวที่ถูกฉีดจึงผ่านกระบวนการทำให้กลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ก๊าซนำพาเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งที่ฉีดสาร และพัดพาเอาสารตัวอย่างที่เป็นไอผ่านคอลัมน์ซิล (seal) ที่อยู่ระหว่างคอลัมน์กับไลเนอร์ (liner) ที่ต่ออยู่กับตำแหน่งฉีดสาร ต้องไม่รั่วเพื่อที่สารตัวอย่างสารมารถผ่านคอลัมน์ได้

3.2 ที่ฉีดสารสำหรับคาปิลลารีคอลัมน์ (capillary column) เนื่องจากคอลัมน์ชนิดนี้เป็นชนิดหลอดเล็ก ทำให้มีความจุสารตัวอย่างต่ำเมื่อเทียบกับแพ็คคอลัมน์ ในทางปฏิบัติเทคนิคที่ใช้กับคอลัมน์ชนิดนี้ 3 แบบคือ การฉีดแบบสปลิต (split injecttion) เนื่องจากเป็นการยากที่จะฉีดสารจำนวนน้อยๆ (ประมาณ 0.001-0.5 ไมโครลิตร) เข้าไปในคาปิลารีคอลัมน์ จึงต้องการฉีดแบบสปลิต โดยสารที่จะฉีดจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไอ แล้วไอสารมีการผสมกันก่อนที่ถึงจุดแบ่งสารตัวอย่าง โดยไอของสารตัวอย่างส่วนน้อย และมีปริมาณแน่นอนเข้าสู่คอลัมน์ แต่ส่วนมากถูกระบายทิ้งไป ส่วนที่เข้าคอลัมน์ คำนวณได้จากอัตราการสปิต (split ratio) คือ อัตราการสปิต = ส่วนที่ระบายออกไป / ส่วนที่เข้าสู่คอลัมน์, การฉีดสารแบบสปลิตเลส (spitless injection) มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยๆ โดยที่สารตัวอย่างถูกทำให้เจือจางด้วยตัวทำละลาย แล้วให้สารตัวอย่างทั้งหมดเข้าสู่คอลัมน์ การใช้เทคนิคนี้ให้ความถูกต้องดี แต่ต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยากพอสมควร และการฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์โดยตรง (on-column injection) คล้ายกับการฉีดสารแบบสปลิตเลส แต่การเข้าสู่

คอลัมน์ยังไม่เป็นไอ เทคนิคนี้ให้ผลถูกต้องที่สุดแต่ควรคำนึงถึงการเข้าสารต้องทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของตัวทำละลาย เพื่อป้องกันการกลายเป็นไอของตัวทำละลายขณะฉีดสาร ต้องฉีดสารอย่างรวดเร็ว และปริมาณของสารที่ฉีดต้องไม่มากเกินไป

4. คอลัมน์ เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการแยกสาร การที่ใช้สารตัวอย่างแยกได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับการเลือกคอลัมน์ คือ เลือกเฟสคงที่และสารแข็งรองรับคอลัมน์ มีปลายด้านหนึ่งต่อกับช่องฉีดสาร ส่วนอีกปลายต่อเข้ากับดีเทคเตอร์ คอลัมน์ที่ใช้กับเครื่องโครมาโทกราฟีมี 2 ชนิดคือ

4.1 แพ็คคอลัมน์ (packed column) เป็นคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่ที่เป็นของเหลวเคลือบอยู่บนสารแข็งรองรับ คอลัมน์ชนิดนี้มีทั้งแบบที่ทำด้วยแก้วและโลหะ มีความยาวตั้งแต่ 2-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-8 มิลลิเมตร คอลัมน์ที่เป็นเส้นตรงมีประสิทธิภาพสูงในทางปฏิบัติคอลัมน์ถูกขดเป็นวงกลม

4.2 คาปิลลารีคอลัมน์ (capillary column) คอลัมน์นี้ไม่มีสารแข็งรองรับ ใช้ของเหลวเคลือบปิดด้านในคอลัมน์เป็นฟิลม์บางๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25-0.6 มิลลิเมตร มีความยาว 1-30 เมตร คอลัมน์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการแยกดีกว่าแพ็คคอลัมน์ถึง 100 เท่า และสามารถใช้กับสารตัวอย่างที่น้อยกว่า 0.01 ไมโครลิตร

5. วัสดุที่ใช้บรรจุในคอลัมน์

5.1 ของแข็งที่ทำหน้าที่เป็นสารรองรับ ทำหน้าที่ช่วยให้ของเหลวเป็นเฟสคงที่ยึดติดอยู่กับคอลัมน์ได้ และทำให้เฟสคงที่มีโครงสร้างทางกายภาพที่เหมาะสม สารแข็งที่รองรับต้องมีคุณสมบัติคือ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง ไม่ทำปฏิกิริยากับสารคงที่ที่เป็นของเหลว มีความแข็งไม่แตกง่าย ทนต่อความร้อน มีพื้นที่ผิวประมาณ 1-20 ตารางเมตรต่อกรัม มีความสม่ำเสมอและเป็นแบบเดียวกัน และมีความพรุนสม่ำเสมอ

5.2 เฟสคงที่ เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดสูง ใช้แบบนของแข็งรองรับ ทำหน้าที่เป็นตัวแยกสาร ตัวอย่าง ลักษณะของเฟสคงที่ที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้ เป็นตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม ต้องทำให้เกิดการแบ่งส่วนที่แตกต่างกันของแต่ละองค์ประกอบในสารตัวอย่างระหว่างเฟสทั้งสอง เสถียรที่อุณหภูมิสูง มีความดันที่อุณหภูมิภายในคอลัมน์ และไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารตัวอย่าง

6. ดีเทคเตอร์ เป็นส่วนที่ต่อกับคอลัมน์ ทำหน้าที่ตรวจวัดสารที่ออกมาจากคอลัมน์ ดีเทคเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมี 3 ชนิด คือ TCD (thermal conductivity detector), FID (flame ionization detector) และ ECD (electron capture detector) ซึ่ง TCD เป็นดีเทคเตอร์ที่เหมาะสำหรับสารที่ให้การนำความร้อนแตกต่างจากก๊าซตัวพา ส่วน FID เป็นดีเทคเตอร์ที่เหมาะสำหรับสาร

ที่แตกตัวเป็นไอออนได้ด้วยเปลวไฟ (ไฮโดรเจน/อากาศ) ดีเทคเตอร์แบบนี้มีก๊าซไฮโดรเจนที่ถูกจุดให้ติดไฟด้วย heater ทางไฟฟ้าและอากาศที่ผ่านเข้ามา ทำหน้าที่ช่วยการเผาไหม้ของก๊าซไฮโดรเจน และช่วยพาให้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วออกไปกับก๊าซตัวพา เมื่อสารตัวอย่างที่ออกมาจากคอลัมน์เข้าสู่เปลวไฟ ทำให้สารเกิดไอออไนเซชั่น ได้เป็นอิเล็กตรอนและไอออนบวก อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยัง flame jet ส่วนไอออนบวกวิ่งไปยังอิเล็กโทรด สัญญาณที่เกิดขึ้นถูกส่งไปยังอิเล็กโทรมิเตอร์ และบันทึกเสียงสัญญาณด้วยเครื่องบันทึกได้เป็นโครมาโทแกรมและ ECD เป็น ดีเทคเตอร์ที่เหมาะสำหรับสารประกอบที่มี เฮโลเจนอะตอมอาศัยความสามารถในการจับอิเล็กตรอน

ดีเทคเตอร์แบบ FID มีก๊าซไฮโตรเจนที่ถูกจุดให้ติดไฟด้วย heater ทางไฟฟ้า และอากาศที่ผ่านเข้ามาทำหน้าที่ช่วยเผาไหม้ของก๊าซไฮโดรเจน และช่วยพาให้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วออกไปกับก๊าซตัวพา เมื่อสารตัวอย่างที่ออกมาจากคอลัมน์เข้าสู่เปลวไฟ ทำให้สารเกิดไอออไนเซชัน ได้เป็นอิเล็กตรอนและไอออนบวก อิเล็กตรอนวิ่งไปยัง flame jet ส่วนไอออนบวกวิ่งไปยังอิเล็กโทรด สัญญาณที่เกิดขึ้นถูกส่งไปยังอิเล็กโทรมิเตอร์ และบันทึกสัญญาณด้วยเครื่องบันทึกได้เป็นโครมาโทแกรม ข้อปฏิบัติในการใช้ดีเทคเตอร์แบบ FID นั้น ควรตั้งอุณหภูมิของดีเทคเตอร์ให้สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไปน้ำ นอกจากนี้ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำ สารบางตัวเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดเขม่าอุดตัน flame jet ได้

**การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี**

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้น วิธีที่ง่ายที่สุดคือ หาจากเวลารีเทนชัน (retention time) เป็นเวลาที่สารแต่ละชนิดในการเดินทางผ่านคอลัมน์ หาได้จากการวัดระยะทางตั้งแต่เริ่มใส่สารตัวอย่างลงในคอลัมน์จนถึงส่วนยอดของพีค ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของก๊าซตัวพาอุณหภูมิของคอลัมน์ หรือชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ ดังนั้นในการพิสูจน์ชนิดของสารหอมในตัวอย่างผสม ต้องทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างและสารมาตรฐานในสภาวะเดียวกันจึงจะเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งถ้าเป็นสารตัวเดียวกันต้องให้เวลารีเทนชันเหมือนกัน ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณนั้น ต้องทราบความสูงหรือพื้นที่ใต้พีคโครมาโทแกรมที่ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการ ความถูกต้องแม่นยำของผู้วิเคราะห์ ในการวิเคราะห์หาปริมาณนั้นนิยมกันอยู่ 3 วิธีคือ normalization method, external standardization method และ internal standardization method

วิธี internal standardization method เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีเติมสารมาตรฐานที่เป็นสารต่างชนิดกับสารตัวอย่าง ซึ่งเรียกว่า สารมาตรฐานภายใน วิธีนี้ใช้หาปริมาณของสารได้ถูกต้องที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สารมาตรฐานภายใน โดยหลักการเลือกสารมาตรฐานภายในคือ ต้องมีสมบัติ

คล้ายกับสารที่วิเคราะห์ ต้องเป็นสารบริสุทธิ์ ต้องให้พีคที่ไม่ซ้อนทับพีคอื่นๆ และให้พีคที่ใกล้กับสารที่ สนใจวิเคราะห์ ต้องไม่ทำปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสารตัวอย่างนั้น ควรมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับสารที่ต้องการหาปริมาณ และต้องเป็น linear relation ในช่วงความเข้มข้นที่ต้องการวิเคราะห์ โดยวิธีการวิเคราะห์มีดังนี้

1. เตรียมสารมาตรฐานภายในที่มีปริมาณใกล้เคียงกับสารตัวอย่าง โดยผสมกับตัวทำละลายที่เหมาะสม

2. เตรียมสารละลายให้มีปริมาณสารอยู่ใกล้เคียงกับสารตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 1

3. ผสมสารมาตรฐานภายในสารละลายมาตรฐาน โดยให้สารละลายมาตรฐานภายในคงที่ และใช้ปริมาณสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน เมื่อฉีดส่วนผสมนี้เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานและสารมาตรฐานภายใน แล้วนำอัตราส่วนใต้พีคไปพล็อตกราฟเทียบกับอัตราส่วนของสารมาตรฐานและสารมาตรฐานภายใน

4. เตรียมสารละลายผสมของสารมาตรฐานภายในสารตัวอย่าง แล้วฉีดสารละลายผสมนี้เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานภายใน และสารตัวอย่าง แล้วนำไปเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานจากข้อ 3 ก็จะสามรถหาปริมาณสารตัวอย่างได้

ข้อดีของวิธีการเติมสารมาตรฐานภายใน คือ ผลการวิเคราะห์จะต้องถูกต้องมาก ค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่ขึ้นกับสภาพความไวของดีเทคเตอร์ สภาพไวของดีเทคเตอร์อาจมีเปลี่ยนแปลงได้ขณะที่ทำการวิเคราะห์ ผลของการวิเคราะห์ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของสารตัวอย่างที่ฉีด และสารตัวอย่างทั้งหมดไม่จำเป็นต้องถูกชะออกมาหมด ส่วนข้อเสียของวิธีการเติมสารมาตรฐานภายใน คือ สารมาตรฐานภายในต้องผสมลงไปในสารตัวอย่าง และสารมาตรฐานภายในค่อนข้างหายาก (สุกัญญา, 2543)

**เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี เป็นการเชื่อมต่อเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีเข้ากับเทคนิคแมสสเปคโทรเมตรี เพื่อให้ได้เทคนิคการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพขึ้น เทคนิคก๊าซโครมาโทรกราฟีสามารถแยกองค์ประกอบของสารผสมได้ ในขณะที่เทคนิคแมสสเปคโทรเมตรี มีจุดเด่นในด้านความเฉพาะเจาะจง ความว่องไว และความรวดเร็ว ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างขององค์ประกอบที่แยกโดยเทคนิคก๊าซโครมาโทรกราฟี

**หลักการและทฤษฎีของแมสสเปคโทรเมตรี**

เมื่อทำให้โมเลกุลเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน โมเลกุลสารกลายเป็นไอออน และมีประจุบวก ซึ่งถ้าโมเลกุลที่มีประจุบวกนี้มีพลังงานสูงพอ เกิดการแตกตัวออกเป็นส่วนย่อยๆ ซึ่งอาจเป็นอนุภาคที่เป็นกลาง (N), อนุภาคที่เป็นแคตไอออนแรดิเคิล ($A^{+\cdot}$) หรือ แคตไอออน ($A^{+}$) ในทำนองเดียวกัน ถ้าไอออนย่อย มีพลังงานมากพอเกิดการแตกตัวต่อไปอีก เป็นไอออนย่อยต่อไปเรื่อยๆ จนเหลือพลังงานน้อยที่สุดที่ไม่สามารถแตกตัวต่อไปได้อีก เมื่อพิจารณาแมสสเปคตรัม บ่งบอกถึงลักษณะการแตกตัวของโมเลกุลไอออน หรือ รวมรูปแบบการแตกตัวของแต่ละไอออนทั้งหมดเข้าด้วยกัน ได้รูปแบบการแตกตัวของโมเลกุลที่เป็นลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิด ส่วนแมสสเปคมิเตอร์นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกและวัดมวลของไอออนด้วยการใช้อัตราส่วนมวลต่อประจุ (m/z) โดยทั่วไปแล้วไอออนมักมีประจุ +1 (z = 1) ดังนั้นค่า m/z จึงมีค่าเท่ากับมวลของไอออนโดยตรง

**เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์และองค์ประกอบ** ประกอบด้วย 4 ส่วน ใหญ่ๆ คือ

1. ระบบใส่สารตัวอย่าง เพื่อทำให้กลายเป็นไอ (Inlet systems for vaporization) เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ โดยทั่วไปมีระบบใส่สารตัวอย่าง 2 ระบบ คือระบใส่สารตัวอย่างที่เป็นก๊าซของเหลว และของแข็ง ที่มีความเป็นไอสูงปานกลาง และระบบใส่สารตัวอย่างเข้าโดยตรงสำหรับของแข็งที่มีมวลโมเลกุลสูง ไม่ระเหย และเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียรต่อความร้อน นอกจากนี้ยังมีวิธีการใส่สารตัวอย่างเข้าไปวิเคราะห์ คือใส่ผ่านเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี ซึ่งในเครื่องโครมาโทกราฟที่มีคอลัมน์เป็นชนิดแพ็คคอลัมน์ เมื่อสารผสมถูกแยกออกจากกันแล้วจึงผ่านไปยังอุปกรณ์แยกโมเลกุลเพื่อแยกเอาก๊าซตัวนำออก โดยอาศัยการแพร่ผ่านเมมเบรน ซึ่งทำให้สารมีความเข้มข้นขึ้น หลังจากนั้น จึงให้สารตัวอย่างผ่านเข้าแหล่งผลิตไอออนต่อไป ส่วนโครมาโทกราฟีที่ใช้คอลัมน์แบบคาปิลลารี ปลายของคอลัมน์ผ่านเข้าไปถึงแหล่งผลิตไอออนโดยตรง

2. แหล่งผลิตไอออน (Ionization chamber หรือ source) แหล่งผลิตไอออนเป็นแหล่งที่ทำให้โมเลกุลของสารตัวอย่างเกิดเป็นไอออน และเกิดการแตกตัว ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ วิธีการที่ทำให้สารเกิดเป็นไอออน มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ที่สำคัญ ได้แก่

2.1 การตกกระทบด้วยอิเล็กตรอน (Electron-Impact, EI) เป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุด วิธีนี้เป็นการทำให้โมเลกุลของสารตัวอย่างเกิดเป็นไอออนบวก ด้วยการชนกับอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง เช่น

$$M + e^{-} \longrightarrow M^{+\cdot} + 2\,e^{-}$$

เมื่อไอออนบวกมีพลังงานสูงก็จะสามารถแตกตัวเป็นไอออนย่อยได้อีก จนเหลือเป็นไอออนที่มีพลังงานน้อยที่สุดที่ไม่สามารถแตกตัวได้ แล้วผ่านไปยังส่วนแยกไอออนต่อไป แหล่งของการตกกระทบด้วยอิเล็กตรอน เป็นหัวใจสำคัญของเครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ ซึ่งมีประสิทธิภาพทนทานและมีความสามารถในการทำให้เกิดไอออนบวกได้อย่างดีและสม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอ

2.2 การทำให้เกิดไอออนด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Ionization, CI) เห็นได้ว่าการทำให้เกิดไอออนของโมเลกุล (molecular ion) ด้วยการชนกับอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงทำให้ได้ไอออนที่ไม่เสถียร จึงแตกตัวต่อไปอีกทำให้ได้แมสสเปกตรัมที่ซับซ้อนยากต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงมีวิธีการทำให้เกิดไอออนที่เสถียรและรูปแบบการแตกตัวไม่ซับซ้อน วิธีหนึ่งคือการทำให้เกิดไอออนด้วยวิธีทางเคมี ทำโดยการผสมสารตัวอย่างเข้ากับก๊าซที่ทำปฏิกิริยาด้วย แล้วผ่านเข้าไปยังห้องที่ทำให้เกิดไอออน ด้วยการให้ชนกับลำอิเล็กตรอนเช่นเดียวกัน ก๊าซที่นำมาทำปฏิกิริยานั้นที่นิยม คือ มีเธน ไอโซบิวเทน และแอมโมเนีย ในกรณีมีเธน เมื่อถูกชนด้วยอิเล็กตรอน มีเธนเกิดเป็นไอออนบวก ดังนั้นไอออนของโมเลกุลที่เกิดด้วยวิธีการทางเคมีมักมีแมสสเปคตรัมเป็น $(M+1)^+$

3. การแยกไอออน (Ion Analysis) การแยกไอออนกระทำโดยอาศัยความแตกต่างของมวลต่อประจุจากการใช้สนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างร่วมกันก็ได้ เครื่องแยกไอออนมีหลายชนิด ในที่นี้กล่าวถึงเครื่องแยกไอออนแบบควอดรุโพล ซึ่งสอดคล้องกับเครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์

ควอดรุโพล แมสสเปคโทรมิเตอร์ (quadrupole mass spectrometer) ใช้หลักการวิเคราะห์แมสด้วยสนามแม่เหล็ก คือ เป็น path-stability mass spectrometer (หรือ mass filter) ลำไอออนจากแหล่งกำเนิดใส่เข้าไปตามแกน z ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จัดไว้ ประกอบด้วยแท่งโลหะกลมสั้นๆ 4 แท่ง แท่งโลหะคู่ที่อยู่ตรงต่อเข้ากับขั้วบวกของ DC voltage และ voltage AC ส่วนอีก 2 ขั้วต่อเข้ากับขั้วลบของ DC voltage และ RF voltage AC เช่นเดียวกัน เมื่อมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นทำให้ไอออนเกิดการสั่นตามแนวแกน z ไอออนที่มีมวลต่อประจุอันหนึ่งเกิดการสั่นเป็นแบบ stable path และผ่านออกไปสู่ ion collector หรือดีเทคเตอร์ได้ ส่วนไอออนอื่นที่มีมวลต่อประจุต่างไปมีการสั่นแบบ unstable path ทำให้เกิดการชนกับแท่งโลหะ ประจุถูกทำลายไป เรียกว่า filtered out การทำ mass scanning สามารถทำได้โดยการเปลี่ยน RF และให้ศักย์คงที่หรือเปลี่ยนศักย์ให้ RF คงที่ก็ได้ เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์ที่เป็นแบบ double-beam มีแหล่งของไอออนสองแหล่งและเครื่องตรวจหาสองเครื่องอยู่ใกล้กัน แหล่งไอออนอันหนึ่งทำหน้าที่ให้ตัวอย่างกลายเป็นไอออน อีกแหล่งหนึ่งทำหน้าที่ให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออน ลำไอออนทั้งสองถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยก

ไอออนชุดเดียวกัน ดังนั้นไอออนทั้งหมดได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าเหมือนกัน แต่จะถูกตรวจหา และวัดด้วยเครื่องตรวจหาแยกกัน ซึ่งเครื่องมือชนิดนี้ทำให้สามารถวัดมวลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากสารมาตรฐานและสารตัวอย่างถูกทำให้เป็นไอออนพร้อมกันโดยปราศจากการผสมกัน

4. ดีเทคเตอร์ (detector) ดีเทคเตอร์ที่ใช้ทั่วไปในเครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์มีหลายอย่าง แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ อิเล็กตรอน มัลติพลายเออร์ ดีเทคเตอร์ (electron multiplier detector) อิเล็กตรอนมัลติพลายเออร์ที่ใช้กันมีอยู่หลายแบบ รุ่นแรกๆ ของอิเล็กตรอนมัลติพลายเออร์ที่ใช้มีลักษณะคล้ายกับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เมื่อไอออนออกมาจากเครื่องวิเคราะห์มวลชนกับแคโทดทำให้เกิดอิเล็กตรอนขึ้นมาหลายอิเล็กตรอน แล้วถูกดึงดูดไปยังไดโนด (dynode) อิเล็กตรอนแต่ละตัวเมื่อชนไดโนดแต่ละอันให้อิเล็กตรอนออกมาหลายอิเล็กตรอน เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ทำให้กระแสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กระแสที่ได้ถูกเก็บไว้แล้วส่งไปยังเครื่องบันทึก

ความหวานของถั่วเหลืองฝักสด

การเกิดรสของสารต่างๆ ในธรรมชาตินั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากในการที่กำหนดรสต่างๆ ของสารในลักษณะที่เรียกว่า เปรียบเทียบโดยทั่วๆ ไปแล้ว การกำหนดรสหวานกำหนดได้จากน้ำตาล (sucrose), เกลือแกง (sodium chloride) กำหนดให้เป็นรสเค็ม, ควินิน (quinine) กำหนดให้เป็นรสขม, กรดเจือจาง (dilute hydrochloride acid) กำหนดให้เป็นรสเปรี้ยว การที่สารใดสารหนึ่งให้ความหวาน หรือรสต่างๆ ได้นั้น คุณสมบัติทางฟิสิกส์อย่างแรกคือ ต้องละลายน้ำได้ และระหว่างที่ละลายได้นั้นเกิดมีโครงสร้างทางเคมีเฉพาะที่เป็นตัวกำหนดรสได้ ทฤษฎีแรกถูกกำหนดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1914 โดย Cohn กล่าวว่า "เมื่อสารละลายในน้ำแล้วสารเกือบทุกชนิดให้รสหวานหรือไม่หวานนั้นขึ้นอยู่กับหมู่ hydroxyl" ลักษณะของหมู่ให้รส (tase eliciting) ถูกเรียกว่า soporific group และส่วนใหญ่อยู่เป็นคู่ซึ่งถูกเรียกว่า Glucogene แต่ละตัวอาจเรียกว่า glucophore กับ auxogluc หลังจากนั้น Kodama ปี ค.ศ. 1920 ตั้งข้อสังเกตว่า สารให้รสหวานได้เมื่อไฮโดรเจนของสารนั้นต้องสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งได้ (Shallengberger, 1982) ทฤษฎีที่สำคัญต่อมาคือ ทฤษฎีของ Tsuzuki (1948) ที่พบว่า การแทนที่ใน benzene ring ในตำแหน่งต่างๆ กัน ทำให้สารมีรสต่างกัน ตัวอย่างของ phenylurea พบว่า ในการแทนที่ที่ *ortho-* ไม่ให้รสขม, *meta-* เกิดรสขม, *para-* เกิดรสหวาน หมู่ของสารที่เป็นตัวกำหนดรสหวานนี้ ถูกเรียกกันต่อๆ มาว่า Glycopher สรุปแล้วทฤษฎีต่างๆ สามารถกำหนดได้ว่า การให้ความหวานของสารต่างๆ เกิดได้จาก พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen

bond, H) โครงสร้างของ ethylene glycol เป็นสารให้ความหวานที่มีขนาดเล็กที่สุดในรูปของ glycol conformation พบว่ามีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, หมู่ OH) ที่อยู่ใกล้เคียงกันที่มีระยะห่างที่เหมาะสมเกิดพันธะ H ขึ้น ซึ่งเราอาจเรียกว่าเป็นพันธะแบบ AH และ B ก็ได้ โดยที่ AH เป็น proton donor หรือตำแหน่งที่ให้โปรตอน และ B เป็น proton acceptor หรือตำแหน่งที่รับโปรตอน ระยะห่างระหว่าง AH กับ B ประมาณ 3 A° (angstrom) แต่พบได้ว่า พันธะหรืออันตรกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ไม่ใช่การถ่ายเทโปรตอน และอันตรกิริยาทางไฟฟ้าสถิตด้วย แต่เป็นผลมาจากแรงกระจายของลอนดอน (London dispersion force) อันเป็นส่วนสำคัญในการเกิดพันธะ H การที่เราสามารถรับรู้รสหวานได้ก็ต่อเมื่อพันธะ H นั้นเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลหรือสารให้ความหวานกับหน่วยรับรสมีลักษณะสวนทางกัน โครงสร้างของ glycol มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของหมู่ OH มีผลต่อการเกิดพันธะ H และความหวานของสารโดยเฉพาะกับ ∝-D-fructofuranose และอนุพันธ์รวมทั้ง levoglucosan จากรูปเป็น Guassian' distribution ซึ่งมีการเบ้ เนื่องจาก eclipsed conformation ที่จุดเริ่มต้น และ anti conformation ที่จุดปลายของโค้ง ซึ่งจำกัดความสามารถในการให้รสหวาน คือ ในสภาพ eclipsed glycol conformation หมู่ OH ที่อยู่ใกล้กันมีระยะห่างที่เหมาะสมในการเกิดพันธะ H ขึ้นในโมเลกุลมากที่สุด ขณะที่อีกปลายหนึ่งในสภาพของ antiperiplanar conformation ไม่เกิดพันธะ H ขึ้นภายในโมเลกุล หรืออาจกล่าวได้ว่าถ้าการวางมุม OH กับ OH เป็นมุมฉากให้ความหวานสูงสุด ซึ่งเป็นโครงสร้างทางเคมีของต่อมรับรสที่ receptor site แล้วได้ดีที่สุด เมื่อเปลี่ยนเป็น antiglycol conformation ไม่สามารถให้รสหวานได้ เนื่องจากในสภาพนี้โมเลกุลไม่สามรถซ้อนทับหรือเกิดอันตรกิริยากับ receptor site ได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากพันธะ H ที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุล มีลักษณะสวนกัน และการให้ความหวานของสารต่างๆ ยังเกิดได้จาก Glycophore คือ หน่วยให้ความหวานที่ประกอบด้วยหมู่ OH ซึ่งโครงสร้างทางเคมีนี้ไปกำหนดสภาพทาง stereochemistry ของ receptor site จากการทดลองพบว่า สารประกอบทุกชนิดที่มีรสหวานต้องมี glycophore คล้ายกัน นอกจากในน้ำตาลแล้วยังพบ gkycophore ในสารให้ความหวานอื่นๆ อีก เช่น aspartame ซึ่งเป็นสารประกอบ L-aspartly-L-phenylalanine methyl ester และ dihydrochalcones โดยให้ glycophore ที่พบในสารประกอบที่มีรสหวานอื่นๆ เป็น AH, B ของ glycophore เนื่องจากระยะห่างของ AH, B เป็น 3 A° ดังนั้น glycophore ของ glucose ก็ต้องเป็นที่ OH-4 (หมู่ OH ที่ carbon อะตอมที่ 4) และ OH-3 หรือที่ OH-3 และ OH-2 และเมื่อพบว่า methyl-4, 6-benzylidine-∝-D-glucopyranose และ ∝, ∝-trehalose ที่ถูกแทนที่ 2 ครั้ง ในวิธีเดียวกันไม่มีรสหวาน อันเป็นผลไปกำจัดบทบาทสำคัญๆ ของส่วนที่เหลือของ 2,3-∝-glycol และเหลือเพียง OH-4 และ OH-3 เป็นหน่วย AH, B ในโครงสร้างของกลูโคสแล้วสรุปว่า OH-4 เป็น AH และ OH-3 เป็น B แต่ในอนุพันธ์บางตัว

OH-2 จะเป็น AH โดยการทำให้เกิดอนุพันธ์ อาจจะกำหนด AH, B ของน้ำตาลอิสระขึ้นมาใหม่ได้ นำมาใช้กับน้ำตาลซูโครส และที่จริงแล้ว galacto-sucrose นั้นหวานน้อยกว่าซูโครส แสดงว่า glycophore ของซูโครสคือ สารเข้าแทนที่ OH-4 และ O-3 บน glycopyranoside ส่วน 1',4,6,6'-tetrachloro-galacto-sucrose จะหวานมาก เนื่องจากหน่วย AH, B มีการจัดตำแหน่งใหม่ เมื่อเกิดการแทนที่ และมี B อยู่ที่ 1' chloro และ AH ที่ 2-hydroxyl group ของ glucose

ความหวานของสารนอกจากจะเกิดจากพันธะ H และ glycophore แล้วยังอาจมีผลมาจากสภาพผิดปกติของ chiral ในสารประกอบที่มีรสหวาน ซึ่งเห็นเป็นลักษณะของ diastereoisomeric ที่สามารถซ้อนทับกันกับหน่วยที่ให้รสเป็น dissymmetric อย่างเช่น D- และ L-sugar ซึ่งมีรสหวานต่างกันเล็กน้อย ส่วนลักษณะ enantiomeric เช่น D- และ L-amino acid นั้นให้รสหวานต่างกัน อันเป็นผลมาจากสภาพ chial บน receptor site ด้วย ซึ่งเป็น dissymmertric ไม่ใช่ asymmetric อีกประการหนึ่งที่มีผลต่อความหวานก็คือ ค่าคงที่ของ Hansch ซึ่งมีผลต่อ lipophillic และ hydrophobic อันเป็นความสามารถของสารประกอบที่ไปยัง receptor site และที่ให้รสหวาน สารนั้นต้องมีลักษณะเป็น high ionic หรือสามารถสร้างพันธะ H กับน้ำได้ และมีลักษณะ hydrophobic เพื่อสร้างเชื่อมกับ receptor site ในสภาพ hydrophobic เพื่อสร้างเชื่อมกับ receptor site ในสภาพ hydrophobic นอกจากนี้ยังอาจเป็นผลมาจาก lemieux effect ซึ่งเพิ่มความสามารถของ OH-4 ใน galactose ในการร่วมสร้างพันธะ H ในโมเลกุลได้พอๆ กับการลดความสามารถของ AH ให้มีส่วนจำเป็นในการสร้างพันธะ H ขึ้นภายในโมเลกุลน้อยที่สุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นประเด็นสำคัญๆ ที่ทำให้เกิดความหวานขึ้นของสารประกอบที่มีรสหวานชนิดต่างๆ

## น้ำตาลซูโครส

น้ำตาล หรือน้ำตาลทรายที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นหมายถึง น้ำตาลซูโครส มีสูตรโมเลกุลว่า $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) เกิดจากการจับตัวของน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342 ปกติน้ำตาลบริสุทธิ์อยู่ในรูปผลึกแบบ monoclinic ไม่มีสีและมีลักษณะโปร่งแสง ปกติเมื่อพืชสังเคราะห์แสงจะสร้างแป้งเพื่อเก็บไว้เป็นอาหาร แต่ในพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้ในปริมาณสูง และเก็บไว้ในลำต้นหรือหัวได้ โดยเฉพาะ *Saccharum offichinarum* (อ้อย) หรือพืชหัว *Bata vulgaris* (หัวบีท) เมื่อนำพืชประเภทนี้มาสกัดโดยน้ำ น้ำตาลนั้นละลายออกมา และเมื่อทำการสกัดสิ่งแปลกปลอมออก สามารถตกผลึกน้ำตาลออกมาได้ น้ำตาลจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากเป็นสารให้ความหวานแล้ว ยังมี

หน้าที่อื่นๆ อีกมากที่หาสารอื่นๆ ทดแทนไม่ได้ ทั้งนี้เพราะในน้ำตาลมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนืด ความแวววัน เป็นต้น ในประเทศไทยก็มีการใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้มากที่สุด การนำน้ำตาลไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อที่ให้ความหวานนั้นมีความจำเป็นที่ต้องรู้หลักการ หรือคุณสมบัติที่สำคัญๆ ของน้ำตาล และผลกระทบที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อที่ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้

คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำตาลซูโครส น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัวคือ น้ำตาลกลูโคสจับตัวกับน้ำตาลฟรุกโตส ในสภาวะที่มีความร้อนสูงหรือมีน้ำย่อย หรือมีสภาพกรด/ด่างสูง มีการแตกตัวเป็นน้ำตาลเดี่ยวทั้งสอง และดำเนินปฏิกิริยาแตกต่างออกไป ได้สารประกอบต่างๆ หลายชนิด ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด/ด่าง สิ่งที่เกิดหลังจากการแตกตัวของน้ำตาลทรายที่อุตสาหกรรมอาหารมักประสบปัญหาเสมอก็คือ สภาพการเกิดสี เช่น สีชมพู สีแดง สีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เมื่อน้ำตาลซูโครสแตกตัวออกมาเป็นน้ำตาลฟรักโทสและกลูโคส เกิดเหตุการณ์ที่สำคัญๆ คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids) มีมากขึ้นกว่าเดิม คือ เกิดน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสทั้งหมดเป็น 360 หน่วย จากน้ำตาล 342 หน่วย การเบี่ยงเบนของแสงจากค่า specific rotation $\propto {}^{20}D$ ของน้ำตาลซูโครสที่ +66.5° เปลี่ยนเป็น -19.8° ซึ่งเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "inversion" และเรียกน้ำตาลที่เกิดจากเหตุการณ์นี้ว่า invert sugar ซึ่งหมายถึงน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโทส ในสภาพเป็นกรดอ่อนหรือด่างอ่อน ขั้นแรกนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคือ eprimerization ระหว่างน้ำตาลทั้ง 3 (หลังจาก mutarotation แล้ว) และเมื่อถูกออกซิไดซ์โดยกรดเกิดเป็น sugar acid มี 3 พวกคือ aldonic acid เกิดขึ้นเมื่อ aldehyde group ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH, uronic acid เกิดขึ้นเมื่อ primary alcohol group ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH และ aldaric acid เกิดขึ้นเมื่อ aldehyde C และ primary alcohol ถูกออกซิไดซ์เป็น COOH (เกิด dicaboxylic acid) ในสภาพที่เป็นกรด ผลลัพธ์ที่สำคัญคือ hydroxymethylfurfural (HMF) ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นของสารประกอบน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ซึ่งเป็นตัวต้นเหตุทำให้เกิดสารมีสี ในสภาพเป็นด่างน้ำตาลแตกตัวได้ผลลัพธ์เป็นกรดแลคติค เหตุการณ์นี้เป็นกระบวนการการผลิตกรดแลคติกที่รู้จักกันดี และมีผลเป็นอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของอาหาร และอาจจะเกิดปัญหากับการควบคุมการผลิต หรือการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ น้ำตาลสามารถทำปฏิกิริยากับพวก long chain fatty acid ester ในกรณีที่มีน้ำย่อยหรือตัวทำละลายหรือตัวเร่งที่เหมาะสม sugar ester ที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติเป็น surfactant ที่สามารถใช้รับประทานได้ ใช้ในอุตสาหกรรมซักล้าง ยา เครื่องสำอาง พลาสติก สิ่งทอ เพราะมีความสามารถในการกระจายตัว การเกิดฟอง การเป็น emulsifier และการทำความสะอาด คุณสมบัติทางฟิสิกส์ น้ำตาลซูโครสมี

คุณสมบัติการให้ความหวานที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 100 หน่วย (สารละลาย 20%) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่นๆ ที่มีความเข้มข้น และอุณหภูมิเดียวกัน (กล้าณรงค์, 2542)

**การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Lane and Eynon**

การหาปริมาณน้ำตาลขึ้นกับคุณสมบัติในการเป็นตัวรีดิวซ์ของน้ำตาล และความสามารถของน้ำตาลในการหักเหแสง วิธีการอาศัยความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำตาลทำได้โดยการหาน้ำหนักซึ่งมีชื่อเรียกว่า วิธี Muson and Walker คิวปรัสออกไซด์ที่ตกตะกอนโดยน้ำตาลรีดิวซ์ หรือการรีดิวซ์สารละลายคอปเปอร์จำนวนหนึ่ง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Lane and Eynon (1923) อ้างใน Ranganna (1977) สำหรับวิธีนี้เป็นวิธีที่ลั่นรวดเร็วและแม่นยำที่นิยมใช้ทั่วไป การหาจุดยุติทำได้โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของ methylene blue ไปเป็นไม่มีสี (methylene white) เมื่อมีน้ำตาลรีดิวซ์เกินพอเล็กน้อยในสารละลายอินดิเคเตอร์ แต่ methylene white ถูกออกซิไดซ์กลับไปเป็น methylene blue โดยออกซิเจนในอากาศได้ จึงควรกำจัดอากาศออกจากสารละลาย ดังนั้นการไทเทรตจึงควรทำขณะที่สารละลายกำลังเดือดเพื่อให้ไอน้ำไล่อากาศ

ทำการวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งประยุกต์ใช้วิธีของ Lane and Eynon มีขั้นตอนดังนี้ 1) เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ sucrose โดยใช้สารเคมีที่เป็น Fehlings solution A และ B เพื่อใช้เป็นตัวทดสอบ, methylene blue และ standard reducing sugar 2) เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทำตัวอย่างให้ใส โดยการเติม Clearing agent คือ Zinc ferrocynide 3) เตรียมตัวอย่างถั่วเหลืองฝักสดเพื่อวิเคราะห์หาความหวาน โดยใช้เมล็ดถั่วเหลืองแกะเอาฝักออกจำนวน 25 กรัม นำไปปั่นบดให้ละเอียด เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันและนำไปสะเทินด้วย 1N. NaOH โดยใช้ 1.0% Phenolphthalein indicator และนำไปต้มด้วยไฟอ่อนๆ ประมาณ 40 $^{o}$C นาน 15 นาที คนบ่อยๆ และเติมน้ำกลั่นเพื่อให้ปริมาตรคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 และปรับปริมาตร หลังจากเตรียมสารเคมีและตัวอย่างครบแล้ว จึงวิเคราะห์โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 การวิเคราะห์ คือ วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ และวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดที่อยู่ในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์ และนำไปไตรเตรทซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการปรับมาตรฐานของ Fehlings solution ที่เตรียมไว้ก่อน ขั้นตอนที่ 2 Preliminary Titration เป็นขั้นตอนการไตรเตรทสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเบื้องต้น และขั้นตอนที่ 3 Accrate Titration เป็นขั้นตอนที่ทำให้ทราบปริมาณของสารละลายตัวอย่าง (ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์) บันทึก

ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างตามสูตรการคำนวณต่อไปนี้ คือ

$$\% \text{ Reducing sugar} = \frac{\text{Factor} \times \text{Dilution } (W_2) \times 100}{\text{Titre} \times \text{Wt./Vol. of sample } (W_1)}$$

และคำนวณ % Total sagar (as reducing) คำนวณสูตรเดียวกันข้างต้นแต่ใช้ Titre volume ที่ได้จากการไตรเตรท Total sugar แทน

% Sucrose = 0.95 x (% Total sugar as reducing sugar - % Reducing sugar originally present)

% Total sugar = (% reducing sugar + % Sucrose)

# บทที่ 3
# วิธีการวิจัย

## สถานที่ดำเนินการวิจัย

ฟาร์มทดลองพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ประชากร

สายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่นำมาศึกษาจำนวน 18 สายพันธุ์ ได้แก่

1. MVB 2/292
2. MVB 3/379
3. MVB 4/382
4. MVB 5/383
5. MVB 6/384
6. MVB 7/385
7. MVB 8/386
8. MVB 9/387
9. MVB 10/388
10. MVB 11/389
11. MVB 12/346
12. MVB 13/LL
13. MVB 14/WL
14. MVB 16/SW
15. MVB 20/KS5
16. MVB 17/Green
17. MVB 1/DCM (Chamam·ae)
18. MVB Chakaori

## 3.1 วิธีการวิจัยการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม

### 3.1.1 สารเคมีที่ใช้เพื่อการสังเคราะห์สารมาตรฐาน 2 Actyl – 1 – pyrroline

| | | |
|---|---|---|
| 1. | 2 acetyl-1-pyrrole | บริษัท Merck |
| 2. | methanol | บริษัท Fluka |
| 3. | 5% rhodium on alumina | บริษัท Merck |
| 4. | silver carbonate on celite | บริษัท Merck |
| 5. | silver nitrate | บริษัท Fluka |
| 6. | celite | บริษัท Merck |
| 7. | sodium carbonate | บริษัท Fluka |
| 8. | benzene | บริษัท Merck |
| 9. | กรด hydrochoric (เข้มข้น) | บริษัท Merck |
| 10. | sodium hydroxide | บริษัท Fluka |
| 11. | dichloromethane | บริษัท Merck |
| 12. | sodium sulfate anhydrous | บริษัท Merck |
| 13. | 2,4,6-Trimethylpyridine | บริษัท Fluka |
| 14. | Silicone antifoam, assay 30% | บริษัท Fluka |
| 15. | Hydrogen gas | บริษัท Lanna Chiang Mai |
| 16. | Nitrogen gas | บริษัท Lanna Chiang Mai |
| 17. | Helium gas | บริษัท Lanna Chiang Mai |

### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการสังเคราะห์สารมาตรฐาน 2 Actyl – 1 – pyrroline

1. เครื่องชั่ง
2. ขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ลูกโป่งยาง
4. เครื่องกวนแม่เหล็ก
5. กระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน
6. เครื่องระเหยความดันต่ำ (Vacuum rotary evaporator)

7. Magnetic strirer
8. บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
9. กระดาษกรอง
10. เครื่อง Vacuum desicator
11. ชุดกลั่นไอน้ำ
12. Gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS)
13. Fourier transform Infrared spectrometer (FT-IR)

**3.1.3 วิธีการสังเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline**

ชั่งสารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole มา 0.60 กรัม ใส่ขวดทำปฏิกิริยากับลูกโป่งยางที่บรรจุก๊าซไฮโดรเจน แล้วเติมตัวทำละลาย methanol 25.00 มิลลิลิตร เขย่าจนสารตั้งต้นละลายหมด เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 5% rhodium on alumina 1.00 กรัม ใส่ลงไปในสารละลายขั้นต้น แล้วนำไปทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันกับ hydrogen gas ที่บรรจุในลูกโป่งยาง กับขวดทำปฏิกิริยา และคนสารละลายตลอดเวลาโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก ทำปฏิกิริยา 96 ชั่วโมง

เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด (สารตั้งต้นละลายหมด) ตรวจสอบด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี และ เทคนิคอินฟราเรดสเปคโทสโคปี จนแน่ใจว่าสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาหมด แล้วจึงหยุดปฏิกิริยา และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวเร่งปฏิกิริยาตกตะกอน แยกเอาสารละลายใสมากรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ เครื่องระเหยความดันต่ำ ได้สาร 2-(1-hydroxyethyl) pyrrolidine 0.220 กรัม หลังจากนั้น ชั่ง silver carbonate on celite 2.50 กรัม ใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวทำละลาย benzene 25.00 มล. และนำสารที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันใส่ตามลงไป นำไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับสารอื่น) โดยการ reflux ภายใต้บรรยากาศของ nitrogen gas เป็นเวลา 48 ชั่งโมง ได้สารละลาย 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิตหมัก ปล่อยให้สารละลายเย็น จากนั้นกรองเอา silver carbonate on celite ออก โดยใช้กระดาษกรอง วัดปริมาตรสารละลาย benzene ได้ 16.00 มล.

แบ่งสารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline มา 5.00 มล. ทำการสกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline ออกจากสารละลาย benzene โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 5.00 มล. 2 ครั้ง จากนั้นแยกเอาส่วนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทั้ง 2 ครั้งมารวมกัน ปรับ pH สารละลายให้เป็นเบสอ่อนๆ ด้วยสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 5.00 โมลต่อลิตร แล้วสกัดทันทีด้วยตัวทำละลาย dichloromethane ปริมาตร 10.00 มล. 2 ครั้ง นำชั้น dichloromethane มารวมกัน แล้วเติม sodium sulfate anhydrous เพื่อกำจัดน้ำและกรอง sodium sulfate anhydrous ออกด้วยกระดาษกรอง ได้สารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline ในตัวทำละลาย dichloromethane

ขั้นตอนต่อไปเมื่อได้สารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline ในตัวทำละลาย dichloromethane ทำการระเหยตัวทำละลายออก และนำไปวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟี / แมสสเปกโทรเมตรี GC/MS และเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี

ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารหอมในการทดลองนี้เลือกใช้คาปิลรีคอลัมน์ มีเฟสคงที่เป็น MS-5 เหมาะที่วิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจน และสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารประกอบพวกไนโตรเจน ดังนั้นคอลัมน์นี้จึงเหมาะที่ใช้วิเคราะห์สารหอม นอกจากนี้ยังใช้คาปิลารีคอลัมน์ DB-1 ที่มีเฟสคงที่เป็นสารที่ไม่มีขั้ว เหมาะกับการวิเคราะห์สารที่ไม่มีขั้ว หรือมีขั้วอ่อนๆ ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสารสกัดใช้ MS-5 ในการวิเคราะห์

**การเตรียมสารเคมีใช้วิเคราะห์ความหอม**

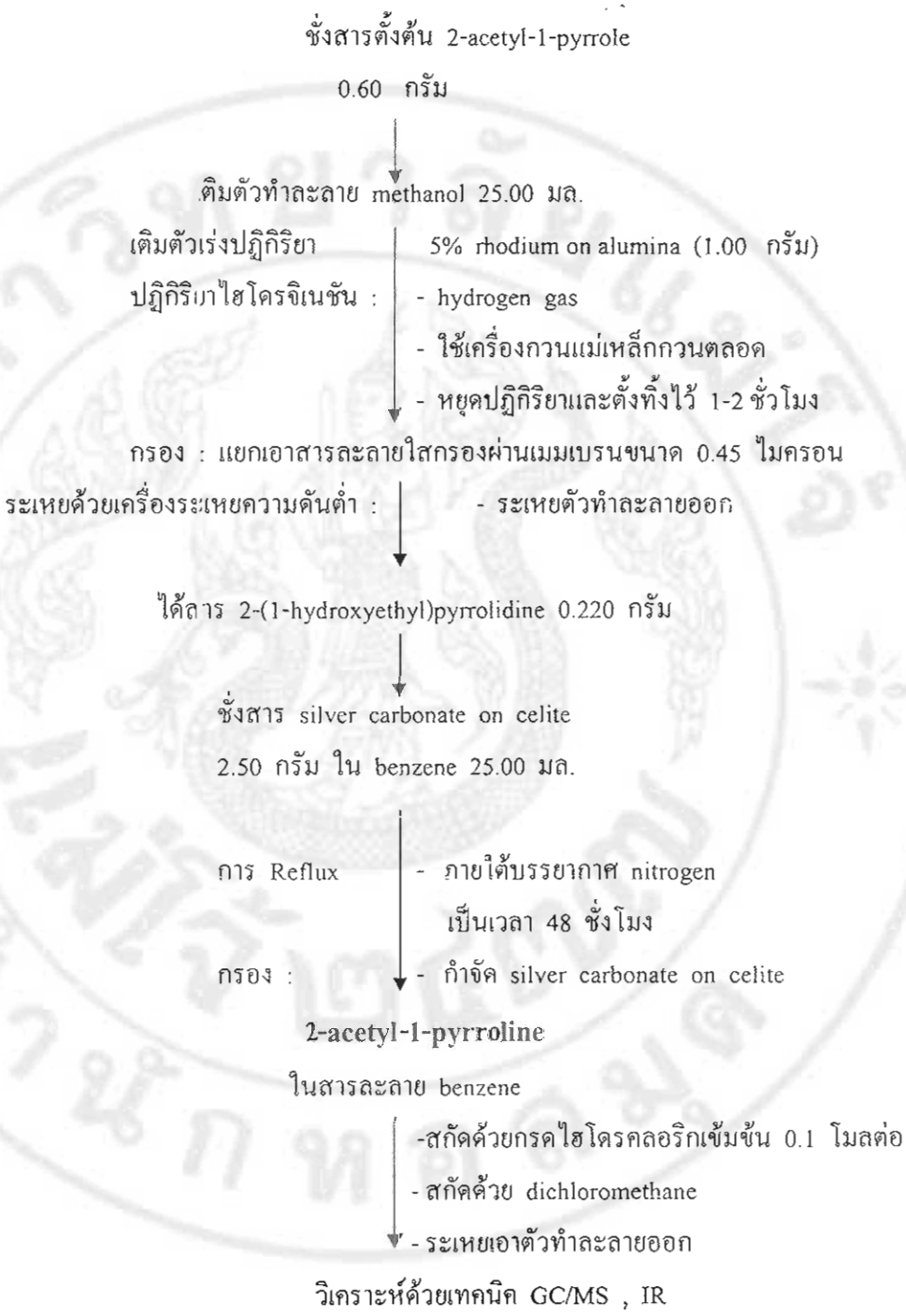
**การเตรียม silver carbonate on celite**

เตรียมสารละลายที่ 1 โดยเติม Silver nitrate 34 กรัม ลงในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนจนสารละลายหมด โดยใช้ magnetic stirrer จากนั้นเติม celite ลงไปอีก 30 กรัม คนต่ออีก 30 นาที

เตรียมสารละลายที่ 2 โดยเติม Sodium carbonate 30 กรัม ลงในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร คนจนสารละลายหมด

นำสารละลายที่ 1 และ 2 ผสมเข้าด้วยกันในบิกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร คนต่อไปอีก 15 นาที หรือจนกระทั่งเกิดตะกอนสีเขียว - เหลือง จากนั้นกรองตะกอนที่ได้นำไประเหยเอาน้ำออกภายใต้ความดัน และทำให้แห้ง โดยใช้ vacuum desicator จะได้สาร silver carbonate on celite ที่เป็นสีเขียวอมน้ำตาล

**สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline**



### 3.1.4 การวิเคราะห์ผลผลิตด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี และ เทคนิคอินฟราเรด สเปคโตสโคปี

นำสารตั้งต้น 2-acetyl-1- pyrrole และผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน มาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี และ ก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปีนี้ สารตั้งต้นนำมาผสมกับ KBr ที่เป็นของแข็งบดให้เข้ากัน แล้วนำไปอัดภายใต้ความดันได้สารเป็นแผ่นใสบางแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ ส่วนผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันและผลผลิตจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ใช้วิธีระเหยตัวทำละลายออกจนได้สารที่ข้น-หนืด หยดลงบนเซลล์ใส่สาร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ ส่วนของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี นำสารตั้งต้นมาละลายในตัวทำละลาย methanol ส่วนผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันในตัวทำละลาย methanol และผลผลิตจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในตัวทำละลาย dichloromethare มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรมิเตอร์ ใช้คอลัมน์ MS-5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร เคลือบด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) คือ 100% Dimethylpolysiloxane และมีสภาวะที่ใช้ในการทดลองดังนี้

**เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี**

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า | 250 | องศาเซลเซียส |
| โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้น 1 | 45 | องศาเซลเซียส |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 5 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 1 | 3 | นาที |
| อุณหภูมิที่ 2 | 60 | องศาเซลเซียส |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 2 | 3 | นาที |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 10 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อุณหภูมิสุดท้าย | 250 | องศาเซลเซียส |
| คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย | 10 | นาที |
| อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม | 1 | มิลลิลิตรต่อนาที |
| ปริมาตรสารที่ฉีด | 1 | ไมโครลิตร |

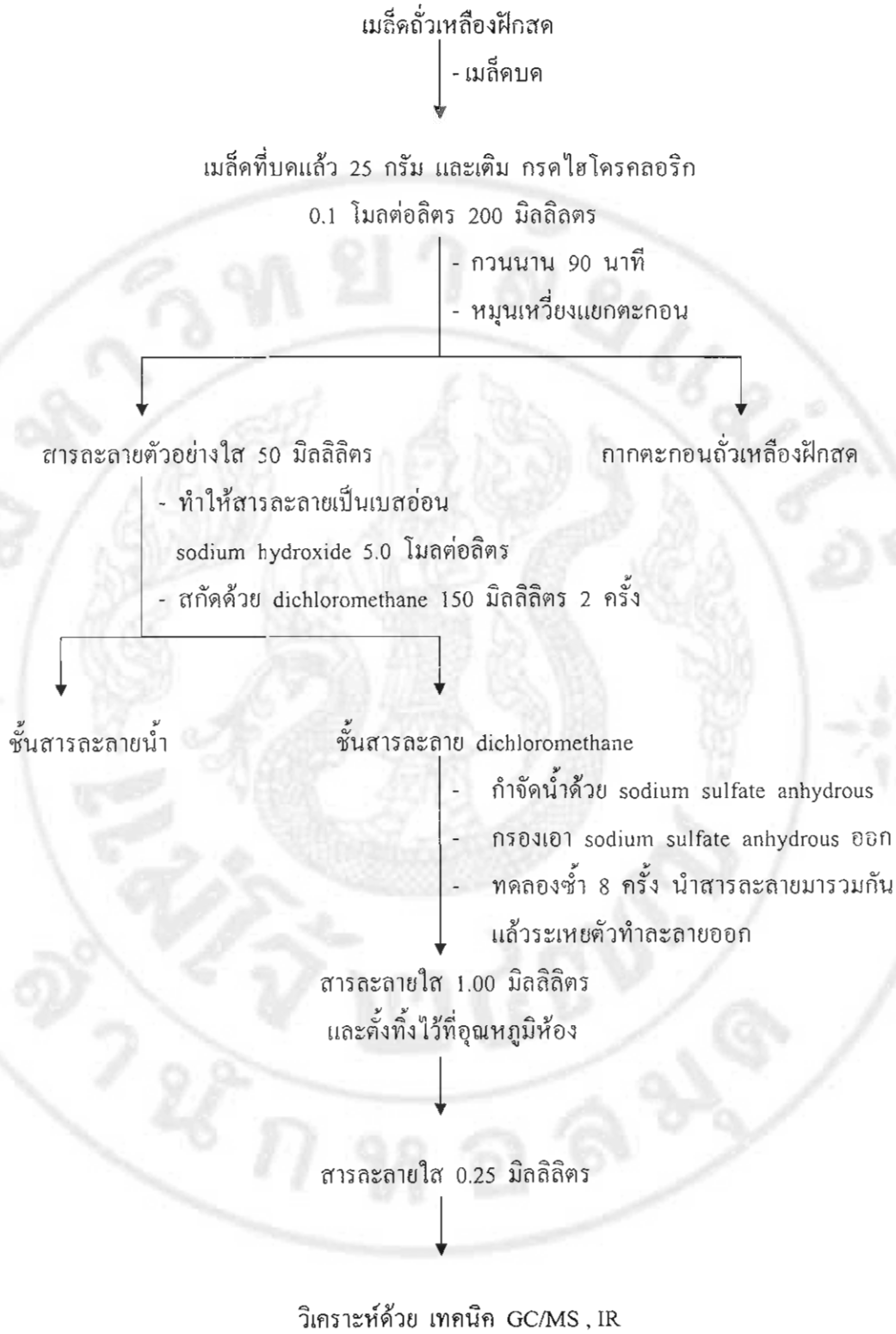
**เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์**

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ | 250 | องศาเซลเซียส |
| วิธีการผลิตไอออน | Electron Impact Ionization (EI) | |
| พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน | 70 | อิเล็กตรอนโวลท์ |
| อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน | 250 | องศาเซลเซียส |

หาเปอร์เซ็นต์ของสารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline ต่อผลผลิตทั้งหมดในตัวทำละลาย benzene และตัวทำละลาย dich oromethane โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี เพื่อคำนวณหาปริมาณสารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline ในตัวทำละลาย benzene (สารละลายที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน)

**3.1.5 การสกัดสารหอมจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก**

วิธีการสกัดสารหอมจากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด โดยการสกัดด้วยสารละลายกรด (hydrochloric acid) นำเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบด แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้ว น้ำหนัก 100 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร คนอย่างสม่ำเสมอด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก นานเป็นเวลา 90 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดตกตะกอน แล้วจึงดูดเอาสารละลายส่วนใสข้างบนมาหมุนเหวี่ยง เพื่อกำจัดอนุภาคของตะกอนจนได้สารละลายใส แล้วนำสารละลายปริมาตร 50.00 มิลลิลิตร มาทำให้เป็นเบสด้วยสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 5.0 โมลต่อลิตร และสกัดต่อทันทีด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ dichloromet1ane ปริมาตร 150 มิลลิลิตร สองครั้ง แยกเก็บชั้นของตัวทำละลาย dichloromethane มารวมกันแล้วจึงเติม sodium sulfate anhydrous เพื่อกำจัดน้ำ และนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกรองเอา sodium sulfate anhydrous ออก ทำการทดลองทั้งหมดซ้ำ 8 ครั้ง แล้วจึงนำสารละลายมารวมกันและนำมาระเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องหมุนระเหยความดันต่ำที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายมาบรรจุเก็บในขวดเก็บสารตัวอย่างโดยไม่ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเหลือปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร จึงนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบในสารสกัดด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี


เมล็ดถั่วเหลืองฝักสด
- เมล็ดบด
เมล็ดที่บดแล้ว 25 กรัม และเติม กรดไฮโดรคลอริก
0.1 โมลต่อลิตร 200 มิลลิลิตร
- กวนนาน 90 นาที
- หมุนเหวี่ยงแยกตะกอน
สารละลายตัวอย่างใส 50 มิลลิลิตร
กากตะกอนถั่วเหลืองฝักสด
- ทำให้สารละลายเป็นเบสอ่อน
sodium hydroxide 5.0 โมลต่อลิตร
- สกัดด้วย dichloromethane 150 มิลลิลิตร 2 ครั้ง
ชั้นสารละลายน้ำ
ชั้นสารละลาย dichloromethane
- กำจัดน้ำด้วย sodium sulfate anhydrous
- กรองเอา sodium sulfate anhydrous ออก
- ทดลองซ้ำ 8 ครั้ง นำสารละลายมารวมกัน
แล้วระเหยตัวทำละลายออก
สารละลายใส 1.00 มิลลิลิตร
และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
สารละลายใส 0.25 มิลลิลิตร
วิเคราะห์ด้วย เทคนิค GC/MS , IR

ใช้คอลัมน์ MS-1 และมีสภาวะการทดลองคล้ายกับในการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrroline แต่จะเปลี่ยนโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ดังนี้

เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า | 250 | องศาเซลเซียส |
| โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้น 1 | 45 | องศาเซลเซียส |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 5 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 1 | 3 | นาที |
| อุณหภูมิที่ 2 | 60 | องศาเซลเซียส |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 2 | 3 | นาที |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 10 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อุณหภูมิสุดท้าย | 250 | องศาเซลเซียส |
| คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย | 10 | นาที |
| อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม | 1 | มิลลิลิตรต่อนาที |
| ปริมาตรสารที่ฉีด | 1 | ไมโครลิตร |

การฉีดสารแบบสปลิตเลส (Spitless injection)

เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ | 250 | องศาเซลเซียส |
| วิธีการผลิตไอออน | Electron Impact Ionization (EI) | |
| พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน | 70 | อิเล็กตรอนโวลท์ |
| อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน | 250 | องศาเซลเซียส |

## 3.2 วิธีการวิจัยวิเคราะห์หาปริมาณความหวาน

### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์หาความหวาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. Burette | ขนาด | 50 | ml |
| 2. Erlenmeyer flask | | 250 | ml |
| 3. Volumetric flask | | 50 , 100 | ml |
| 4. บีกเกอร์ | | 50 , 100 , 250 , 500 | ml |
| 5. กระบอกตวง | | 50 | ml |
| 6. กระดาษกรอง เบอร์ 4 | | 9 | cm |

7. แท่งแก้วขนสาร
8. เครื่องชั่งสาร 2 และ 3 ตำแหน่ง
9. Hot plate
10. Magnetic bar
11. เครื่อง Vacuum

### 3.2.2 สารเคมีที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์หาความหวาน

1. Copper sulphate
2. Rochelle salt (Potassium sodium tartrate)
3. Methylene Blue (indicator)
4. Sucrose AR-Grade
5. HCL (conc)
6. กรดซิตริก
7. NaOH
8. 1.0% Phenolphthalein (indicator)
9. Acetic acid
10. Potassium ferrocyanide

### 3.2.3 วิธีดำเนินการทดลองในการวิเคราะห์หาความหวาน (Sucrose)

**การเตรียมสารเคมี Fehlings solution เพื่อใช้เป็นตัวทดสอบ และ Standard**

1. Fehling solution A เตรียมโดยสารละลายชั่ง copper sulplate 34.64 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป คนให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 500 มิลลิลิตร

2. Fehling solution B เตรียมสารละลาย 173 กรัม ของ Rochelle salt (potassium sodium tartrate) และชั่ง 50 กรัมของ NaOH ลงในน้ำกลั่น คนให้สารละลายเข้ากัน เติมน้ำกลั่นลงไปและให้สารละลายทั้งหมดมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3. Methylene Blue indicator เตรียมโดยละลาย 1 กรัมของ methylene blue ลงใน 100 มล. ของน้ำกลั่น

4. Standard Reducing Sugar เตรียมโดยใช้ Sucrose AR-Grade 4.75 กรัม ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 500 มล. เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มล. และเติม HCL (conc) เข้มข้นจำนวน 2.5 มล. ตั้งทิ้งไว้ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 20-25 °C เพื่อให้เกิดขบวนการ Inversion อย่างสมบูรณ์แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

หมายเหตุ ขั้นตอนในการเตรียม standard reducing sugar เป็นการเตรียมเพื่อทำให้น้ำตาล sucrose สามารถทำปฏิกิริยาได้ คือ Sucrose เป็นน้ำตาล Non Reducing ซึ่งการทำให้ Sucrose สามารถเป็นน้ำตาล Reducing โดยการเติม HCL เพื่อให้เปลี่ยนจาก Sucrose เป็น Fructose และ Glucose ซึ่ง Sucrose เกิดจาก Fructose+Glucose ในขั้นตอนนี้ Standard จะมีสภาพเป็นกรด ฉะนั้นในการปรับ Fehling จึงต้องเพิ่มด่าง (NaOH) เพื่อให้มีสภาพเป็นกลาง

**การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทำตัวอย่างให้ใส**

เพราะในการเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างที่ได้อาจทำให้ตัวอย่างที่ได้มีความขุ่น ซึ่งอาจเกิดจากกากของตัวอย่าง เช่น ถั่วเหลืองฝักสดที่หลังจากการสกัดมีกาก และตะกอน แม้จะทำการกรองหลายๆ ครั้ง และความขุ่นของตัวอย่างยังเกิดจากแป้งที่ติดมากับสารละลายตัวอย่างที่ละลายผสมอยู่กับ sucrose จึงทำให้ตัวอย่างไม่ใส ซึ่งมีผลต่อการทดลองในการไตรเตรท เพราะทำให้สังเกตจุดยุติได้ยาก และในสารละลายตัวอย่างที่ได้ เมื่อมีแป้งผสมยังมีผลต่อการทดลอง เพราะในการทดสอบน้ำตาล reducing แป้งทำปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งทำให้ค่าในการทดสอบที่ได้คลาดเคลื่อน จึงต้องมีการกรองและทำตัวอย่าง

ให้ใส ซึ่งทำโดยการเติม Clearing agent ที่นิยมคือ Zinc ferrocyanide ที่ใช้ในรูปของ Carrez Solution I และ Carrez Solution II ซึ่งมีวิธีการเตรียมและใช้ดังนี้คือ

1. การเตรียม Carrez Solution I เตรียมโดยละลาย 21.9 กรัมของ Zinc acetate ferrocyanide ลงในน้ำกลั่นที่มี acetic acid 3 กรัม ปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มล.

2. การเตรียม Carrez solution II เตรียมโดยละลาย 10.6 กรัม ของ Potassium ferrocyanide ลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มล.

3. วิธีการใช้ Clearing agent

เมื่อสกัดสารละลายจากตัวอย่างได้แล้ว ก่อนที่จะเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ $W_2$ นั้น ให้เติมสารละลาย Carrez Solution I จำนวน 5 มล. ลงในสารละลายตัวอย่าง เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วเติมสารละลาย Carrez solution จำนวน 5 มล. ลงไป เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร $W_2$ แล้วจึงนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วจึงนำสารละลายที่กรองได้ไปใช้ ในกรณีที่ทำข้างต้นแล้วสารละลายตัวอย่างยังไม่ใส ให้ทำใหม่โดยใช้ปริมาตรของ Carrez Solution I และ II เพิ่มขึ้นเป็นอย่างละ 10 มล.

**การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความหวานของถั่วเหลืองฝักสด**

1. เริ่มจากนำตัวอย่างที่ได้มาแกะเอาแต่เมล็ดด้านใน โดยแกะเอาฝักออก เมื่อแกะเรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างถั่วเหลืองฝักสดมาชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ( $W_1$)

2. นำตัวอย่างที่ชั่งได้ไปบดปั่นให้ละเอียด ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มล. คนให้เข้ากัน

3. นำตัวอย่างที่เติมน้ำกลั่นแล้วไปสะเทินตัวอย่างด้วย 1 N. NaOH โดยใช้ 1.0% Phenolphthalein เป็น indicator

4. เมื่อสะเทินเสร็จแล้ว นำตัวอย่างไปต้มด้วยไฟอ่อนๆ ประมาณ 40 °C นาน 15 นาทีและคนบ่อยๆ คอยเติมน้ำกลั่นเพื่อให้ปริมาตรคงที่ การต้มนี้ช่วยให้น้ำตาล sucrose ละลายออกมาเป็นสารละลายได้ดียิ่งขึ้น หลังจากครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ก็ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ให้เย็น

5. นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 เทสารละลายที่ได้ลงใน volumetric flask แล้วจึงเติมน้ำให้ครบปริมาตรของ volumetric flask ( $W_2$)

### 3.2.3 วิธีวิเคราะห์

หลังจากที่ได้เตรียมสารเคมี และเตรียมตัวอย่างได้ครบทั้งหมดแล้ว ในขั้นตอนของการวิเคราะห์นั้น เราจะแบ่งตัวอย่างที่สกัดไว้ออกเป็น 2 ชุด คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดที่อยู่ในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์

**การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (ขั้นตอนที่ 1)**

เป็นวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีน้ำตาลหลายตัว (Glucose+Fructose+Sucrose) ในการวิเคราะห์นี้ไม่สามารถวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดขั้นต้นได้ เนื่องจากน้ำตาลที่สามารถวิเคราะห์ได้ต้องเป็นน้ำตาล Reducing ได้เท่านั้น ในการใช้วิธีนี้ซึ่งก็คือ Glucose และ Fructose แต่ในส่วนของ Sucrose เป็นน้ำตาลที่ไม่สามารถรีดิวซ์ได้ (non reduce) จึงทำให้ผลที่ได้นั้นไม่รวมถึงปริมาณของ sucrose ฉะนั้นถ้าจะหาปริมาณน้ำตาล sucrose ได้นั้นจำเป็นต้องหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วย คือขั้นตอนที่ 2 แล้วจึงนำมาคำนวณหักออกอีกที

ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ของน้ำตาลรีดิวซ์ ขั้นตอนที่ 1 จะเหมือนกันกับ ขั้นตอนที่ 2 คือ การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด แต่มีส่วนที่ต่างกันในขั้นตอนที่ 2 คือส่วนนี้ต้องเติมกรดซิตริกลงไปในตัวอย่าง แต่ถ้าขั้นตอนที่ 1 ไม่ต้องเติม โดยข้ามไปข้อถัดไปเลย เพราะในส่วนของการเติมกรดซิตริกเป็นการเปลี่ยนรูปของ sucrose ให้เป็น glucose+fructose เพื่อให้สามารถ reduce ได้และนำไปต้มให้เดือดนาน 30 นาที ให้เกิดการอินเวอร์ทอย่างสมบูรณ์ (Completely inversion) ของซูโครสที่มีอยู่เมื่อเสร็จแล้วนำตัวอย่างไปทำให้ใส แล้วนำไปไตรเตรท

**การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์ (ขั้นตอนที่ 2)**

ในการวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์นั้นเป็นการวิเคราะห์น้ำตาลที่สามารถจะรีดิวซ์ได้ทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งถ้าเป็นการหาน้ำตาลรีดิวซ์อย่างเดียว (ขั้นตอนที่ 1) น้ำตาลซูโครสไม่ถูกรีดิวซ์ไปด้วยจึงยังไม่สามารถทราบปริมาณทั้งหมดและปริมาณของ sucrose

ในส่วนของขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการหาน้ำตาลทั้งหมดโดยน้ำตาล sucrose ที่มีอยู่ในตัวอย่างถูกรีดิวซ์รวมด้วย คือ glucose+fructose+sucrose เพราะว่า เติมกรดซิตริกเพื่อทำให้ sucrose เปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่สามารถรีดิวซ์ได้ (glucose+fructose)

**การทำให้สารละลายตัวอย่างใส**

หลังจากเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์แล้ว นำสารละลายที่สกัดได้มาทำให้สารละลายใส เพราะในขั้นตอนต่อไปในการวิเคราะห์นั้นใช้จุดยุติของการไตรเตรทโดยดูจากการเปลี่ยนสี ฉะนั้นถ้าตัวอย่างไม่ใสจะทำให้เราเห็นจุดยุติได้ยากและทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนไป จึงจำเป็นต้องทำให้สารละลายใสก่อนนำไปวิเคราะห์

วิธีทำโดยใช้ Clearing agent เมื่อสกัดสารละลายจากตัวอย่างได้แล้ว ก่อนที่จะเติมน้ำกลั่นเพื่อให้ครบปริมาตร $W_2$ นั้นให้เติมสารละลาย Carrez solution I จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่าง เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วเติม Carrez solutipn II จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงไปเขย่าเป็นเวลาอีก 1 นาที แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร $W_2$ นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วจึงนำสารละลายที่กรองได้ไปใช้

**การไตรเตรท**

การไตรเตรทเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลต่างๆ ในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการปรับมาตรฐานของ Fehling's solution ที่เตรียมไว้ก่อน ทั้งนี้เพื่อให้ทราบว่า Mixed Fehling's solution แต่ละชุดนั้น จำนวนกี่มิลลิลิตรที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐานที่แน่นอนจำนวนหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 คือขั้นตอน Preliminary titration หรือขั้นตอนการไตรเตรทสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเบื้องต้น เพื่อให้ทราบปริมาณโดยประมาณของสารละลายตัวอย่างที่สารมารถรีดิวซ์กับ Cu (copper) ที่มีใน Mixed Fehling's solution จำนวนที่ทราบได้จากขั้นตอนที่ 1 ได้ ทั้งนี้เพราะความแม่นยำของการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความรวดเร็วของปฏิกิริยารีดักชั่นที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่ควรเกิน 3 นาที

ขั้นตอนที่ 3 คือขั้นตอนของ Accrate titration เป็นขั้นตอนที่ทำให้ทราบปริมาณของสารละลายตัวอย่าง (ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Mixed Fehling's solution จำนวนที่ทราบได้จากขั้นตอนที่ ได้พอดีอย่างแท้จริง ทั้งนี้เพราะระยะเวลาในการทำงานขั้นตอนนี้รวดเร็วกว่าขั้นตอนที่ 2 โดยเป็นไปในระยะเวลาที่กำหนด การไตเตรทในแต่ละขั้นตอนจะเป็นดังนี้คือ

การปรับมาตรฐานของ Fehling's solution ดังต่อไปนี้คือ

1. ตวงสารละลาย Fehling's solution A จำนวน 50 มิลลิลิตร และตวงสารละลายจาก Fehling's solution B จำนวน 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างแท้จริง ตวงสารละลายผสม (Mixed Fehling's solution ) มา 10 มิลลิลิตร อย่างแท้จริง ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 50 มิลลิลิตร เขย่าให้กัน

2. ตวงสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐาน (Standard reducing sugar จากสารเคมีที่เตรียมไว้ข้อที่ 4) จำนวน 25 มิลลิลิตรใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วหยด 1.0% Phenolphthalin ลงไป 2-3 หยด แล้วจึงสะเทินด้วยสารละลาย 20 % NaOH จนกระทั่งสีชมพูอ่อนปรากฏขึ้น ต่อมาค่อยๆ หยดสารละลาย 1 N HCl (หยดต่อหยด) จนกระทั่งสีชมพูอ่อนนั้นหายไปพอดีเติมน้ำกลั่นลงไปให้ครบ 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐาน ซึ่ง 1 มล. ของสารละลายนี้มีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ 2.5 มิลลิกรัม (= 2.5/1000 กรัม) สารละลายนี้ใช้ปรับมาตรฐานปริมาณของสารละลาย Fehling ในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์

3. ใส่สารละลาย mixed Fehling 10 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้จากข้อที่ 1 ข้างต้น โดยเติมลงไปประมาณ 17 - 19 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำทั้งหมดไปต้มบน hotplate โดยปล่อยให้สารละลายทั้งหมดเดือดนาน 2 นาที (คอยรักษาอุณหภูมิไม่ให้เดือดจนสารละลายล้นออกมา) สีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงแกมม่วงและมีตะกอนสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้น แล้วจึงเติม Methylene Blue ลงไป 1-2 หยด (สารละลายจะ ปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน) และเมื่อเดือดอีกครั้งทำการไตรเตรทต่อ โดยหยดสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐานลงไป ควบคุมให้ถึงจุดยุติภายใน 1 นาที

จุดยุติของการไตรเตรทนี้ คือ การเกิดตะกอนสีส้มแดงขึ้น และของ methylele blue จางหายไปโดยสิ้นเชิงในขณะที่สารละลายยังเดือดอยู่ ดังนั้นในระหว่างการไตรเตรทถ้ามีการขัดขวางการเดือดของสารละลายด้วยสาเหตุใด methylene blue จะถูก oxidized กลับเป็นสีน้ำเงินได้ง่าย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิลดลง อากาศจะกลับเข้าไปปนเปื้อนในสารละลายได้ง่าย ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้น

4. ปริมาณของสารละลาย Standard reducing sugar ที่ใช้ในการรีดิวซ์สารละลาย mixed Fehling จำนวน 10 มิลลิลิตร ครั้งนี้ ควรมีปริมาตรทั้งหมดระหว่าง 20.37 $\pm$ 0.05 มล. แต่ถ้าค่าแตกต่างไปจากนี้มาก ให้ปรับปริมาตรของสารละลาย Fehling ที่ใช้จนกระทั่งสามารถทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐานในช่วง 20.37 $\pm$ 0.05 มิลลิลิตร

5. จากการปรับมาตรฐานของ mixed fehling's solution โดยนำค่าที่ได้ไปใช้คำนวณค่า Factor ของ Fehling's solution ซึ่งหมายถึงจำนวนของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับจำนวนของสารละลาย Fehling จำนวนหนึ่งที่ใช้ในการไตรเตรทได้ดังนี้คือ

$$\text{Factor for Fehling's solution (g. of invert sugar)} = \frac{[\text{Titre} \times 2.5]}{1000}$$

ค่า Factor for Fehling's solution นี้ ถูกนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายตัวอย่างต่อไป

หมายเหตุ

1. เมื่อต้องไตรเตรทตัวอย่างโดยใช้ mixed Fehling's solution ที่เตรียมขึ้นใหม่แล้วต้องปรับมาตรฐานเช่นนี้ทุกครั้ง

2. ค่าของปริมาตรที่ไตรเตรทได้จากการปรับมาตรฐานของ Fehling รวมกับปริมาตรที่ใส่สารมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ที่เติมลงไปก่อนหน้านี้ ประมาณ 17-19 มิลลิลิตร

การทำ **Preliminary Titration** ทำเป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1. ตวง mixed Fehling's sol$^{n}$ จำนวน 10 มิลลิลิตร หรือตามปริมาตรที่ปรับได้ในหัวข้อการปรับมาตรฐานของ mixed Fehling's solution ข้างต้น ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร ลงไป เขย่าให้เข้ากัน

2. เติมสารละลายตัวอย่างที่ถูกกรองจนใสแล้วลงใน Burette

3. ต้ม mixed Fehling's sol$^{n}$ บน hotplate จนเดือด (เดือดมาก และตลอดเวลา) เริ่มทำการไตรเตรท โดยหยดสารละลายตัวอย่างลงใน mixed Fehling's sol$^{n}$ ที่ต้ม ใส่ magnetic bar กวนตลอดเวลา และค่อยระวังไม่ให้สารละลายล้นออกมา

4. สังเกตดูสีของสารละลายใน flask เมื่อสีน้ำเงินเปลี่ยนจวนจะหมดไปให้เติม methylene blue ประมาณ 3-5 หยด (ยังต้มอยู่) เติมสารละลายตัวอย่างลงไปเพิ่มเติม (สารละลายเดือดตลอดเวลา) เพื่อให้ถึงจุดยุติโดยเร็ว

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไปทั้งหมด ปริมาตรนี้เป็นปริมาตรโดยประมาณเท่านั้น ความแม่นยำขึ้นกับระยะเวลาที่ถึงจุดยุติ

**การทำ Accutate Titration** ทำเป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1. เตรียม 10 มิลลิลิตร ของ mixed Fehling's solution หรือปริมาตรที่ใช้ในขั้นตอน Preliminary titration ใส่ลงไปใน flask ต้มให้เดือด

2. เติมสารละลายตัวอย่างที่มีน้ำตาลรีดิวซ์ในบิวเรต ลงไปในปริมาตรที่น้อยกว่าปริมาตรที่ได้จากการไตรเตรทในช่วง Preliminary titration ประมาณ 0.5-1.0 มิลลิลิตร (เช่นถ้าปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ใน Preliminary titration เท่ากับ 22 มิลลิลิตร แล้ว ในครั้งนี้เติมสารละลายตัวอย่างลงใน mixed Fehling's solution ประมาณ 20.5 – 21 มิลลิลิตร เป็นต้น แล้วค่อยเติมลงใน mixed Fehling's solution ทีละน้อยจนหมด (สารละลายเดือดตลอดเวลา) หลังจากนั้นคอยสังเกตสีของสารละลายที่เปลี่ยนไป แล้วจึงหยด methylene blue ประมาณ 2-3 หยด จึงทำการไตรเตรทต่อจนถึงจุดยุติ

3. ทำการไตรเตรทเช่นเดียวกับในการไตรเตรทของ Preliminary titration แต่การไตรเตรทครั้งนี้ควรเสร็จสิ้นในระยะเวลาอันสั้น (ไม่ควรเกิน 3 นาที)

4. บันทึกปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างตามสูตรการคำนวณต่อไปนี้ คือ

$$\% \text{ Reducing sugar} = \frac{\text{Factor} \times \text{Dilution } (W_2) \times 100}{\text{Titre} \times \text{Wt./Vol. of sample } (W_1)}$$

**การคำนวณ % Total sagar** (as reducing) คำนวณสูตรเดียวกันข้างต้นแต่ใช้ Titre volume ที่ได้จากการไตรเตรท Total sugar แทน (คำนวณความเข้มข้นย้อนกลับไปยังความเข้มข้นตั้งต้นด้วย เพราะในกรณีนี้ได้ทำ Double dilution ดูจากหมายเหตุของการเตรียมตัวอย่าง)

% Sucrose = 0.95 x (% Total sugar as reducing sugar - % Reducing sugar originally present)

% Total sugar = (% reducing sugar + % Sucrose)

หรือ การคำนวณย้อนกลับของปริมาตรตั้งต้นที่ใช้ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ใช้ (Original sample) 25 g

Reducing Vol. 50 มล.

Mixed Fehling;s sol$^{n}$ A+B = 10 มล.

Standard Reducing (จากการไตรเตรท) = 20.4 มล.

$$\text{Factor for Fehling's solution (g. of invert sugar)} = \frac{[20.4 \times 2.5]}{1000}$$

$$= 0.051 \text{ g.}$$

Sample 25 มล.($W_1$) ปรับปริมาตร 100 มล.($W_2$) = 42.5 มล.

($W_2$) $$= \frac{0.051 \times 100}{42.5}$$

Sample 25 มล. = 0.12 g

Reducing Vol. 50 มล. $$= \frac{0.12 \times 50}{25}$$

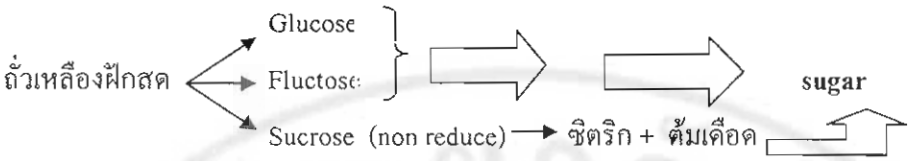
Original sample 25 g = 0.24 g

% Sucrose = (Total sugar as reducing sugar - Reducing sugar originally present)

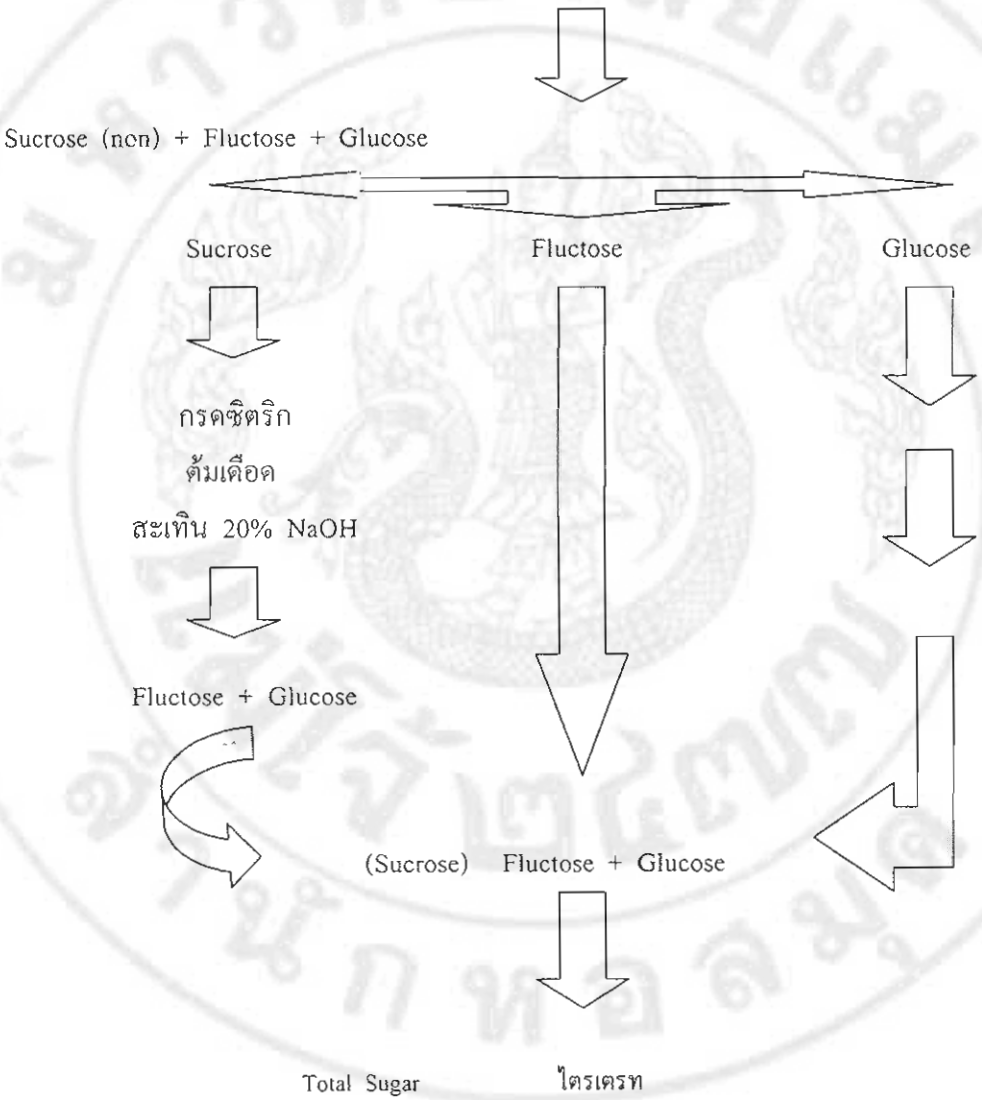
(Titre ขั้นตอนที่ 2) (Titre ขั้นตอนที่ 1)

% Total sugar = (% reducing sugar + % Sucrose)

**สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำตาลซูโครส**




ตัวอย่าง (ถั่วเหลืองฝักสด)



## 3.3 การศึกษาองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา

### 3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดองค์ประกอบผลผลิต

1. ไม้เมตรวัดความสูง
2. เวอร์เนีย
3. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์
4. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง
   - สูตร 15-15-15
   - สูตร 46-0-0
   - สูตร 13-13-21
   - ปุ๋ยน้ำเฟตริลอน – คอมบิ 1
5. สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง
   5.1 ชื่อการค้า ฟูราดาน 3 จี (furadan 3 g)
   ชื่อสามัญ คาร์โบฟูราน (carbofuran)
   ชื่อสารเคมี 2,3-dihy dro-2,-dimethy-7-benzofuranyl,methylcarcabamete
   5.2 ชื่อการค้า แลนแนท (lannet)
   ชื่อสามัญ methomyl
   ชื่อสารเคมี s-methyl-n-(metylcabamyoxy)thioactimdate
6. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช
   6.1 ชื่อการค้า เบนเลท โอดี
   ชื่อสามัญ bennomyl
   ชื่อสารเคมี methyl 1- (butycarbamoyl)-2-benzimidazole-2-butycarbamate 50% w.p.

### 3.3.2 วิธีดำเนินงานคุณภาพผลผลิต

1. ทำการทดลอง ณ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

2. ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (replication) จำนวน 18 สิ่งทดลอง (treatment) มีทั้งหมด 54 แปลง แปลงทดลองมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 13 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างซ้ำ 1 เมตร

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การเตรียมดินและขึ้นแปลงปลูก

3.2 การปลูก ใช้อัตราปลูกหลุมละ 3 – 5 เมล็ด / หลุม ให้น้ำทันทีหลังปลูก ถอนให้เหลือ 2 ถึง 3 ต้นต่อหลุม หลังปลูก 12 วัน

3.3 การให้ปุ๋ย โดยรองก้นหลุมก่อนปลูกด้วยปุ๋ยสูตร 0-46-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใช้ปุ๋ยหมักและหินฟอสเฟตรองก้นหลุม แบ่งการใส่ปุ๋ยออกเป็น 3 ครั้ง คือครั้งแรกใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 12 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 28 วัน และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 45 วัน

3.4 การให้น้ำให้หลังจากหยอดเมล็ดทันที และให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ 7 – 10 วันต่อครั้ง และให้น้ำทุกครั้งหลังการให้ปุ๋ย และต้องไม่ให้ถั่วเหลืองฝักสดขาดน้ำในระยะติดฝัก เพราะว่าช่วงนี้ถั่วขาดน้ำจะทำให้ฝักและเมล็ดมีคุณภาพผลผลิตที่ต่ำ การให้น้ำจะให้แบบตามร่อง

3.5 การกำจัดวัชพืช ฉีดสารเคมีกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก และการกำจัดด้วยมือ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกหลังปลูก 21 วัน และครั้งที่ 2 หลังจากปลูก 48 วัน

3.6 การป้องกันและกำจัดแมลง ด้วย เลนเนท โดยการฉีดพ่นหลังปลูก 12-14 วัน และกำจัดเชื้อราด้วย ไดเทน-เอ็ม 45 และเบนเลทผสมกันแล้วฉีดพ่น ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูถั่วเหลืองฝักสด ทุกๆ สัปดาห์ และหยุดฉีดพ่นสารเคมี ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 – 3 สัปดาห์

3.7 ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต

3.8 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเมล็ด และปริมาณสารความหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดในห้องปฏิบัติการอินทรีย์เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.9 วิเคราะห์ผลการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

### 3.3.3 การเก็บบันทึกข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลลักษณะทางคุณภาพ
   1.1 ลักษณะสีเมล็ด และ ฝัก
   1.2 ลักษณะสีดอก และ ใบ
2. การเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร
   2.1 ความสูงหลังหยอดเมล็ด 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 53 วัน
   2.2 วันออกดอกแรก
   2.3 วันออกดอก 50%
   2.4 วันออกดอกทั้งหมด
   2.5 วันเก็บเกี่ยว
   2.6 จำนวนข้อต่อต้น
   2.7 จำนวนกิ่งต่อต้น
   2.8 น้ำหนักใบสด
   2.9 น้ำหนักลำต้น + กิ่ง
3. การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต
   3.1 จำนวนฝักต่อต้น
      3.1.1 จำนวนฝักที่มี 3 เมล็ด
      3.1.2 จำนวนฝักที่มี 2 เมล็ด
      3.1.3 จำนวนฝักที่มี 1 เมล็ด
      3.1.4 จำนวนฝักเสีย
   3.2 น้ำหนักฝักต่อต้น
      3.2.1 น้ำหนักฝักที่ 1 เมล็ดต่อฝัก
      3.2.2 น้ำหนักฝักที่ 2 เมล็ดต่อฝัก
      3.2.3 น้ำหนักฝักที่ 3 เมล็ดต่อฝัก
      3.2.4 น้ำหนักฝักเสีย
   3.3 ขนาดฝัก (กว้างxยาวxหนา)
   3.4 ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
4. ปริมาณคลอโรฟิลล์หลังปลูก 20, 30, 40 และ 50 วัน

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

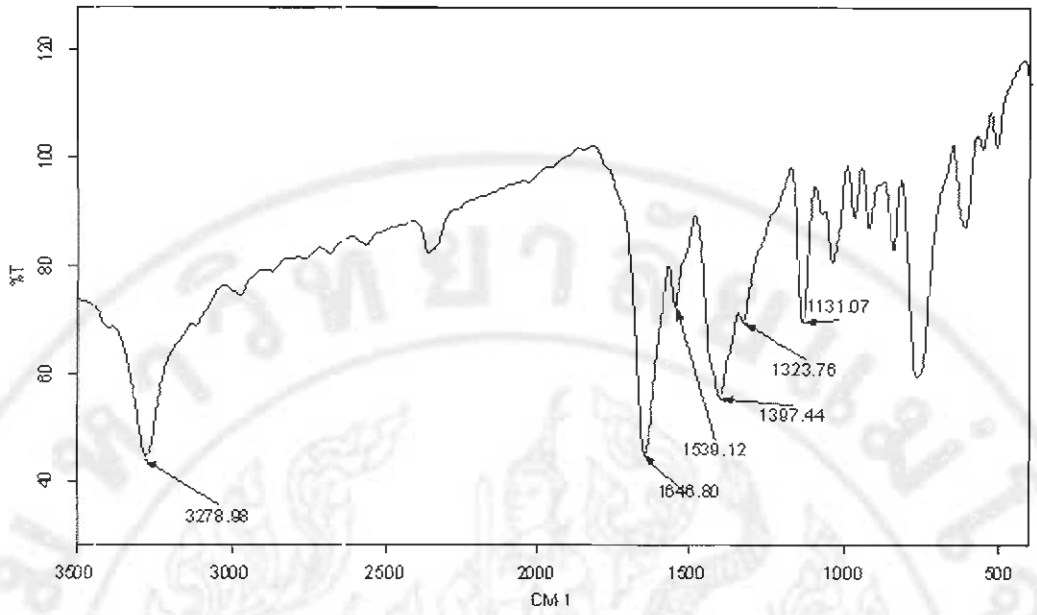
## 4.1 ผลการสังเคราะห์และวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสด

### 4.1.1 ผลการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline

ในการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการบอกชนิดและปริมาณของสารหอมในตัวอย่างของถั่วเหลืองฝักสดที่วิเคราะห์นั้น สามารถเตรียมการสังเคราะห์โดยนำ 2-acetyl-1-pyrrole ซึ่งเป็นสารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน เป็นระยะเวลา 4 วัน โดยมี 5% rhodium on alumina เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำผลผลิตที่ได้มาทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมี silver carbonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์เร่งปฏิกิริยาในตัวทำละลาย benzene จะได้สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิตหมัก แล้วนำสาร 2-acetyl-1-pyrrole และผลผลิตที่ได้จากทั้งสองปฏิกิริยาที่ทำการสังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี เพื่อพิสูจน์โครงสร้าง และ วิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์สารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี

เมื่อนำสารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มาผสมกับ KBr ที่เป็นของแข็ง บดให้เข้ากันแล้วนำไป อัดภายใต้ความดันจะได้สารเป็นแผ่นบางใส แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี ได้ผลอินฟราเรดสเปคตรัม ดังภาพ 1 และรายละเอียดการวิเคราะห์อินฟราเรดสเปคตรัมของสาร 2-acetyl-1-pyrrole แสดงในตาราง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับหมู่ฟังก์ชันของ 2-acetyl-1-pyrrole



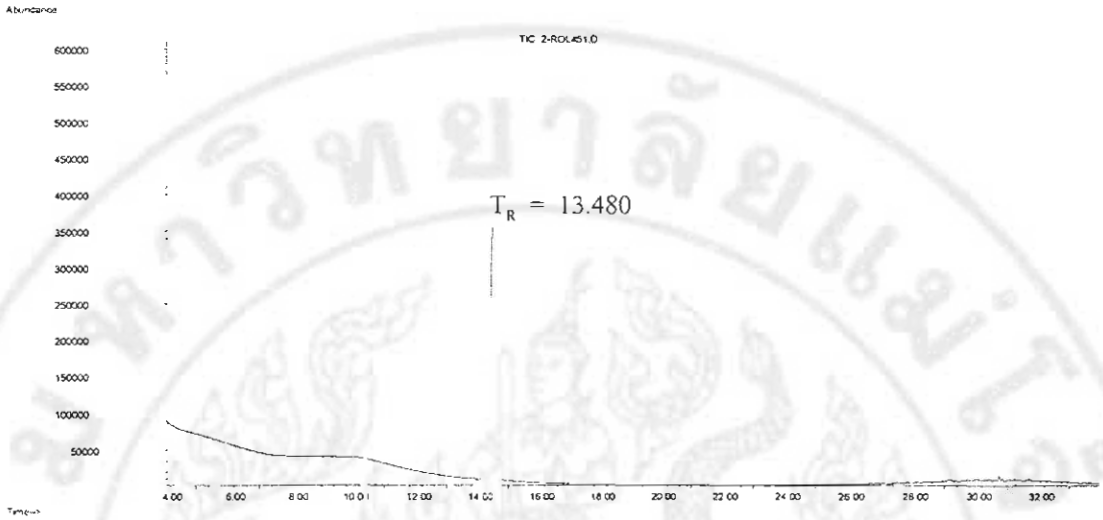

Wavenumber ($cm^{-1}$)

ภาพ 1 แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ 2-acetyl-1-pyrrole

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี

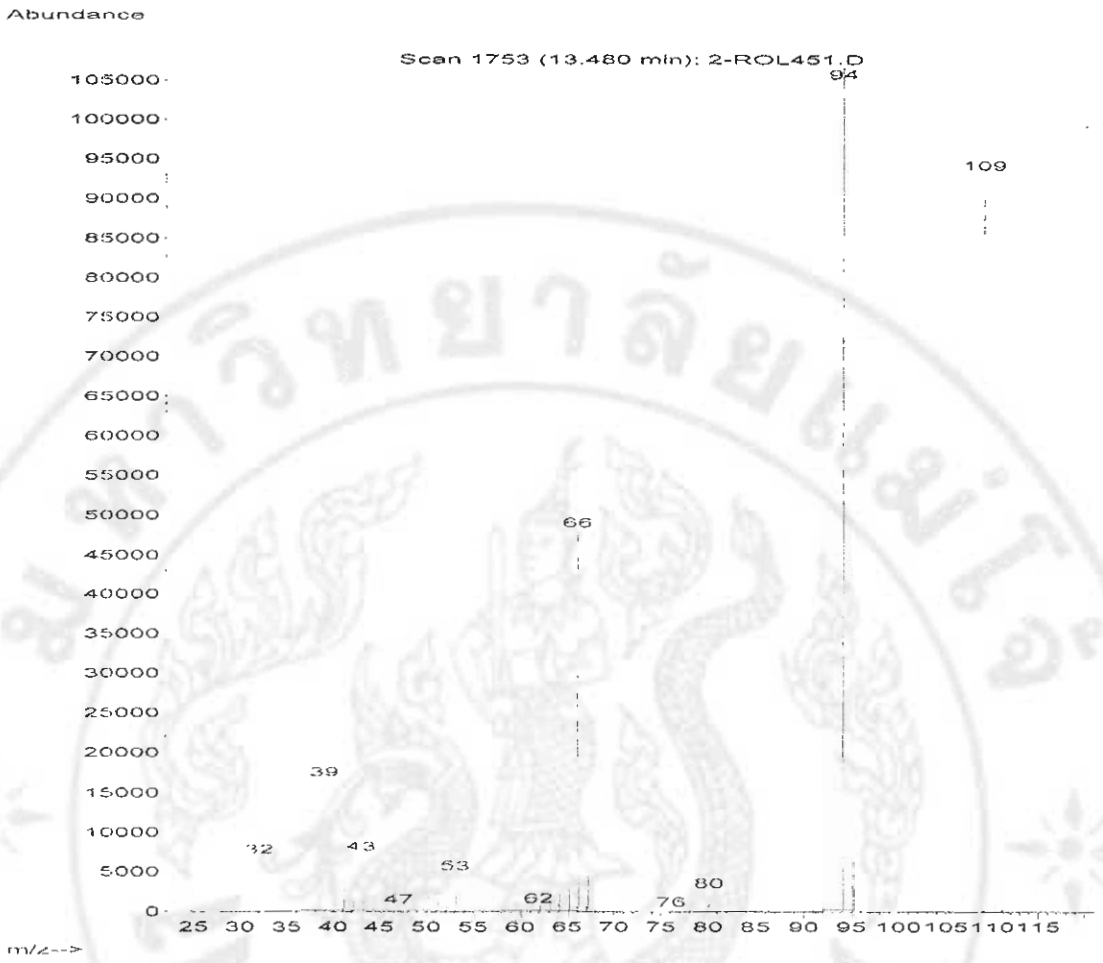
| ลำดับที่ | ความถี่ ($CM^{-1}$) | หมู่ฟังก์ชัน (การสั่น) |
|---|---|---|
| 1 | 3278 | N - H (strectching) |
| 2 | 1646 | C = O (strectching) |
| 3 | 1539 | C = C (strectching) |
| 4 | 1397 | C – H (bending ของ $CH_3$) |
| 5 | 1131 | C – N (strectching) |

**4.1.3 การวิเคราะห์สารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**



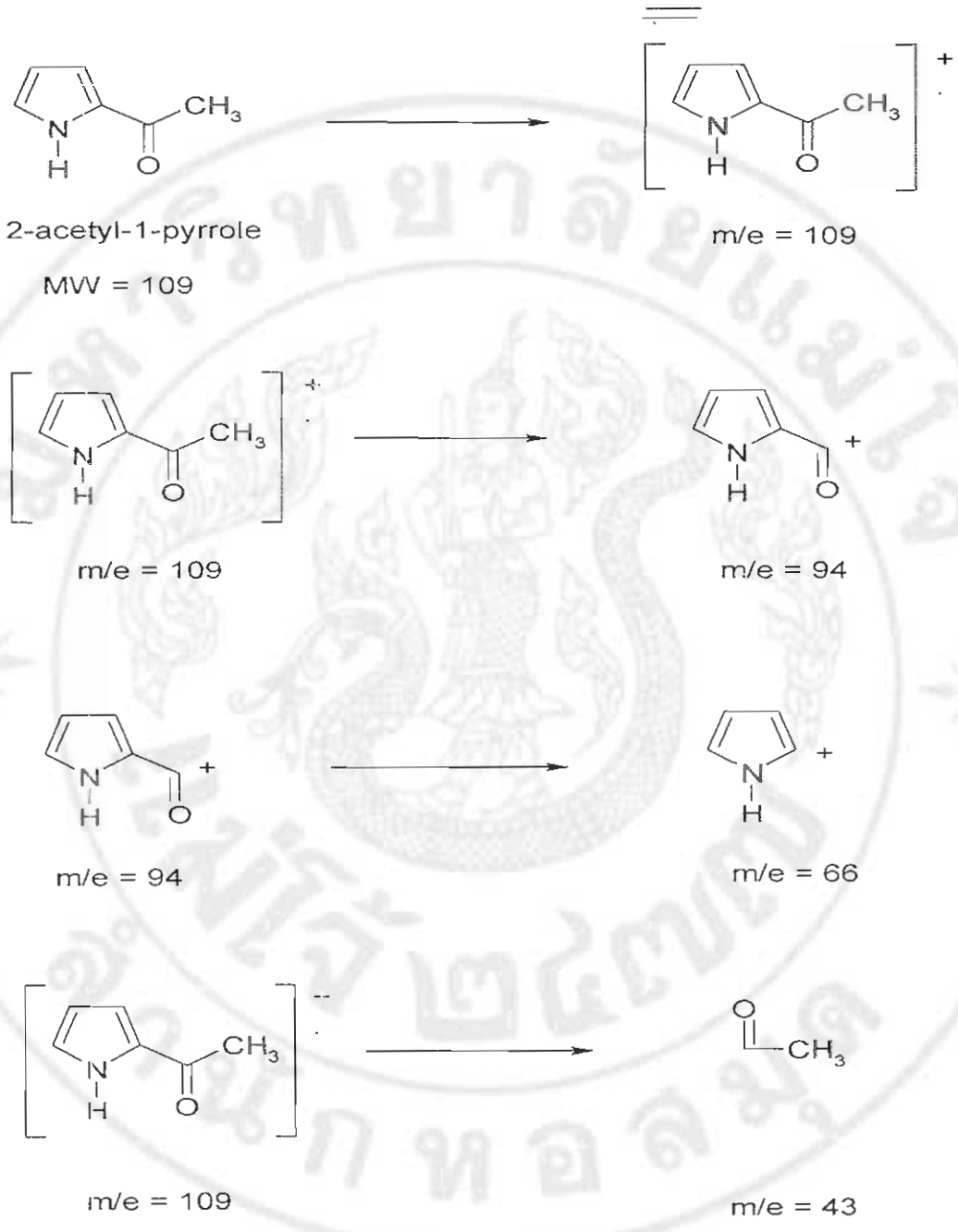

**ภาพ 2** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบของ 2-acetyl-1-pyrrole

เมื่อนำสารตั้งต้นคือสาร 2-acetyl-1-pyrrole ละลายใน Dichloromethane แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี ซึ่งมีสภาวะดังวิธีการวิเคราะห์ข้างต้น ผลการวิเคราะห์ได้โครมาโทรแกรมดังกล่าว จากโครมาโทรแกรมของสาร 2-acetyl-1-pyrrole พบว่า สาร 2-acetyl-1-pyrrole มีเวลารีเทนชัน (retentiontime, $T_R$) เท่ากับ 13.480 นาที และให้แมสสเปคตรัมดังภาพ 2



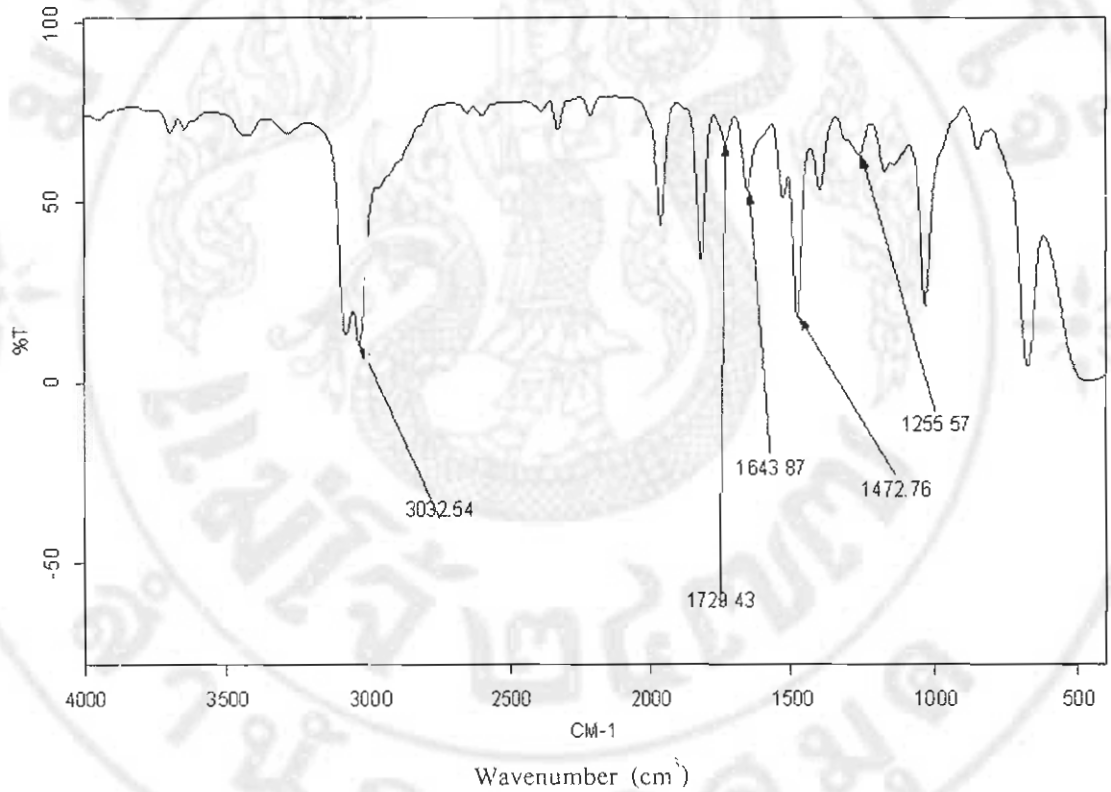

ภาพ 3 แมสสเปคตรัมของสาร 2-acetyl-1-pyrrole ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 13.480 นาที

จากแมสสเปคตรัม ภาพ 3 ลำดับการแตกตัวของ 2-acetyl-1-pyrrole แสดงได้ดังนี้



**4.1.4 ผลการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์สาร 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี และ เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

เมื่อนำ 2-(1-hydroxyethyl)pyrrolidine มาทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมี silver caebonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์ น่าจะได้สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิต เมื่อนำผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันมาระเหยตัวทำละลายจนเหลือสารละลายข้นเหลว นำมาหยดลงบนเซลล์ใส่สารแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคตรัมของผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

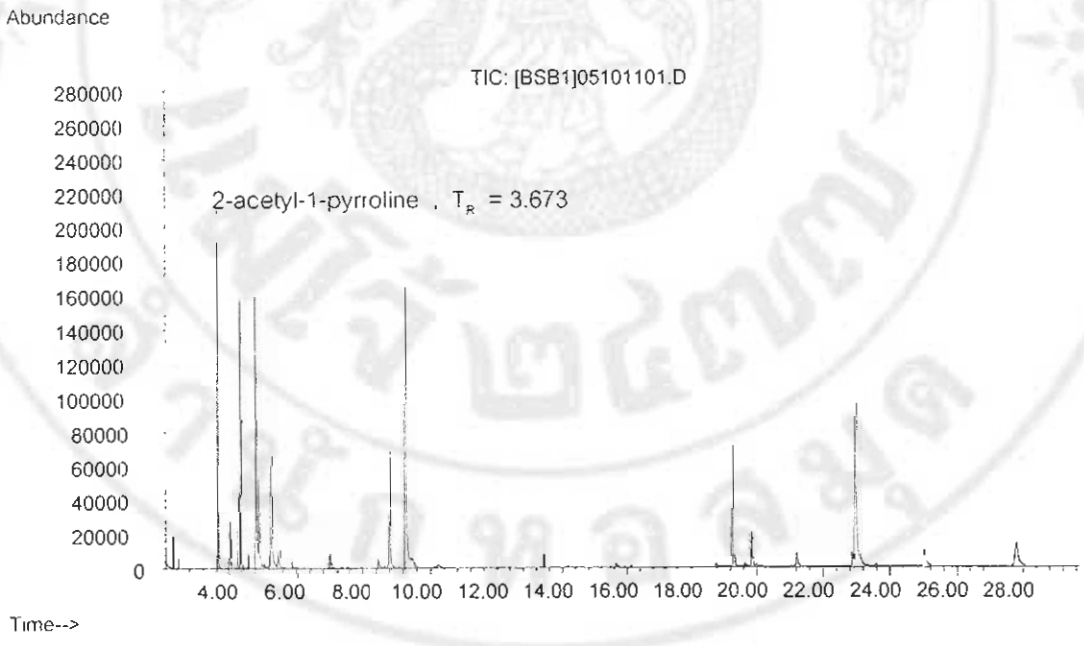



ภาพ 4 แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ 2-acetyl-1-pyrroline

**ตาราง 2** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร 2-acetyl-1-pyrroline ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี

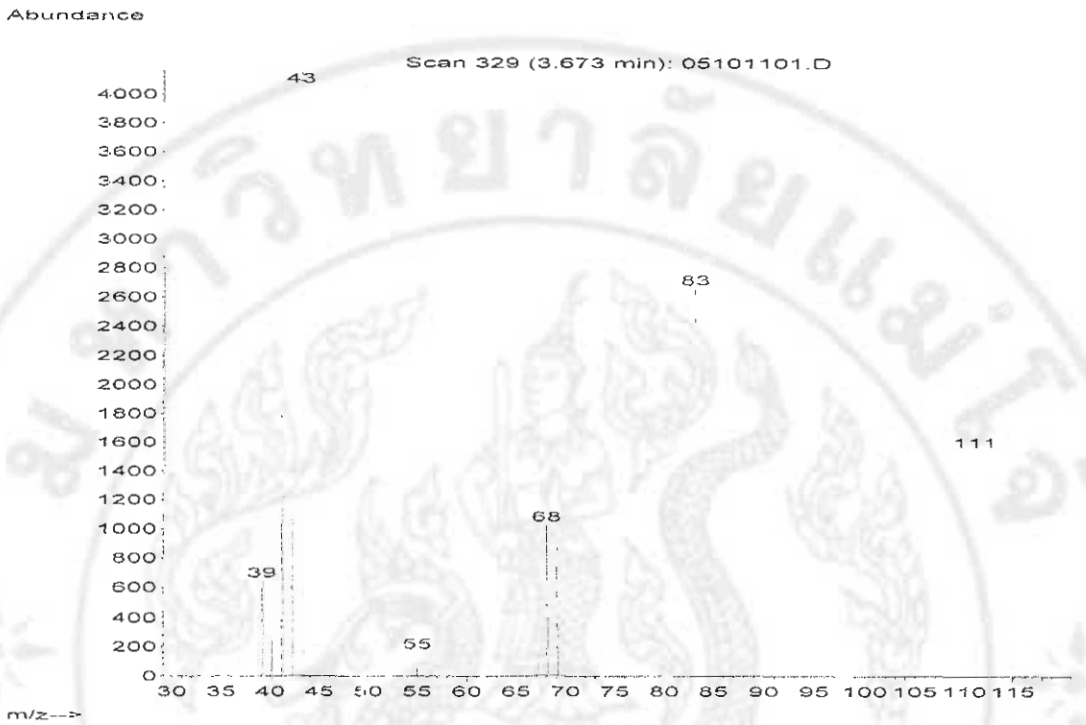
| ลำดับที่ | ความถี่ ($CM^{-1}$) | หมู่ฟังก์ชัน (การสั่น) |
|---|---|---|
| 1 | 2950-3100 | C - H (strectching) |
| 2 | 1729 | C = O (strectching) |
| 3 | 1643 | C = N (strectching) |
| 4 | 1472 | C – H (bending ของ $CH_2/CH_3$) |
| 5 | 1255 | C – N (strectching) |

**4.1.5 การวิเคราะห์ผลการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**




**ภาพ 5** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบของผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันจนได้ 2-acetyl-1-pyrroline

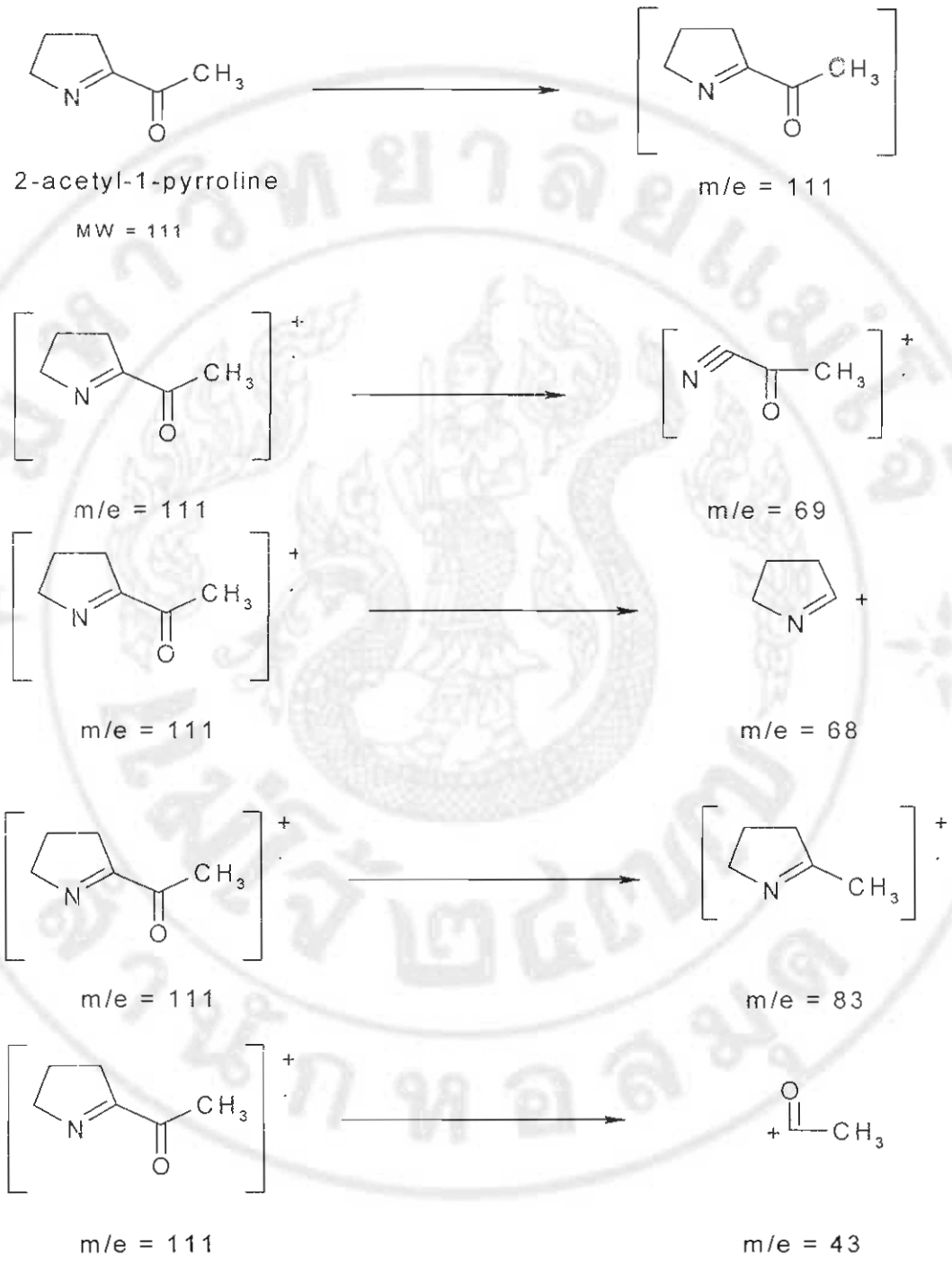
โครมาโทรแกรมของผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน 2-(1-hydroxyethyl)pyrrolidine จนได้ผลผลิตหมักเป็น 2-acetyl-1-pyrroline ที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 3.673 นาที




ภาพ 6 แมสสเปคตรัมของผลผลิตหลักที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็น 2-acetyl-1-pyrroline ที่มีเวลารีเทนชัน เท่ากับ 3.673 นาที

แมสสเปคตรัมที่ได้เทียบได้กับแมสสเปคตรัมของสาร 2-acetyl-1-pyrroline ที่ Buttery และคณะ ได้รายงานไว้ เนื่อง Libery ในฐานข้อมูลของเครื่อง GC-MS ไม่มีข้อมูล Buttery และคณะรายงานว่ามี m/e ที่ 43(100), 83(11), 69(11), 68(8), 111(5) ดังนั้นพีคของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 3.673 นาที คือสาร 2-acetyl-1-pyrroline เพราะมีลำดับการแตกตัวของแมสสเปคตรัมที่สอดคล้องกันใช้คอลัมน์ MS-1 และมีสภาวะการทดลองคล้ายกับในการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrrolone แต่จะเปลี่ยนโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ดังนี้

จากแมสสเปคตรัม ภาพ 6 พบว่าลำดับการแตกตัวของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline แสดงได้ดังนี้



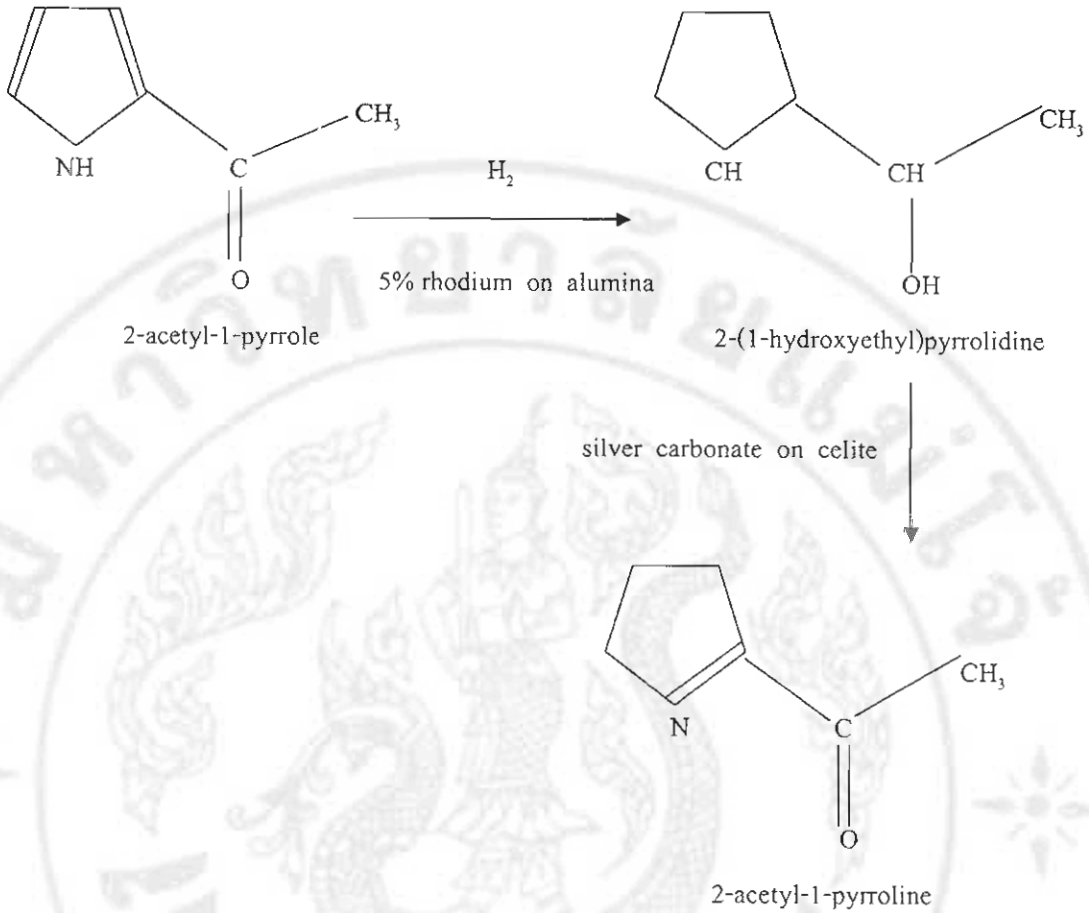
สภาวะการทดลองดังนี้

**เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี**

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า | 250 | องศาเซลเซียส |
| โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้น | 50 | องศาเซลเซียส |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 10 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อุณหภูมิสุดท้าย | 250 | องศาเซลเซียส |
| คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย | 10 | นาที |
| อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม | 1 | มิลลิลิตรต่อนาที |
| ปริมาตรสารที่ฉีด | 1 | ไมโครลิตร |
| การฉีดแบบสปลิต (split injection) | 100 : 1 | ส่วน |
| คอลัมน์ (column) | AT-1 | |

**เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์**

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ | 230 | องศาเซลเซียส |
| วิธีการผลิตไอออน | Electron Impact Ionization (EI) | |
| พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน | 70 | อิเล็กตรอนโวลท์ |
| อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน | 250 | องศาเซลเซียส |




ภาพ 7 สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline

### 4.1.6 ผลการวิเคราะห์ความหอมในสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน

เริ่มโดยนำถั่วเหลืองฝักสดมาแกะเอาเมล็ดมาบดละเอียด แล้วนำไปชั่ง ปริมาณ 100 กรัม โดยสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร มาทำให้เป็นเบสด้วยสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 5.0 แล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย dichloromethane กับกรวยสกัด นำสารละลายที่ได้จากการสกัดในชั้นละลาย dichloromethane มาแยกไว้แล้วทำการสกัดซ้ำ 5 ครั้ง จึงนำสารละลายที่ได้ในชั้น dichloromethane มารวมกัน แล้วนำมากำจัดน้ำด้วย sodium sulfate anhydrous นำไปกรอง sodium sulfate anhydrous ออก แล้วจึงนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยความดันต่ำจนเหลือความเข้มข้นเหลือปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร (สุกัญญา, 2543)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอมของถั่วเหลืองฝักสดมีความหอมแตกต่างกัน ซึ่งจะพบสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองฝักสดมีทั้งสารที่ไม่หอม และสารหอมในกลุ่ม Alcohols, Aldehyde, Ketone, Acid & ester และในกลุ่มของ Nitrogen – containing compound ถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ มีพีคของสารขึ้นอยู่ในช่วงเวลารีเทนชัน 4.00 – 14.00 นาที สารที่พบมากที่สุด ได้แก่ n-Hexanal, n-Hexanol, 1-Hexanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 1-Octen-3-ol, 2-Hexen-1-ol, 3-Hexen-1-ol, n-Patanal และยังพบสาร 2-acetyl-1-pyrrole ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกับสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline พันธุ์ที่มีความหอมมากที่สุดตามลำดับดังนี้ MVB Chakaori, MVB Chamame, MVB 20/KS5, MVB 8/386 MVB 6/384, MVB 16/SW, MVB 5/385, MVB 9/387, MVB 11/389 และ MVB 3/379 ส่วนพันธุ์ที่ไม่พบองค์ประกอบของสารหอม ได้แก่ MVB 2/292, MVB 4/382, MVB 7/385, MVB 10/388, MVB 12/346, MVB 13/LL, MVB 14/WL และ MVB 17/Green

ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี โดยใช้คอลัมน์ MS-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร เคลือบด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) คือ 100% Dimethylpolysiloxane และมีสภาวะการทดลองดังนี้

**เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี**

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า | 250 | องศาเซลเซียส |
| โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้น 1 | 45 | องศาเซลเซียส |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 5 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 1 | 3 | นาที |
| อุณหภูมิที่ 2 | 60 | องศาเซลเซียส |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 2 | 3 | นาที |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 10 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อุณหภูมิสุดท้าย | 250 | องศาเซลเซียส |
| คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย | 10 | นาที |
| อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม | 1 | มิลลิลิตรต่อนาที |
| ปริมาตรสารที่ฉีด | 1 | ไมโครลิตร |

เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ | 250 | องศาเซลเซียส |
| วิธีการผลิตไอออน | Electron Impact Ionization (EI) | |
| พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน | 70 | อิเล็กตรอนโวลท์ |
| อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน | 250 | องศาเซลเซียส |

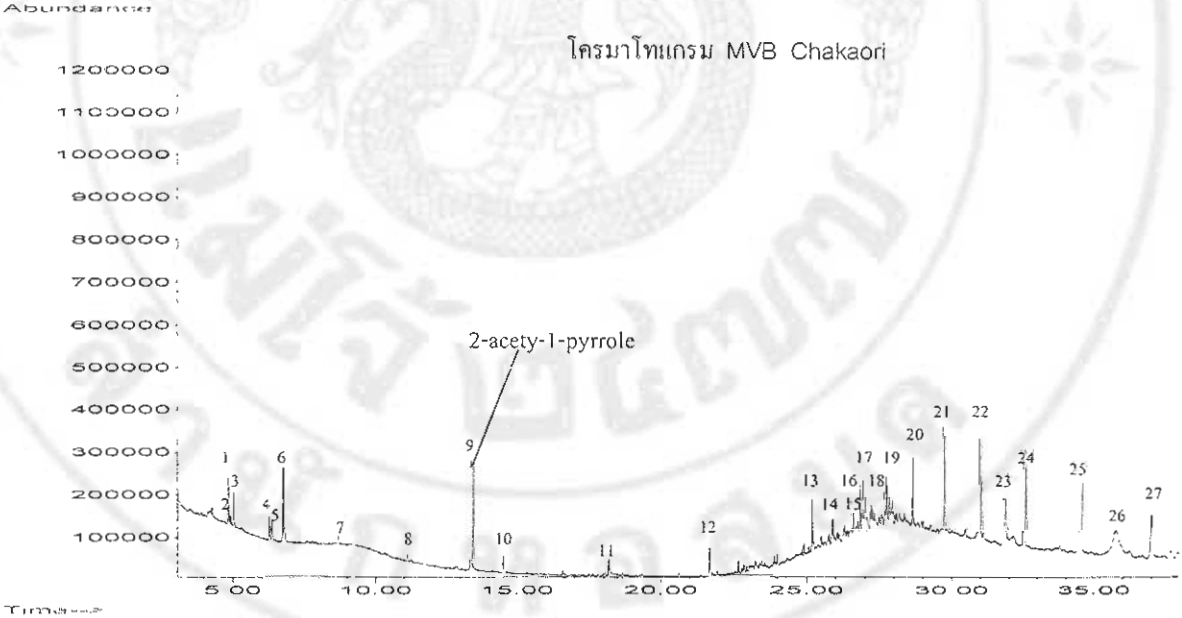
ในการวิเคราะห์หาสารหอมและองค์ประกอบต่างๆ ในสารสกัดทำได้โดยนำแมสสเปคตรัมของสารที่ได้เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของสารมาตรฐานที่เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เรียกว่า Library search software มี 2 แบบ ได้แก่

Public library : G1035A Wiley Library (Wiley7)

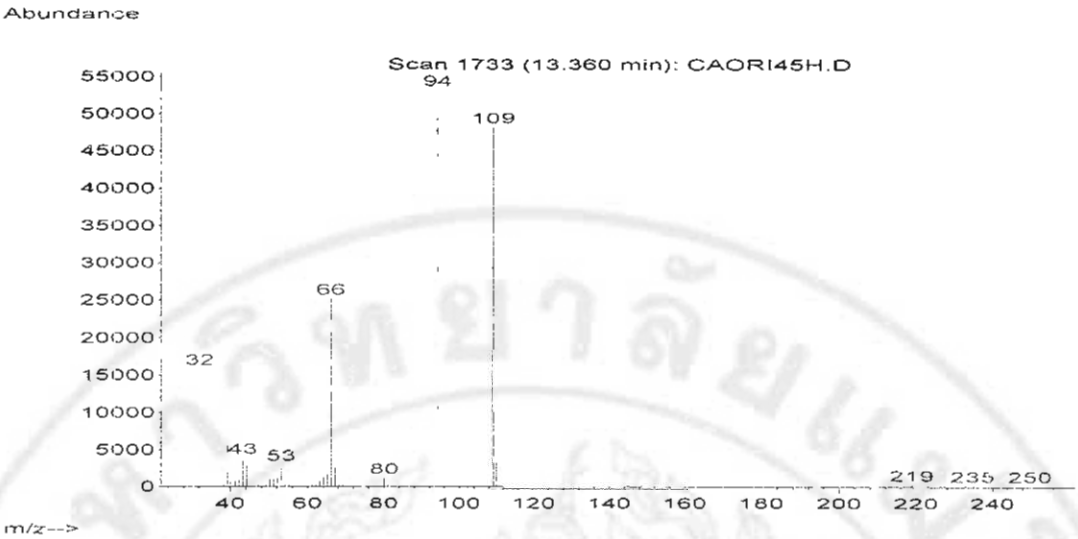
Public library : National Institule of Standards and Technology, NIST
NIST02 Mass Spectral Library with
Windows Search Program (Version 2.0)
Agilent Technologies ChemStation Version
The NIST Mass Spectrometry Data Center
*Evaluators*: Anzor Mikaya, Principal Pierre Ausloos Carol Clifton
Sharon G. Lias Vladimir Zaikin Damo Zhu
*Programmers*: Oleg V. Fateev Alexander A. Levitsky
Yuri Mirokhin Dmitrii Tchekhovskoi
U.S. Department of Commerce Technology Administration
National Institute of Standards and Technology
Standard Reference Data Program Gaithersburg, MD 20899

**4.1.6.1 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chakaori สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโท กราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

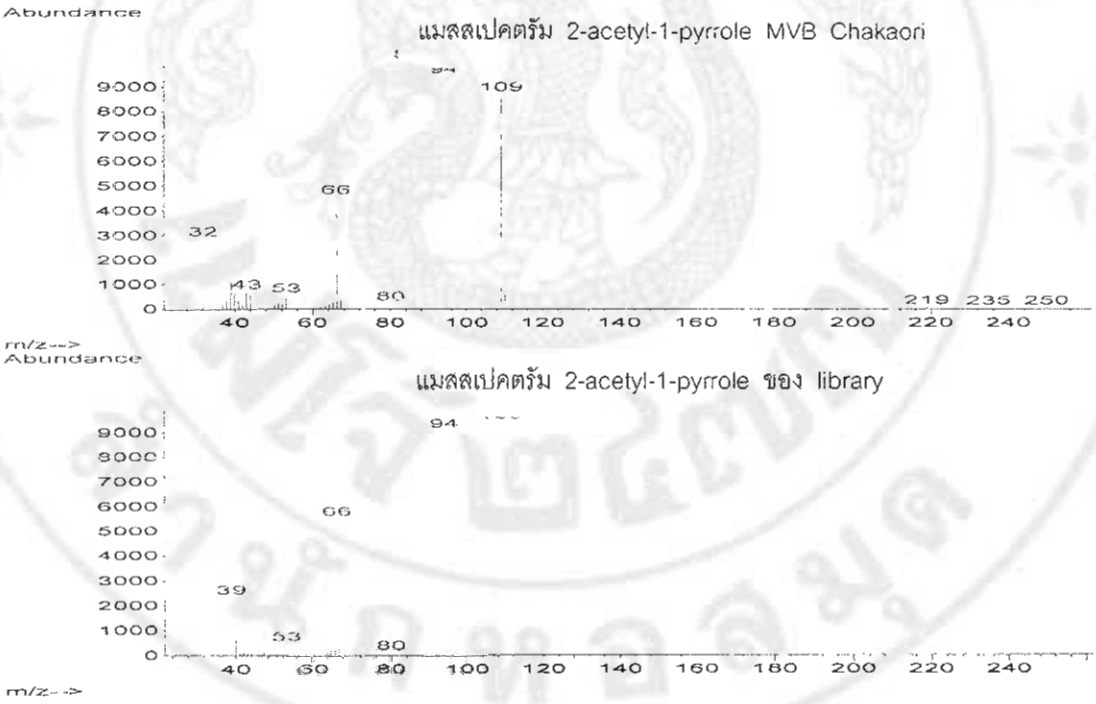
ผลการทดลองพันธุ์ Chakaori ใช้คอลัมน์ MS-1 สภาวะการทดลองเหมือนกับ การวิเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrroline พบสารหอมในกลุ่ม Nitrogen – containing compound คือ 2-Acetyle-1-pyrrole ที่เวลารีเทนชัน 13.379 ปริมาณที่พบ 6.287 % และยังพบสารหอมในกลุ่มอื่นๆ ที่มีความสำคัญ คือ กลุ่ม Alcohols, Aldehyde, Ketone พันธุ์ MVB Chakaori สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.856 นาที ปริมาณที่พบ 2.058 %, 1-hexanal เวลารีเทนชัน 5.031 นาที ปริมาณที่พบ 0.461 %, 2-Hexanal เวลารีเทนชัน 6.264 นาที ปริมาณที่พบ 1.226 %, 3-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.365 นาที ปริมาณที่พบ 1.166 %, n-Hexanol เวลารีเทนชัน 6.762 นาที ปริมาณที่พบ 4.270 % และพบสารตั้งต้น 2-acetyl-1-pyrrole ที่สามารถออกซิไดซ์ไปเป็น 2-acetyl-1-pyrroline ได้ เวลารีเทนชัน 13.379 นาที ปริมาณที่พบ 6.287 % ดังแสดงในภาพ 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ ตาราง 3, 21



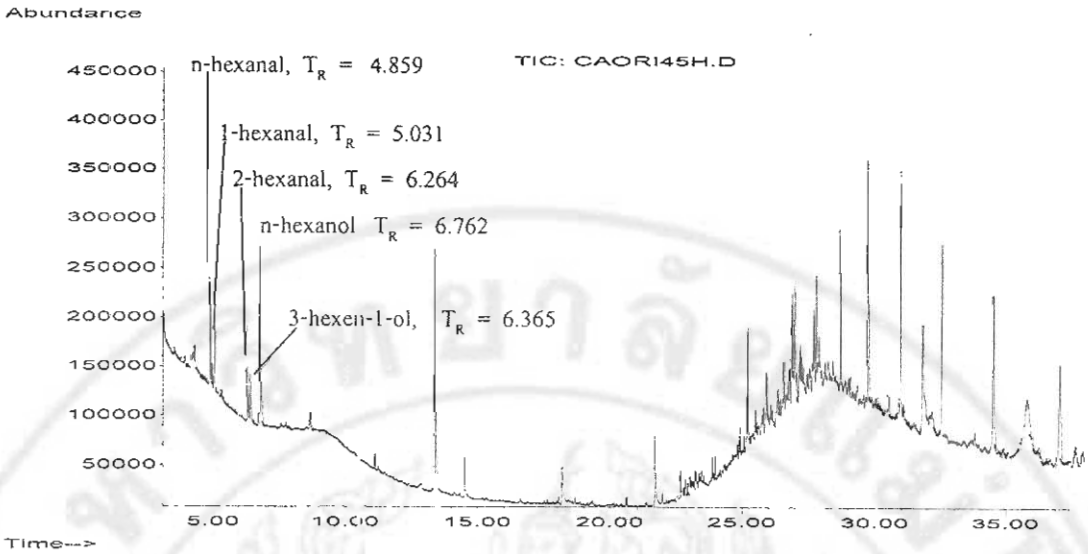

ภาพ 8 แสดงองค์ประกอบของสารในสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี ใช้คอลัมน์ MS-1



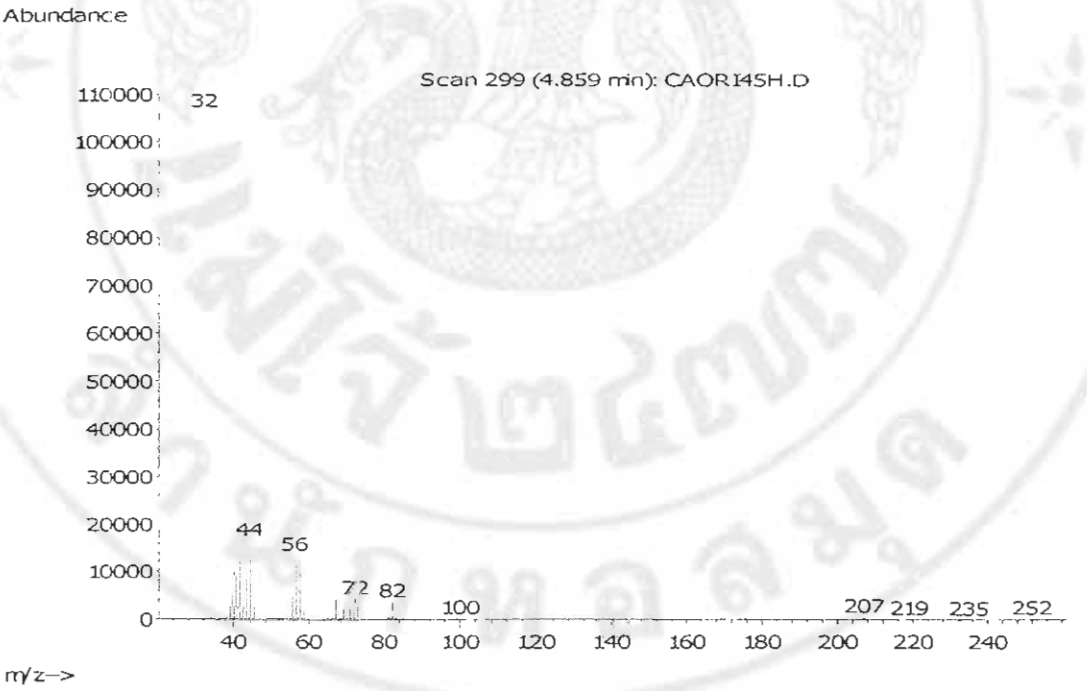

ภาพ 9 แมสสเปคตรัม 2-acetyl-1-pyrrole จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 13.360 นาที



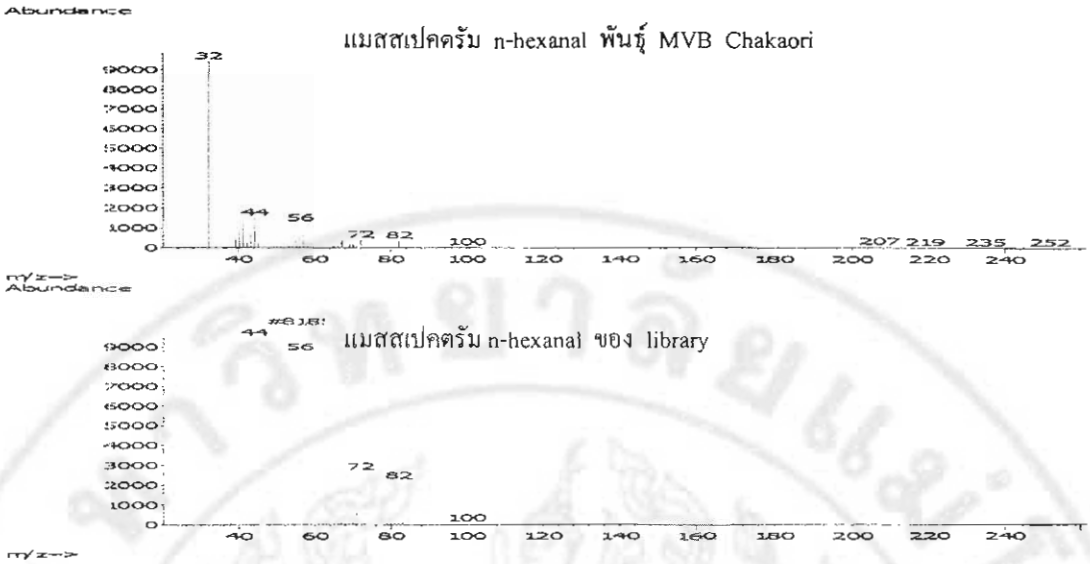

ภาพ 10 แมสสเปคตรัม 2-acetyl-1-pyrrole จากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB Chakaori ที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7



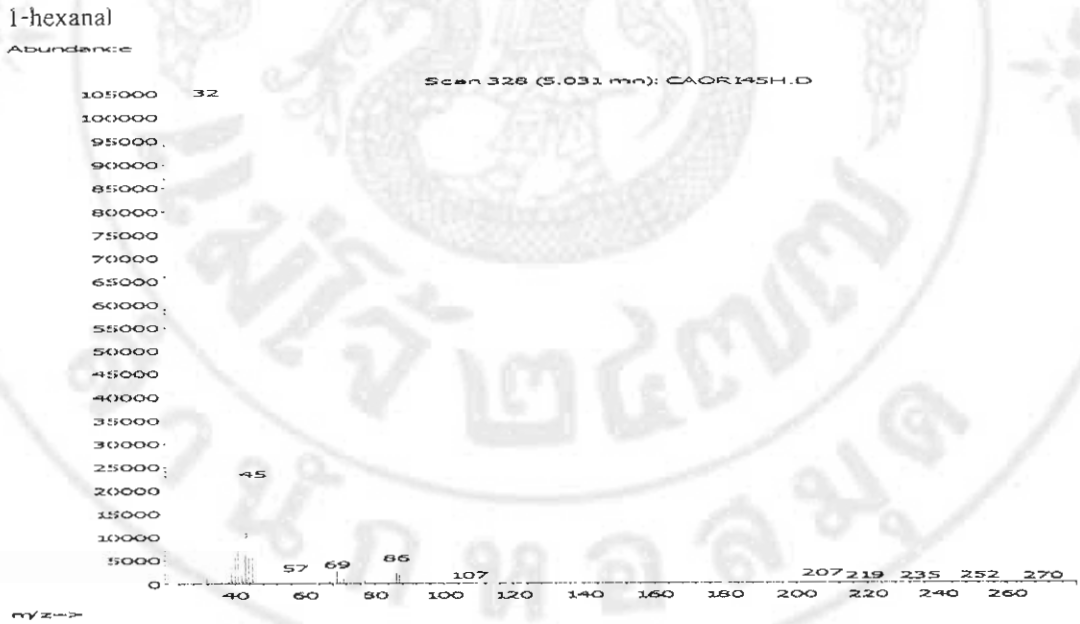

**ภาพ 11** โครมาโทรแกรมถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB Chakaori ที่ประกอบด้วยสารหอมระเหยที่เป็นสารหอมในกลุ่มอื่น



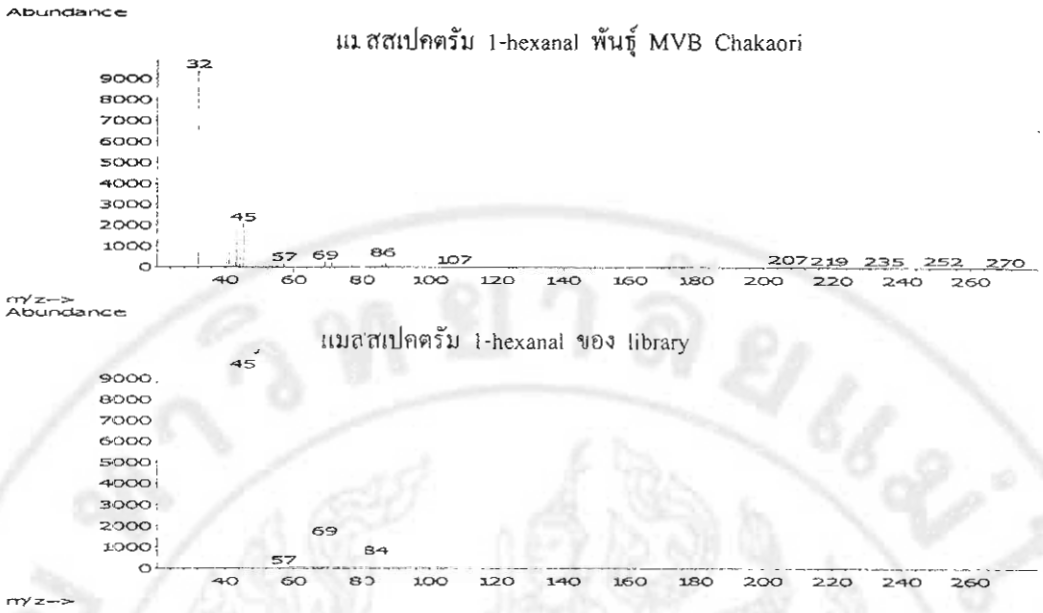

**ภาพ 12** แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.859 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.1โมลต่อลิตร



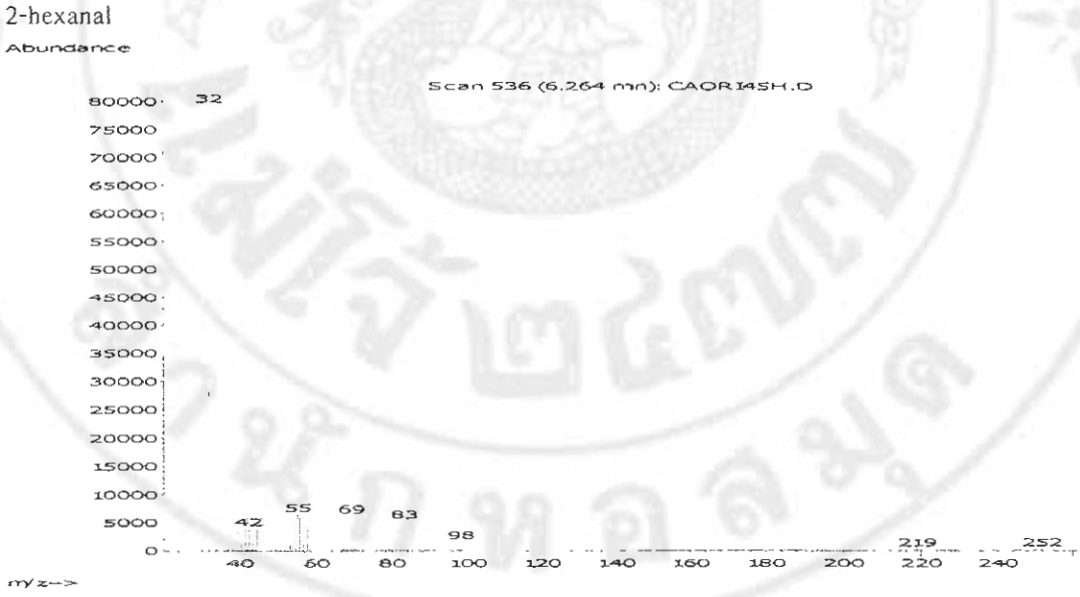

**ภาพ 13** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.859 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7



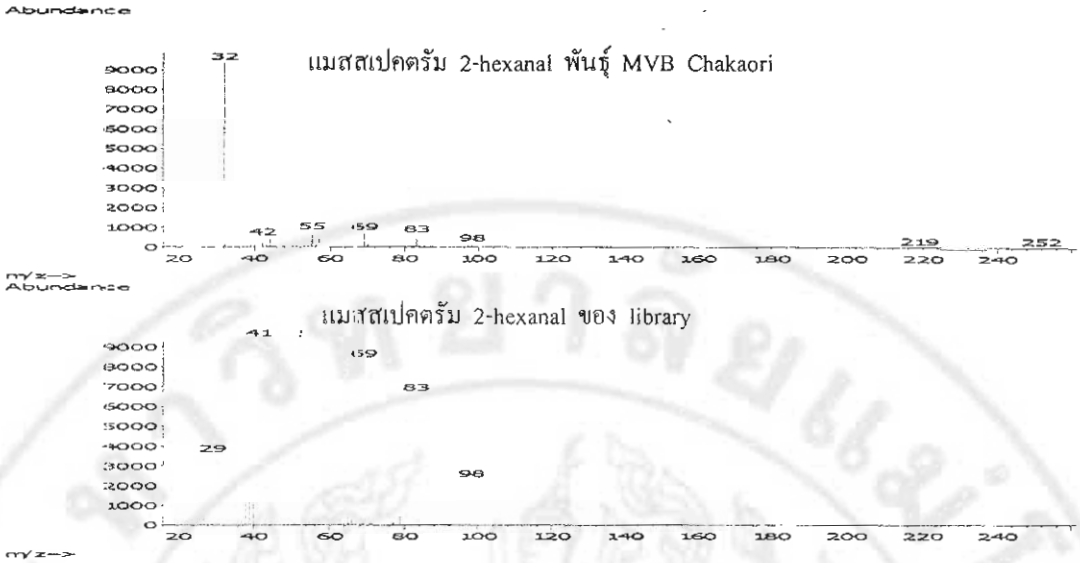

**ภาพ 14** แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 5.031 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 15 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.264 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

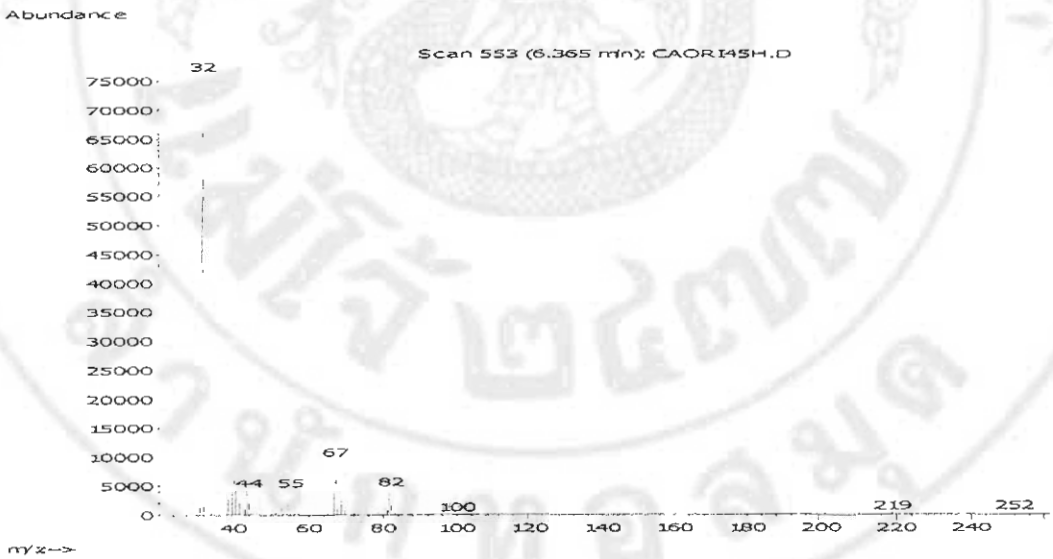



ภาพ 16 แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.264 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

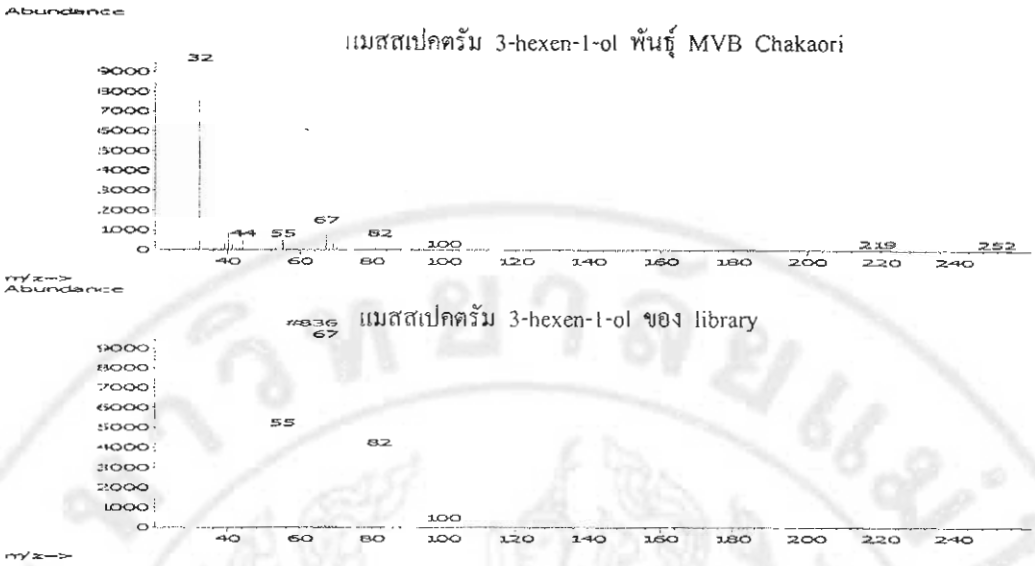



**ภาพ 17** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.264 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

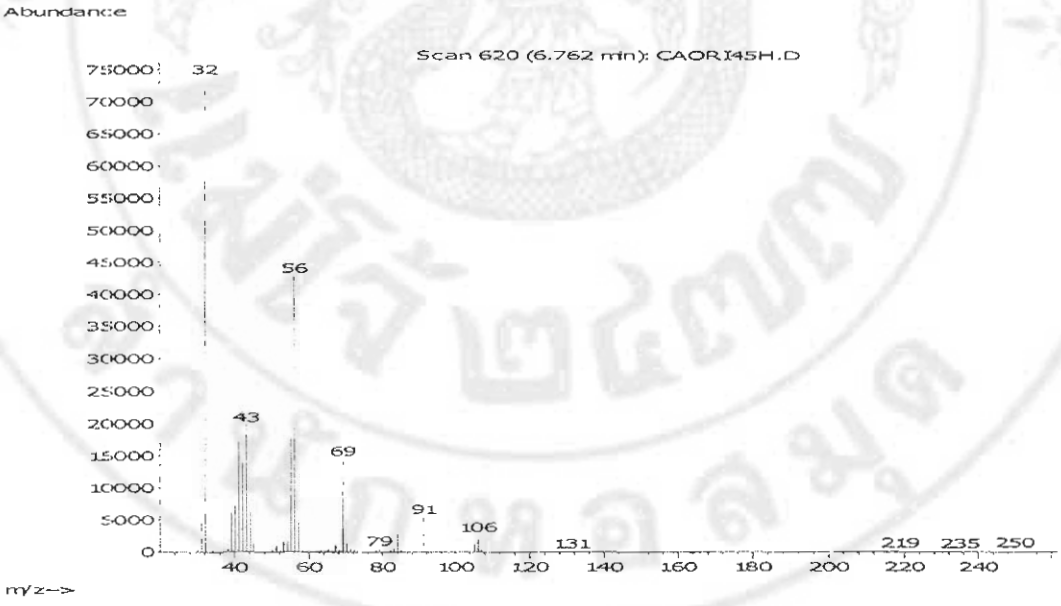
3-hexen-1ol



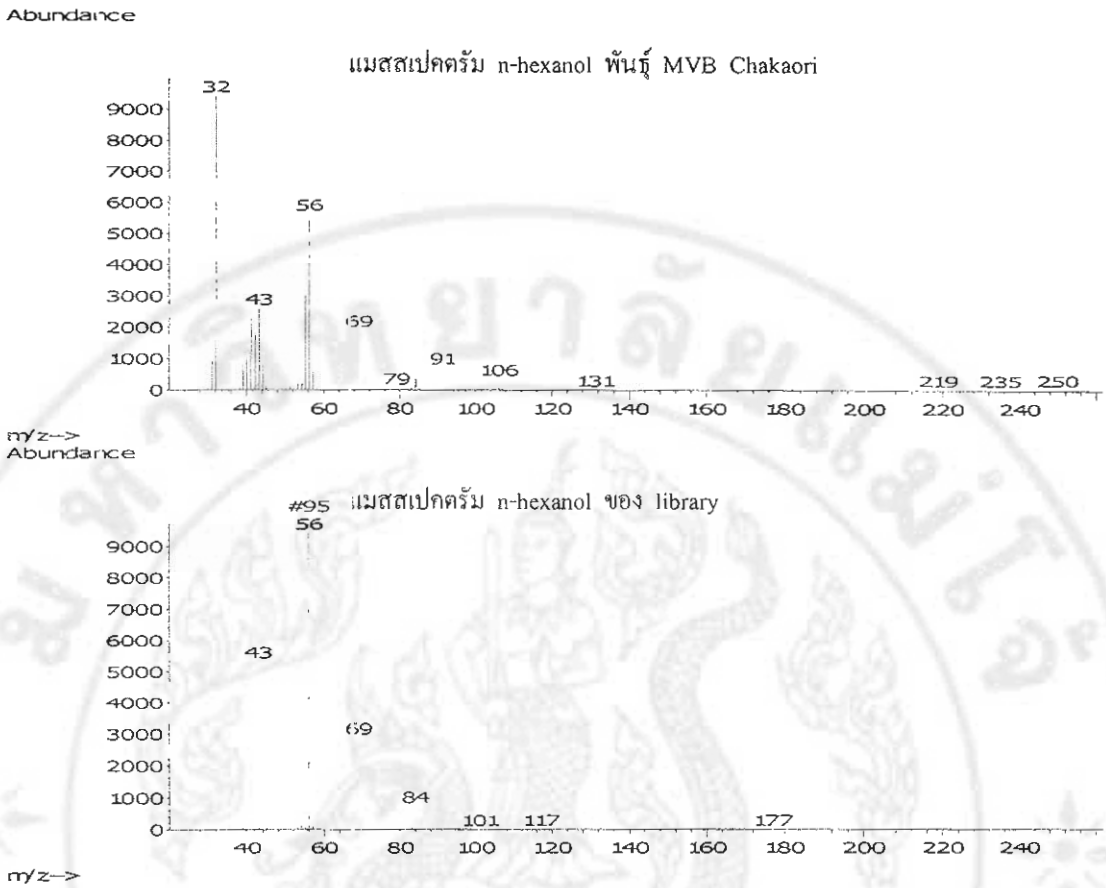

**ภาพ 18** แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.365 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




**ภาพ 19** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.365 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7




**ภาพ 20** แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.762 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




**ภาพ 21** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chakaori เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.762 นาที คือสาร n-hexanol เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**ตาราง 3** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chakaori

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.859 | *n*-Hexanal | 100, 82, 72, 67, 56, 51, 49(100), 39 | 100 | 90 |
| 2 | 4.936 | Unknown | 59(100), 44, 40(100) | 87 | 59 |
| 3 | 5.031 | 1-Hexanal | 87, 69, 57, 51, 45(100), 39 | 102 | 90 |
| 4 | 6.264 | 2-Hexanal | 98, 83, 69(100), 63, 55(100), 50, 40(100) | 98 | 96 |
| 5 | 6.365 | 3-Hexene-1-ol | 100, 97, 82, 72, 67(100), 55, 50, 41 | 100 | 94 |
| 6 | 6.762 | n-Hexanol | 84, 69, 56(100), 51, 43, 38 | 102 | 91 |
| 7 | 8.694 | Unknown | 123, 107, 91, 81, 69, 55, 40(100) | 182 | 45 |
| 8 | 11.125 | Unknown | 85, 82, 81, 73, 72, 71, 70, 69, 68, 67, 60, 58, 57(100), 56, 55, 54, 53, 51, 44(100), 43, 42, 41, 40, 39 | 100 | 43 |
| 9 | 13.379 | 2 - Acetyl Pyrrole | 109(100), 94(100), 80, 66, 53, 44, 39 | 109 | 94 |
| 10 | 14.515 | Phenylethyl Alcohol | 122, 91(100), 86, 77, 65, 51 | 122 | 95 |
| 11 | 18.185 | Unknown | 100,(100)58,44(100),39 | 100 | 25 |
| 12 | 21.682 | Plasticizer | 222, 177, 149(100), 132, 121, 105, 93, 81, 76, 65 55, 50, 39 | 222 | 97 |
| 13 | 25.185 | Methyl ester Hexadecanoic acid | 270, 277, 239, 213, 199, 185, 171, 157, 143, 135, 129, 123, 115, 109, 101, 95, 87(100), 74(100), 69, 55, 43 | 270 | 98 |
| 14 | 25.909 | Nebirinane 6,7-dihydro | 282, 258, 240, 215, 193, 179, 165, 141, 119, 85, 71(100), 57(100), 43 | 288 | 97 |

ตาราง 3 (ต่อ)

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 26.537 | Lapachone | 242, 227(100), 214, 199, 171, 157, 128, 105, 76, 55 | 242 | 90 |
| 16 | 26.845 | *n*-Eicosane | 252, 238, 183, 169, 155, 141, 127, 111, 97, 91, 85, 79 71, 57(100), 43 | 282 | 98 |
| 17 | 26.746 | 4-Methyl-6-phenyl- 2-Pyrimidinamine | 185(100), 128, 105, 77, 44 | 185 | 93 |
| 18 | 27.651 | 1,7-Trimethylene-2,3-dimethylindole | 185(100), 179, 171, 157, 128, 89 | 185 | 92 |
| 19 | 27.746 | *n*-Eicosane | 253, 239, 195, 155, 141, 127, 111, 97, 91, 85, 71, 57(100), 43 | 282 | 97 |
| 20 | 28.647 | *n*-Tricosane | 324, 281, 252, 239, 183, 169, 155, 141, 125, 111, 97, 85, 71, 57(100), 43 | 324 | 97 |
| 21 | 29.702 | *n*-Tetracosane | 338, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 154, 141, 127, 113, 106, 99, 85, 71, 57(100), 43 | 33 | 98 |
| 22 | 30.977 | *n*-Octacosane | 394, 323, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 197, 183, 169, 155, 141, 127, 113, 97, 85, 71(100), 57(100), 43 | 394 | 98 |
| 23 | 31.819 | Diisooctyl 1,2-Benzenedicarboxylic acid | 279, 167, 149(100), 121, 112, 104, 83, 70, 55, 41 | 390 | 90 |
| 24 | 32.524 | *n*-Hexacosane | 366, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 197, 183, 169, 155, 141, 127, 111, 99, 85, 71, 57(100), 43 | 366 | 96 |
| 25 | 34.504 | *n*-Heptacosane | 380, 351, 323, 309, 295, 281, 267, 253, 239, 225, 207, 183, 169, 155, 141, 127, 113, 97, 85, 71(100), 57(100), 43 | 380 | 98 |

ตาราง 3 (ต่อ)

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 35.749 | Unknown | 396(100), 159, 145, 135, 121, 105, 95, 81(100), 69, 55(100) | 396 | 53 |
| 27 | 37.023 | Unknown | 397, 313, 309, 295, 281, 267, 253, 225, 183, 169, 155, 141, 121, 113, 97, 85, 71(100), 57(100), 43 | 397 | 58 |

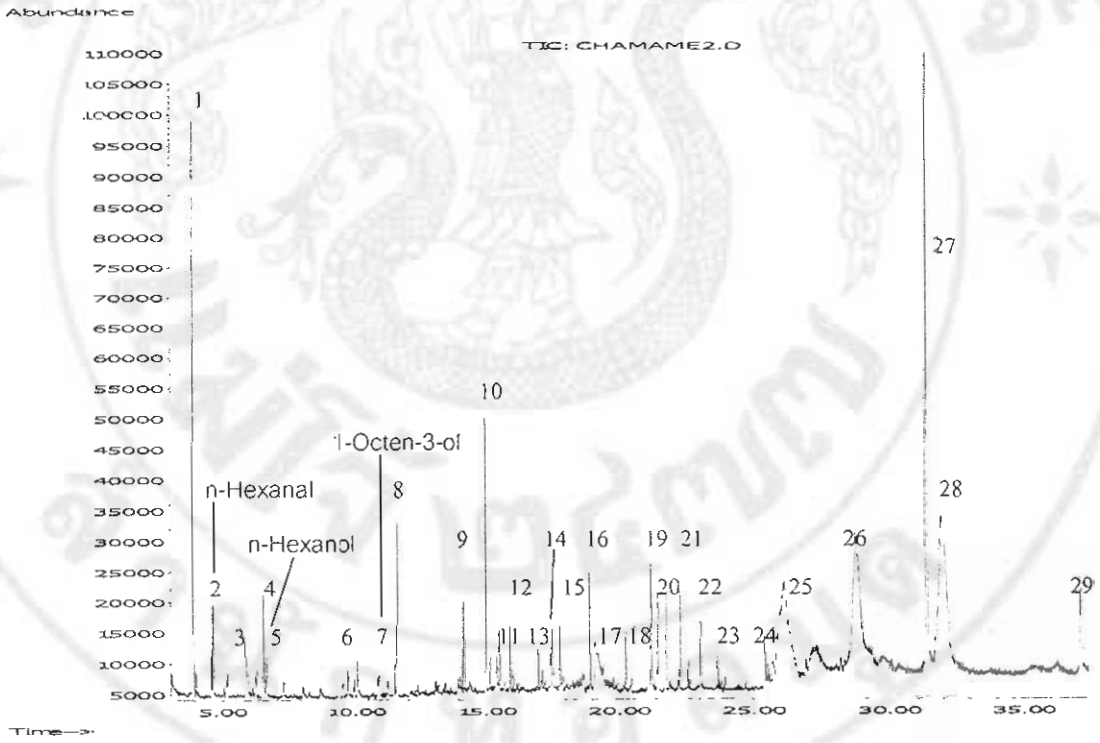
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

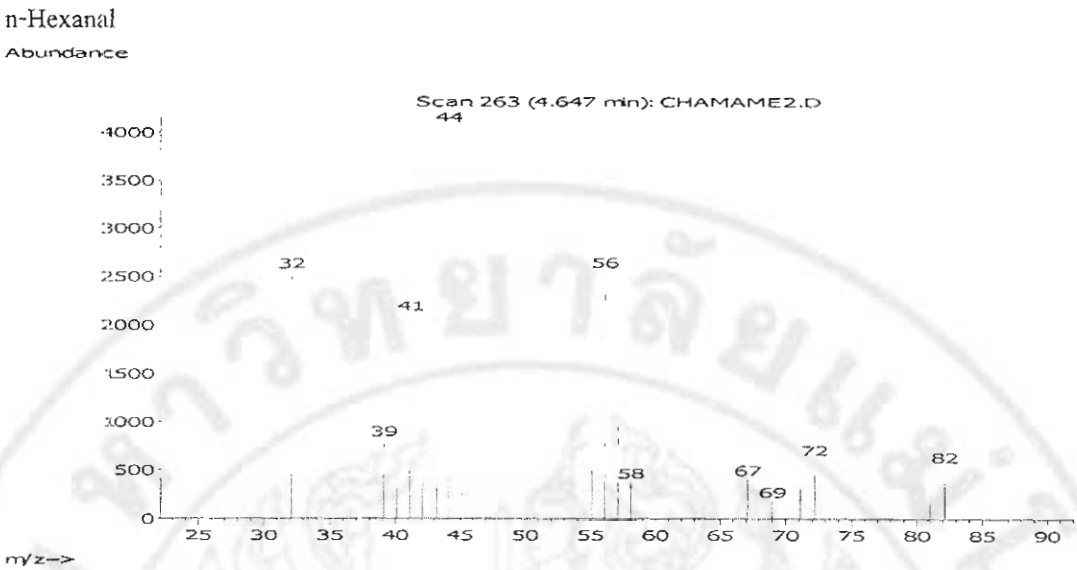
**4.1.6.2 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ Chamame สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB Chamame สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.647 นาที ปริมาณที่พบ 1.528 %, n-Hexanol เวลารีเทนชัน 6.604 นาที ปริมาณที่พบ 0.130 % และ 1-Octen-3-ol เวลารีเทนชัน 10.890 นาที ปริมาณที่พบ 0.523 % ดังแสดงในภาพ 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 และตาราง 4, 21

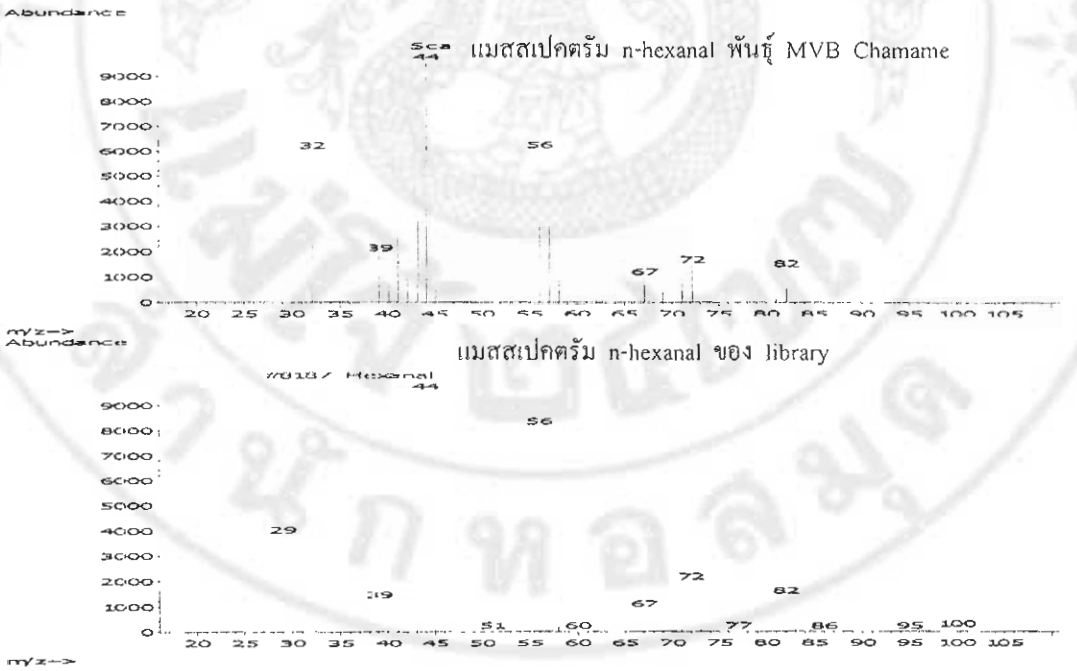
2. โครมาโทรแกรม MVB Chamame



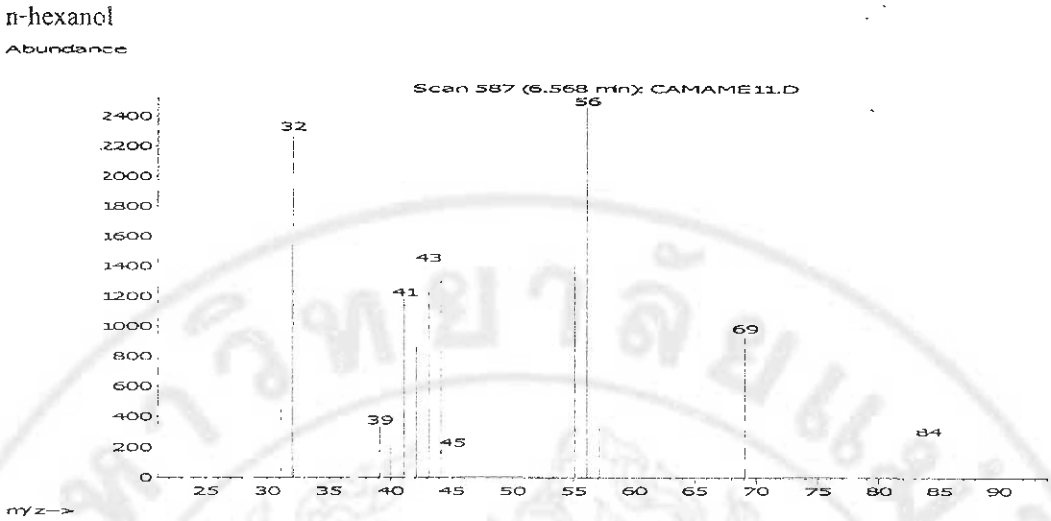

ภาพ 22 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB Chamame สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดร คลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan



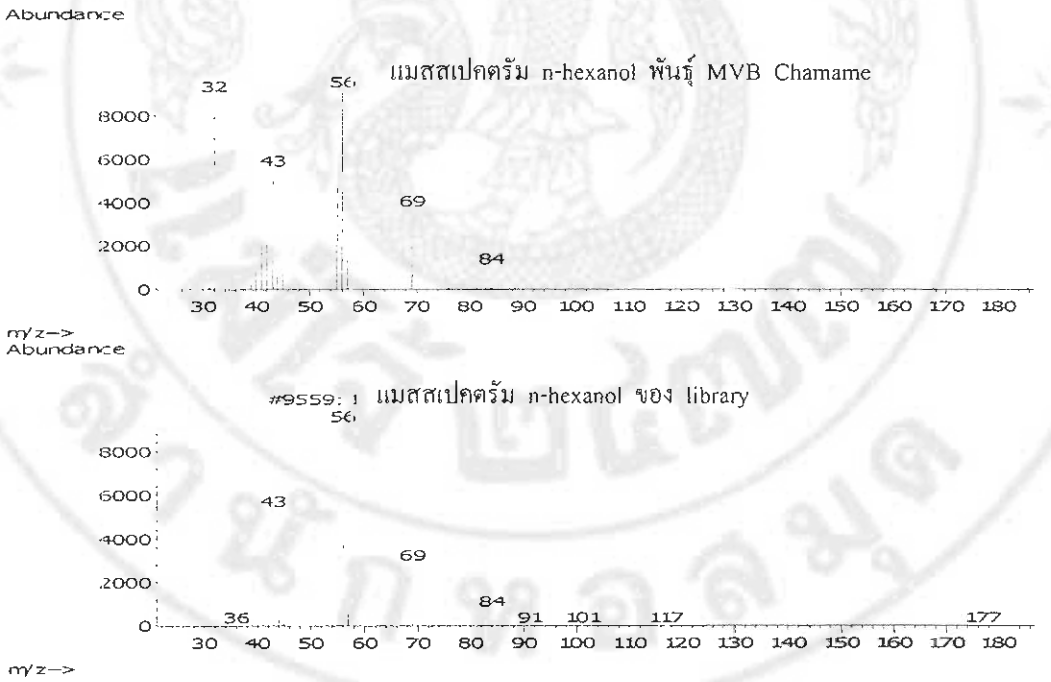

ภาพ 23 แมสสเปคตรัม n-Hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสด ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร



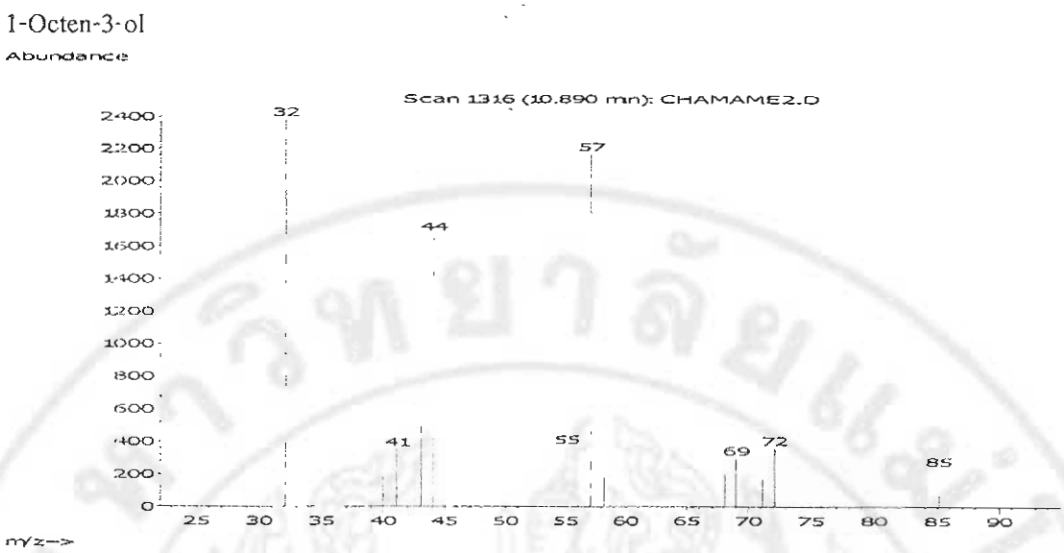

ภาพ 24 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamame เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-Hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7



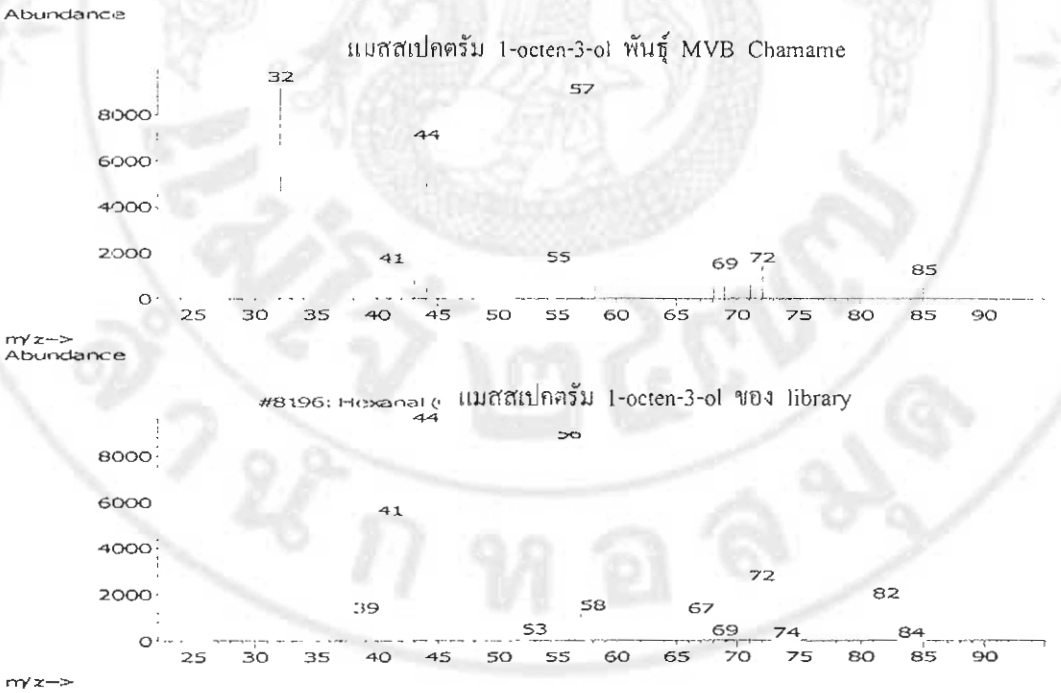

**ภาพ 25** แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.604 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสาระละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




**ภาพ 26** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamame เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.604 นาที คือสาร n-hexanol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7




ภาพ 27 แมสสเปคตรัม 1-Octen-3-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 10.890 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 28 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamame เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 10.890 นาที คือสาร 1-octen-3-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**ตาราง 4** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Chamamae

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.906 | Tolulene | 92, 91(100), 89, 65, 63, 61, 41, 39 | 92 | 91 |
| 2 | 4.647 | n-Hexanal | 82, 72, 69, 67, 58, 56(100), 44(100), 41, 39 | 100 | 90 |
| 3 | 5.827 | Unknow | 59, 44, 43, 41,39 | 59 | 45 |
| 4 | 6.456 | 5-methyl-5-viryl-1-3,cyclopentadiene | 106, 91(100),78 | 106 | 90 |
| 5 | 6.601 | 1-Pentanol | 69, 56(100), 57, 44, 43, 41, 39 | 102 | 92 |
| 6 | 9.669 | 1,3,5-Cycloheptatriene | 91(100), 65 | 126 | 50 |
| 7 | 10.890 | 1-Octen-3-ol | 82, 72, 71, 69, 68, 58, 57(100), 56, 55, 44, 43, 41, 41 | 128 | 89 |
| 8 | 11.554 | Cyclotetrasiloxane | 281(100), 256, 249, 207, 193, 177, 133, 125, 119, 73, 44 | 296 | 91 |
| 9 | 14.104 | n-Nonanal | 114, 98, 95, 82, 72, 70, 67, 57(100), 55,54 | 142 | 91 |
| 10 | 14.952 | Camphor | 152, 137, 111, 109, 108, 95(100), 91, 84, 81, 77, 69, 65, 55, 51, 44, 41 | 152 | 97 |
| 11 | 15.467 | Unknowm | 138, 123, 109, 95, 85, 81, 77, 67, 55, 44,41 | 156 | 153 |
| 12 | 15.912 | Unknown | 85, 70, 69, 57, 55, 44(100), 43, 40 | 88 | 40 |
| 13 | 16.944 | n-Pentanal | 86, 84, 57, 44(100), 41, 39 | 86 | 85 |
| 14 | 17.501 | Unknown | 119, 95, 81, 71, 57, 44(100) | 296 | 30 |
| 15 | 17.797 | Unknown | 91, 82, 81(100), 77, 69, 67, 44, 41 | 178 | 30 |
| 16 | 18.900 | Tetradecane | 198, 141, 126. 112, 99, 85, 71, 57(100), 43,39 | 198 | 94 |
| 17 | 19.161 | Nicotinamide | 122(100), 106, 78, 51 | 122 | 86 |

ตาราง 4 (ต่อ)

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 20.199 | Unknown | 99, 85, 71, 57, 44(100), 39 | 212 | 38 |
| 19 | 21.195 | Unknown | 127, 99, 69, 55, 44,41 | 127 | 59 |
| 20 | 21.414 | n-Cetane | 226, 127, 113, 99, 85, 71, 57(100), 44, 43 | 226 | 95 |
| 21 | 21.710 | Unknown | 208, 175 | 208 | 49 |
| 22 | 22.262 | Unknown | 173(100), 145, 131, 117, 105, 91, 77, 69 | 188 | 32 |
| 23 | 23.038 | Unknown | 151, 135, 119, 107, 91, 80, 77, 55, 44(100) | 151 | 37 |
| 24 | 25.404 | Unknown | 70, 58, 44(100), 40 | 85 | 9 |
| 25 | 26.181 | Unknown | 218, 203, 189 | 218 | 78 |
| 26 | 28.724 | Urs-12-en-3-ol | 426, 218(100), 203, 189, 175, 161, 119, 95, 81, 69, 55 | 426 | 98 |
| 27 | 31.351 | Di-(2-ethylhexyl) phthalate | 279, 167,149(100), 113, 104, 83, 71, 57 | 390 | 91 |
| 28 | 31.944 | Rotenalone | 410 | 410 | 83 |
| 29 | 37.113 | Unknown | 207, 137, 81, 59(100) | 547 | 49 |

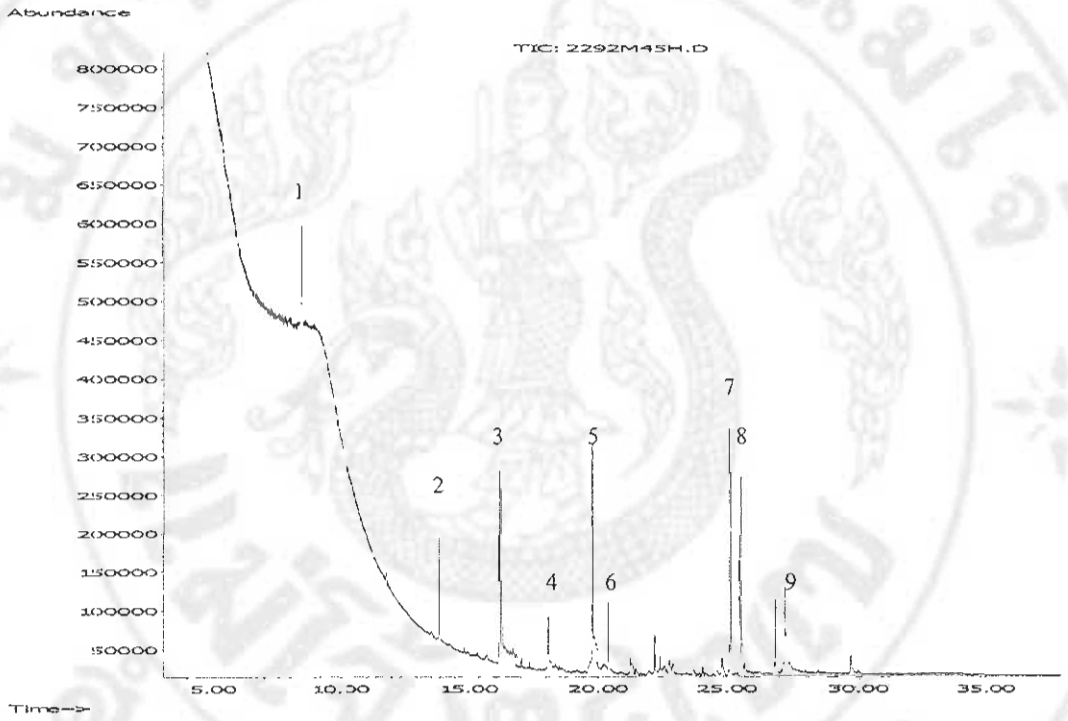
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.3 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 2/292 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้

3. โครมาโทรแกรม MVB 2/292 ดังแสดงในภาพ 29 และ ตาราง 5, 21




**ภาพ 29** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 2/292 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลา Dichloromethan

ตาราง 5 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 2/292

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.488 | Unknown | 101, 133(100), 105 | 151 | 74 |
| 2 | 13.841 | Unknown | 207(100), 191, 177, 133, 119, 96, 45 | 222 | 80 |
| 3 | 16.171 | Cyclohexasiloxane | 429, 397, 341(100), 325,311,295, 281, 251, 237, 207, 191, 177, 163, 147, 133, 117, 79(100), 59 | 444 | 91 |
| 4 | 19.788 | Unknown | 503, 415, 399, 383, 341, 327, 281(100), 265, 249, 221, 207, 177, 147, 133, 117, 73(100) | 518 | 87 |
| 5 | 20.416 | Unknown | 503, 415, 341, 327, 281, 147, 73(100) | 430 | 38 |
| 6 | 25.148 | Hexadecanoic acid | 270, 239, 227, 219, 213, 199, 185, 171, 157, 143, 129, 97, 87, 74(100), 69, 55, 43 | 270 | 48 |
| 7 | 25.515 | Unknown | 256, 213, 199, 194, 185, 171, 157, 143, 129, 115, 97, 83, 73(100), 60, 55,43 | 256 | 69 |
| 8 | 26.843 | Unknown | 284, 129, 111, 97, 83, 69, 55, 44(100) | 284 | 45 |
| 9 | 27.217 | 9-Octadecenoic acid | 282, 264, 235, 222, 207, 193, 180, 165, 151, 137, 111, 97, 83, 69, 55(100), 41 | 282 | 99 |

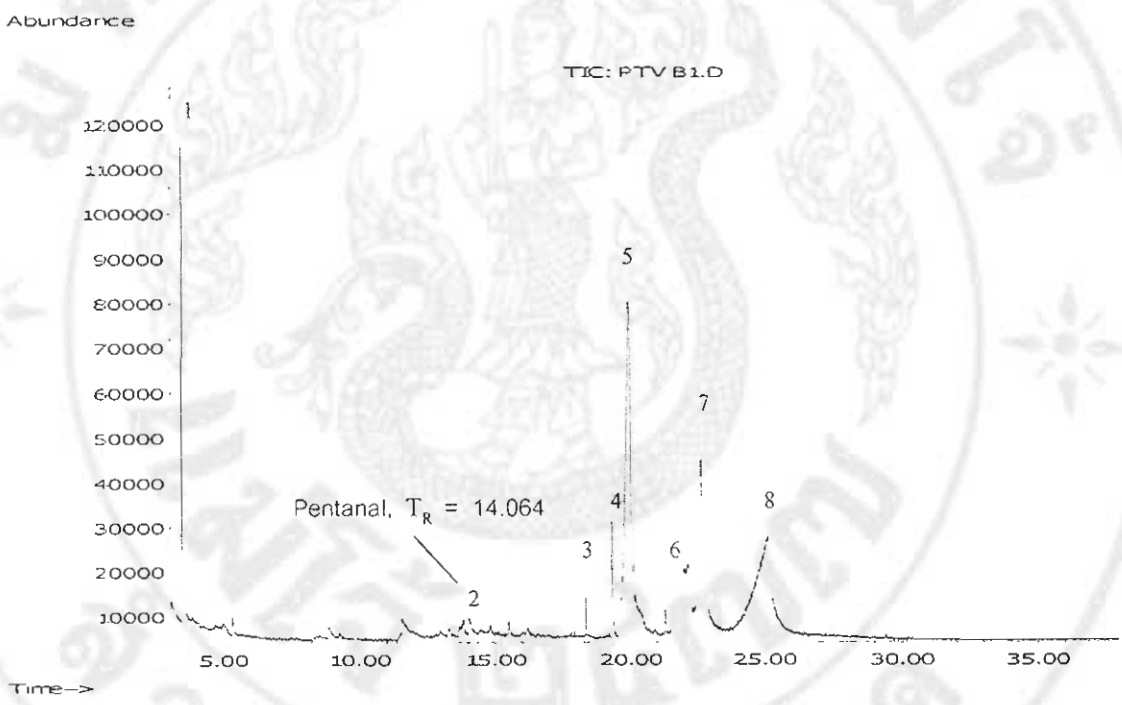
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.4 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 3/379 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB 3/379 สารหอมที่พบคือ n-Pentanal เวลารีเทนชัน 14.064 นาที ปริมาณที่พบ 0.101 % ดังแสดงในภาพ 30, 31, 32 และ ตาราง 6, 21

4. โครมาโทรแกรม MVB 3/379




ภาพ 30 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 3/379 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

**ภาพ 31** แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 14.064 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

**ภาพ 32** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 3/379 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 14.064 นาที ก๊อสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

ตาราง 6 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 3/379

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.505 | 2-Propanone | 74, 58, 55, 45, 44, 43(100), 42, 31 | 74 | 80 |
| 2 | 14.064 | Pentanol | 58, 57, 55, 45, 44(100), 43, 42, 41, 39 | 86 | 43 |
| 3 | 18.304 | Phenol,2,6-dimethoxy | 154(100), 139, 111, 107, 96, 93, 68, 65, 55, 51, 44 | 154 | 93 |
| 4 | 19.276 | Naphth (1,2-b) oxirene | 146(100), 131, 117, 103, 75, 44 | 146 | 38 |
| 5 | 19.827 | Cyclopentanol | 86, 77,57(100), 44, 41 | 86 | 50 |
| 6 | 21.896 | 3-Deoxy-d-mannoic lactone | 131, 124, 102, 84, 81, 76, 73, 69, 61, 57, 54, 47, 44(100), 41 | 162 | 45 |
| 7 | 22.637 | MOMETNOSITOL | 116, 102, 97, 87(100), 83, 73(100), 69, 60, 55, 44 | 194 | 72 |
| 8 | 23.110 | Allo Insitol | 102, 97, 89, 81, 73(100), 69, 60, 43 | 180 | 64 |

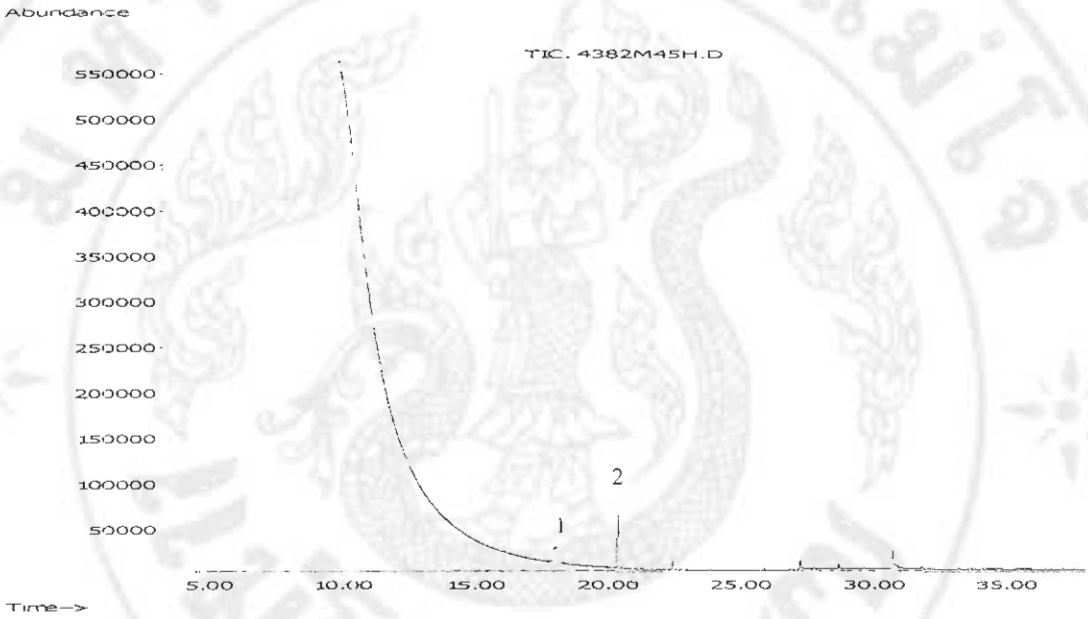
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.5 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 4/382 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 33 และ ตาราง 7, 21

5. โครมาโทรแกรม MVB 4/382




ภาพ 33 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 4/382 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

ตาราง 7 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 4/382

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18.069 | Cyclohexasiloxane, dodecamethyl | 424, 341(100), 325, 311, 207, 191, 147, 73(100) | 444 | 90 |
| 2 | 20.388 | Cycloheptasiloxane | 503, 415, 399, 341, 327, 281(100), 265, 221, 207, 147, 133, 73(100), 59 | 518 | 76 |

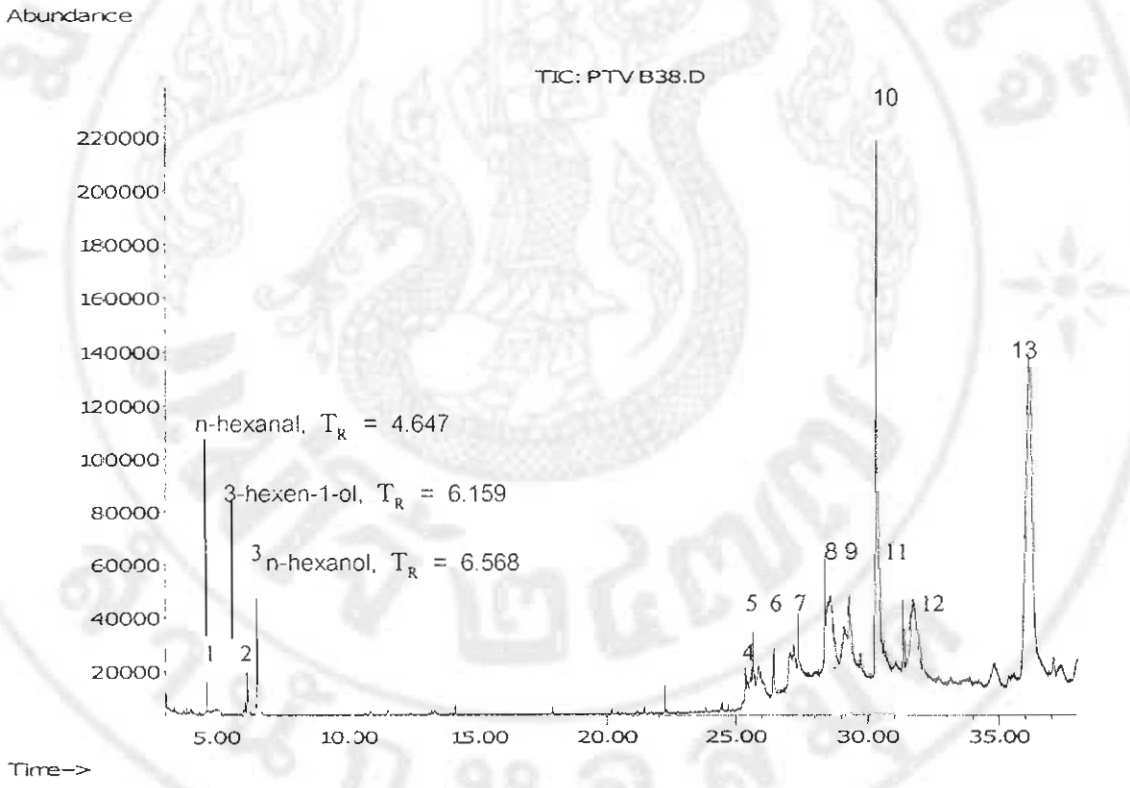
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

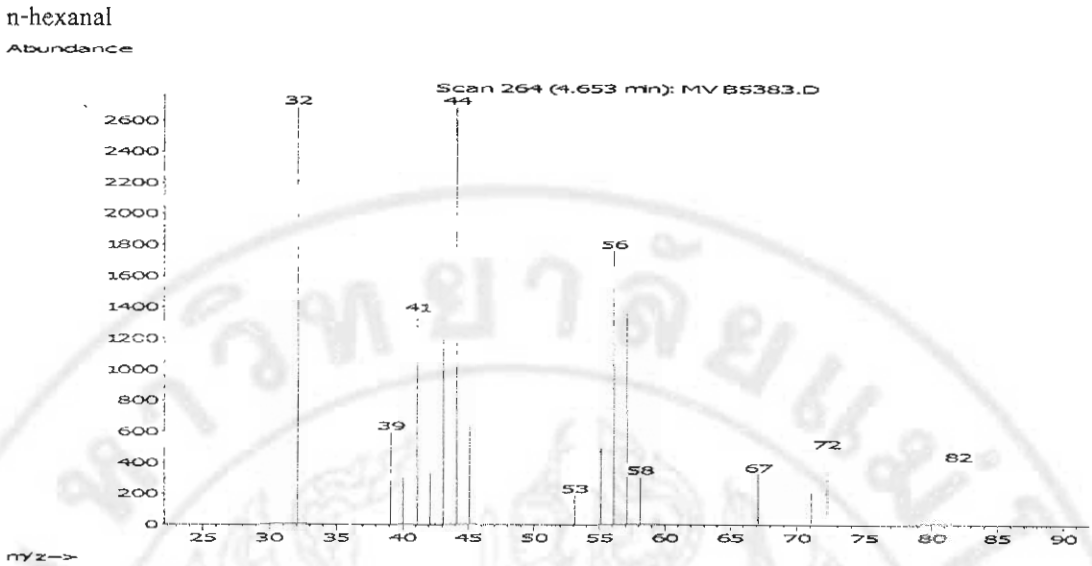
**4.1.6.6 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 5/383 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB 5/383 สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.647 นาที ปริมาณที่พบ 0.063%, 3-Hexen-1- ol เวลารีเทนชัน 6.159 นาที ปริมาณที่พบ 0.549 % และ n - Hexanol เวลารีเทนชัน 6.568 นาที ปริมาณที่พบ 1.425 % ดังแสดงในภาพ 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 และ ตาราง 8, 21

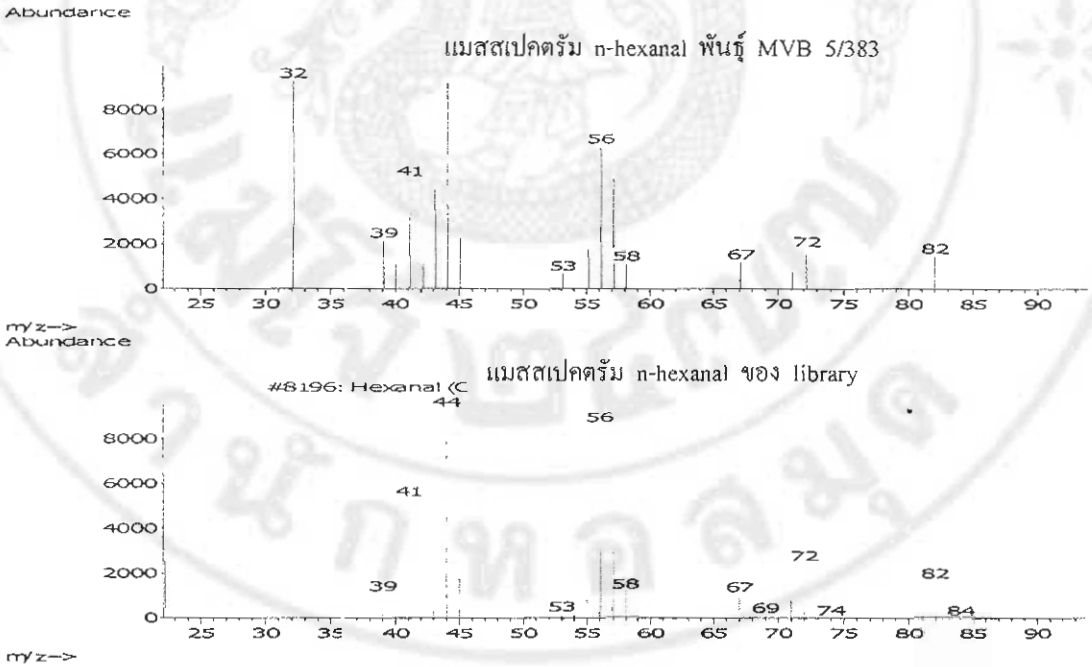
6. โครมาโทรแกรม MVB 5/383




**ภาพ 34** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 5/383 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

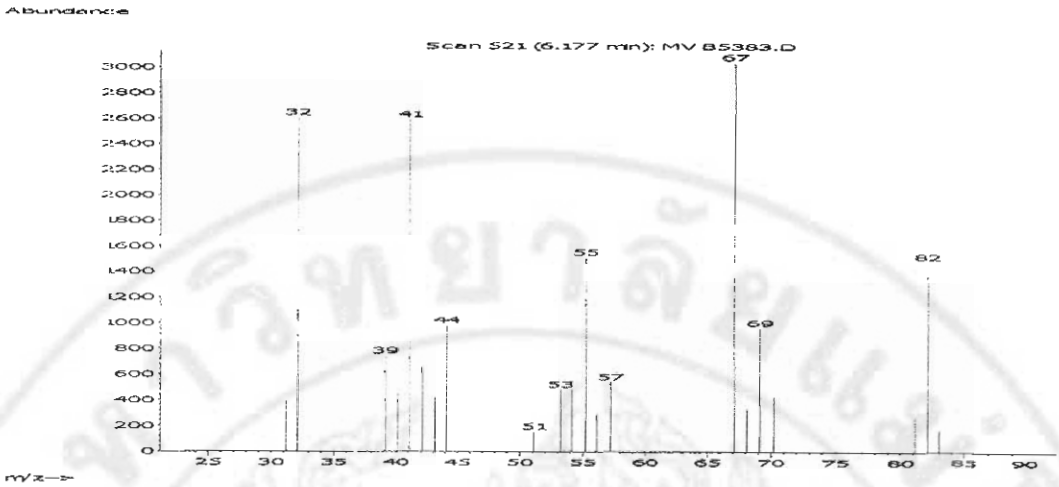



ภาพ 35 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

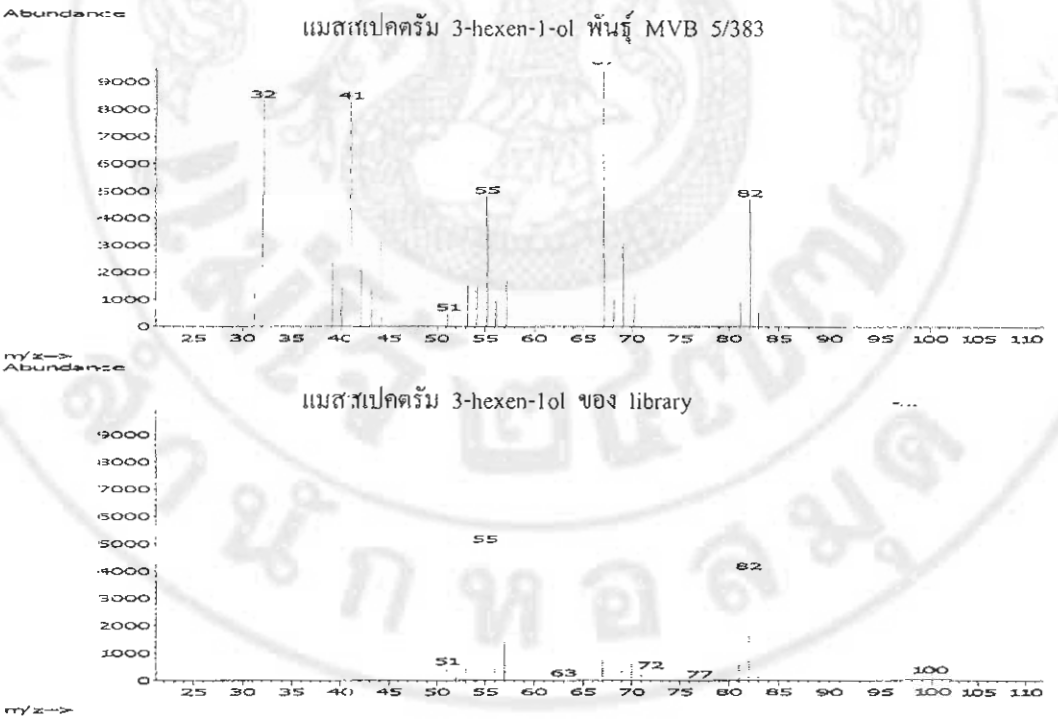



ภาพ 36 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

3-hexen-1-ol

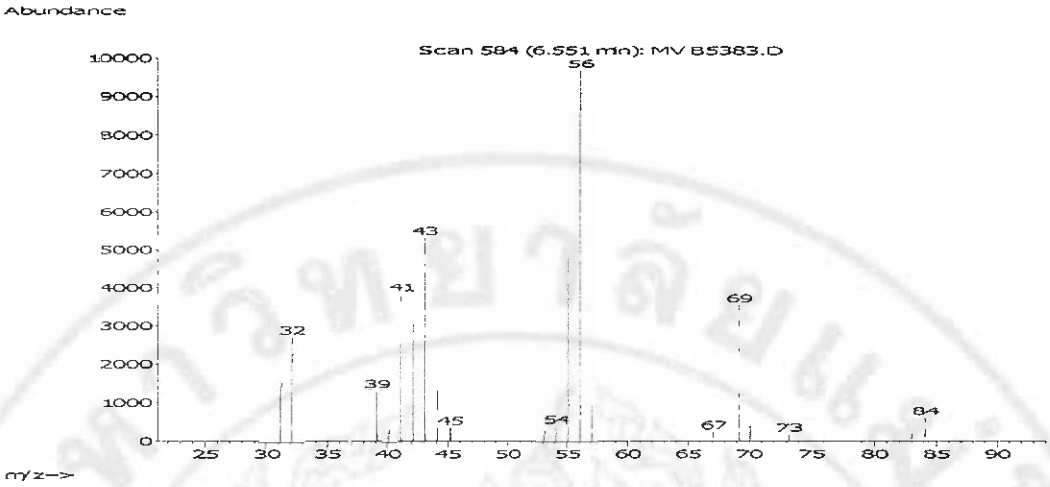



**ภาพ 37** แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.159 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

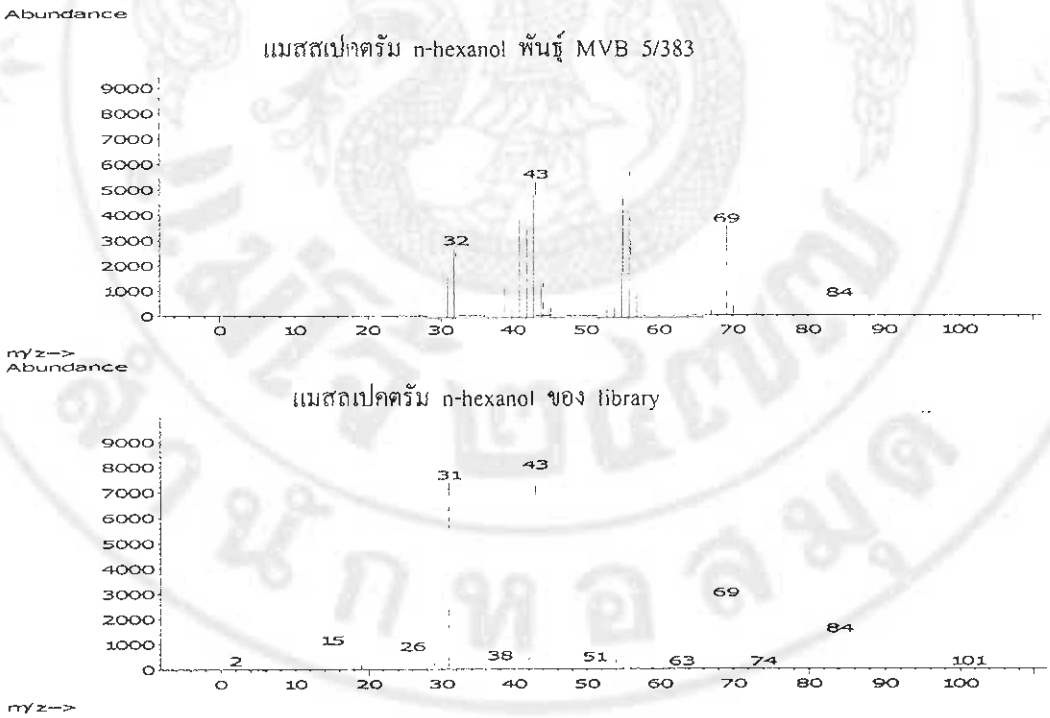



**ภาพ 38** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.159 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

n-hexanol




**ภาพ 39** แมสสเปคตรัม n-hexanol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสาและลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




**ภาพ 40** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที คือสาร n-hexanol เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

ตาราง 8 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 5/383

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.647 | n-Hexanal | 82, 72, 71, 67, 58, 57, 56, 55, 44(100), 43, 42, 41, 40,39 | 100 | 90 |
| 2 | 6.159 | 3-Hexen-1-ol | 82, 69, 67(100), 57, 55, 53 | 100 | 91 |
| 3 | 6.568 | n-Hexanol | 84, 69, 56(100), 53, 43, 39 | 102 | 93 |
| 4 | 25.369 | Unknown | 199(100), 121, 81, 53, 41 | 149 | 43 |
| 5 | 25.659 | Unknown | 218(100), 203, 190, 161, 135, 111 | 218 | 30 |
| 6 | 26.436 | Unknown | 97, 91, 83, 81, 69, 55(100), 43(100), 41 | 213 | 30 |
| 7 | 27.361 | Hexadecanamide | 255, 226, 212, 128, 114, 72, 59(100), 43 | 255 | 97 |
| 8 | 28.398 | Unknown | 218(100), 213, 202,189 | 218 | 38 |
| 9 | 29.282 | Octadecanamide | 283, 240, 173, 115, 101, 86, 72, 59(100), 43 | 283 | 60 |
| 10 | 30.313 | 9-Octadecenal | 236, 207, 165, 137, 123, 109, 95, 81(100), 69(100), 55(100), 41 | 266 | 59 |
| 11 | 31.351 | Di-(2-ethylhexyl) phthalate | 279, 167, 149(100), 113, 104, 83, 71, 51 | 390 | 64 |
| 12 | 31.754 | Rotenalone | 410(100) | 410 | 83 |
| 13 | 36.153 | .gamma-sitosterol | 414(100), 396, 381, 329, 303, 273, 255, 213, 199, 187, 173, 161, 145, 133, 119, 107, 95, 81, 69, 55, 43 | 414 | 99 |

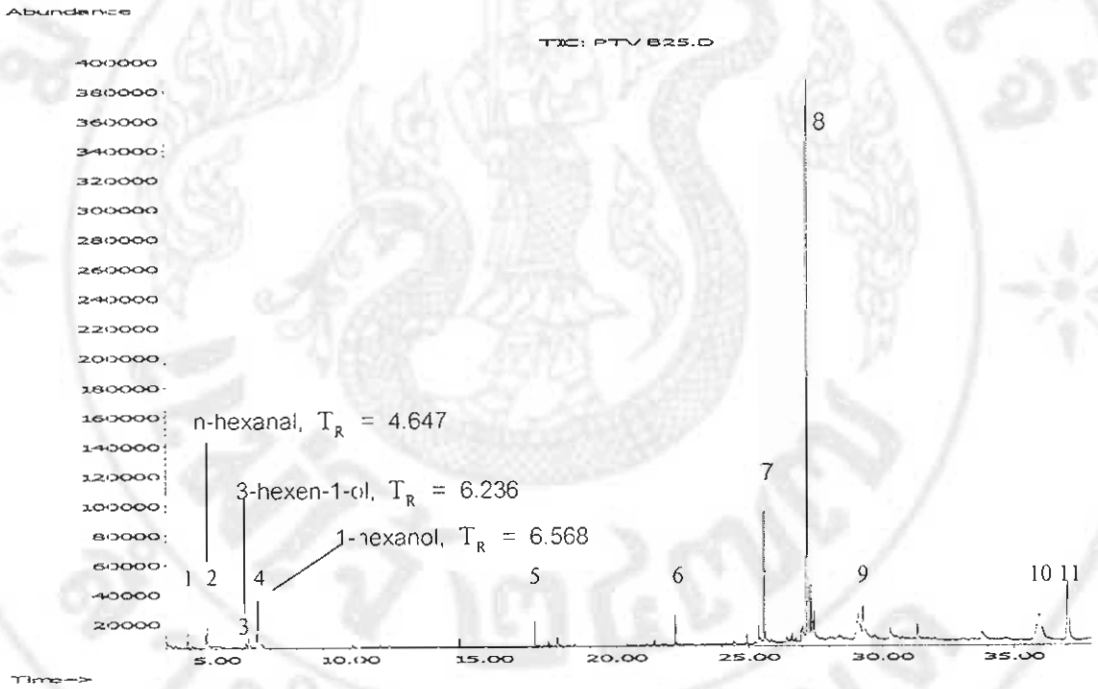
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

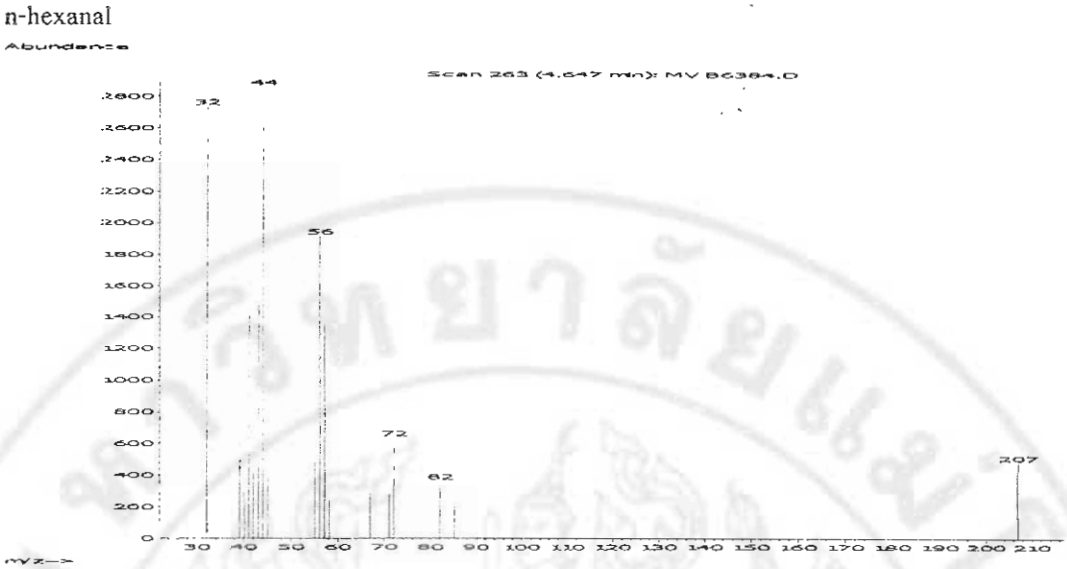
**4.1.6.7 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 6/384 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมา โทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB 6/384 สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.647 นาที ปริมาณที่พบ 1.081%, 3 – Hexen – 1 - ol เวลารีเทนชัน 6.236 นาที ปริมาณที่พบ 0.860 % และ 1 - Hexanol เวลารีเทนชัน 6.568 นาที ปริมาณที่พบ 4.222 % ดังแสดงในภาพ 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 และ ตาราง 9, 21

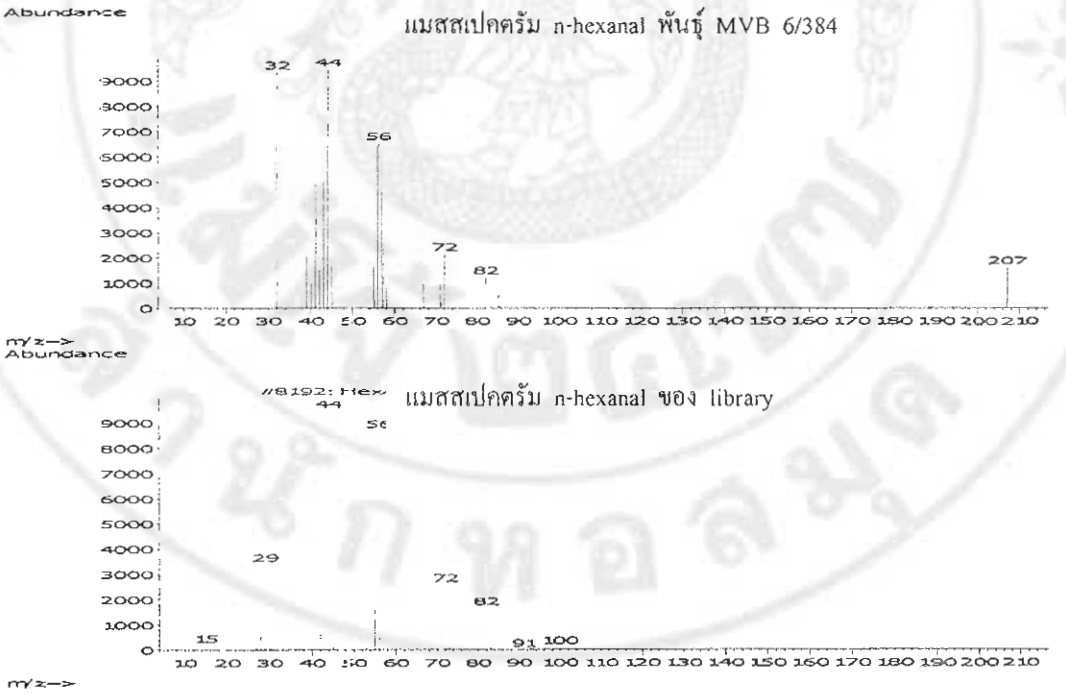
7. โครมาโทรแกรม MVB 6/384




**ภาพ 41** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 6/384 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

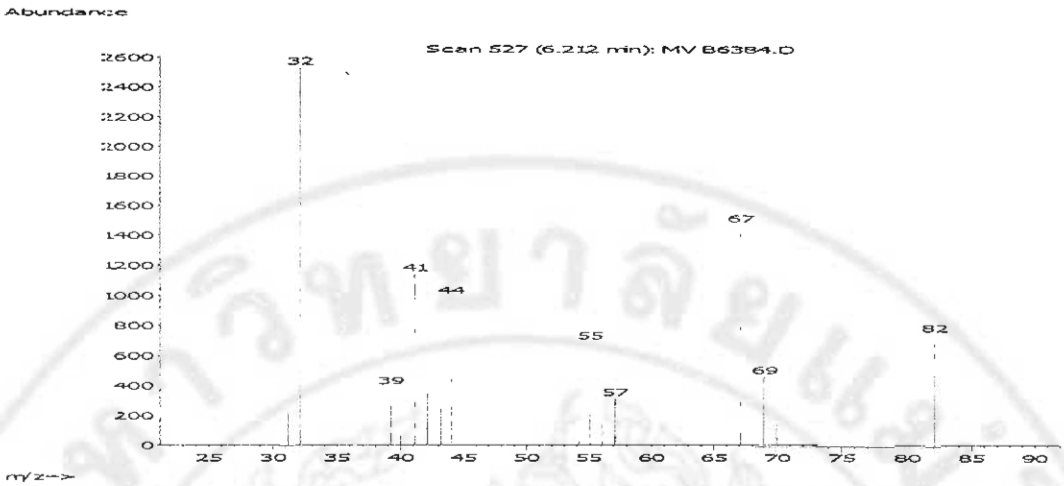



**ภาพ 42** แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

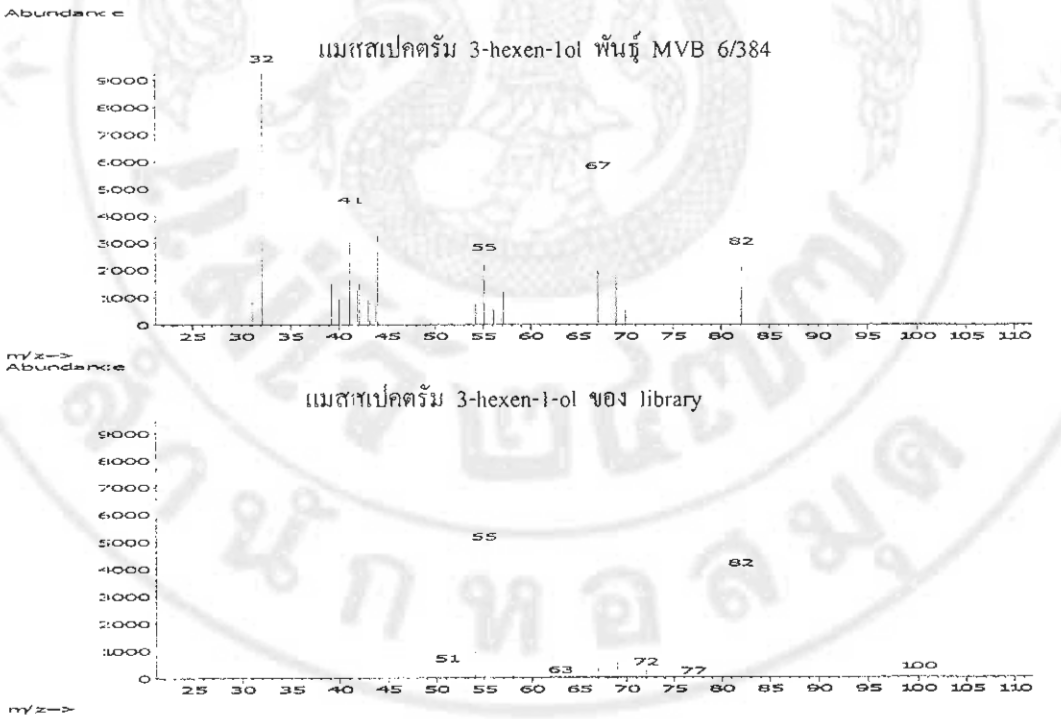



**ภาพ 43** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

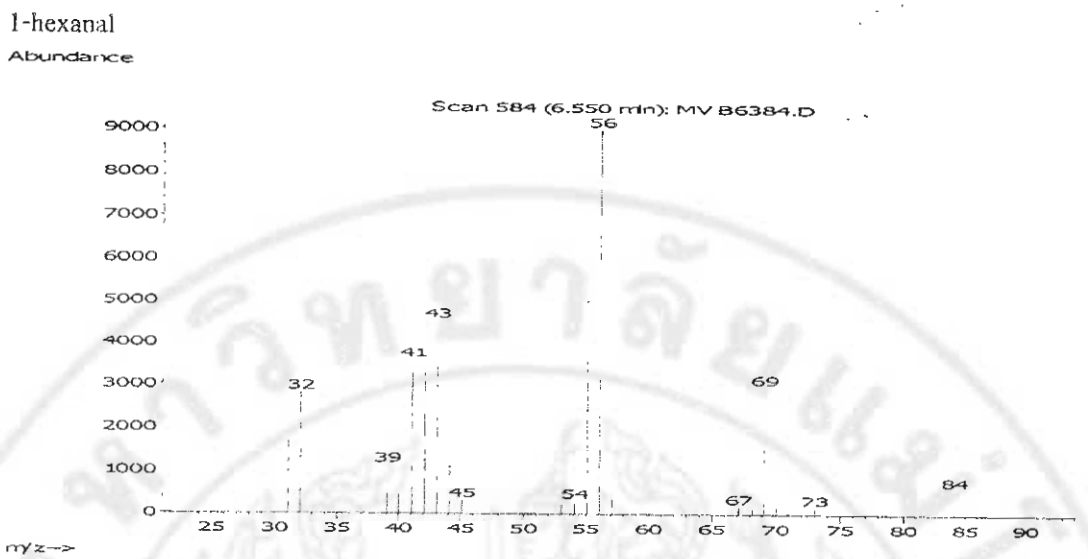
3-hexan-1-ol



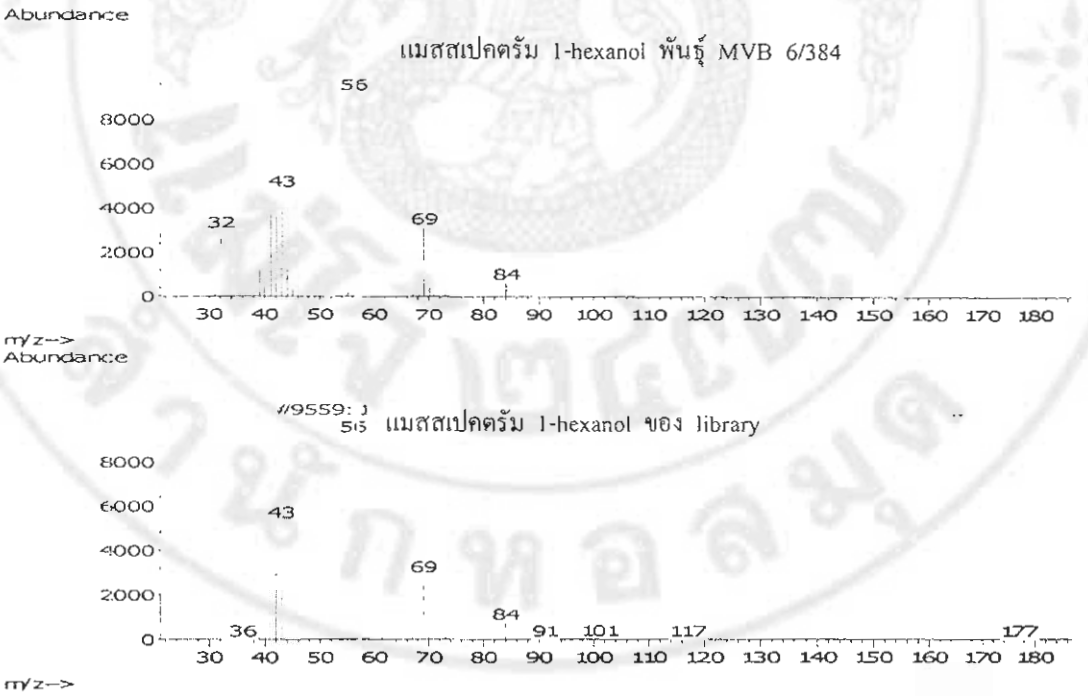

ภาพ 44 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.236 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 45 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.236 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7




ภาพ 46 แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

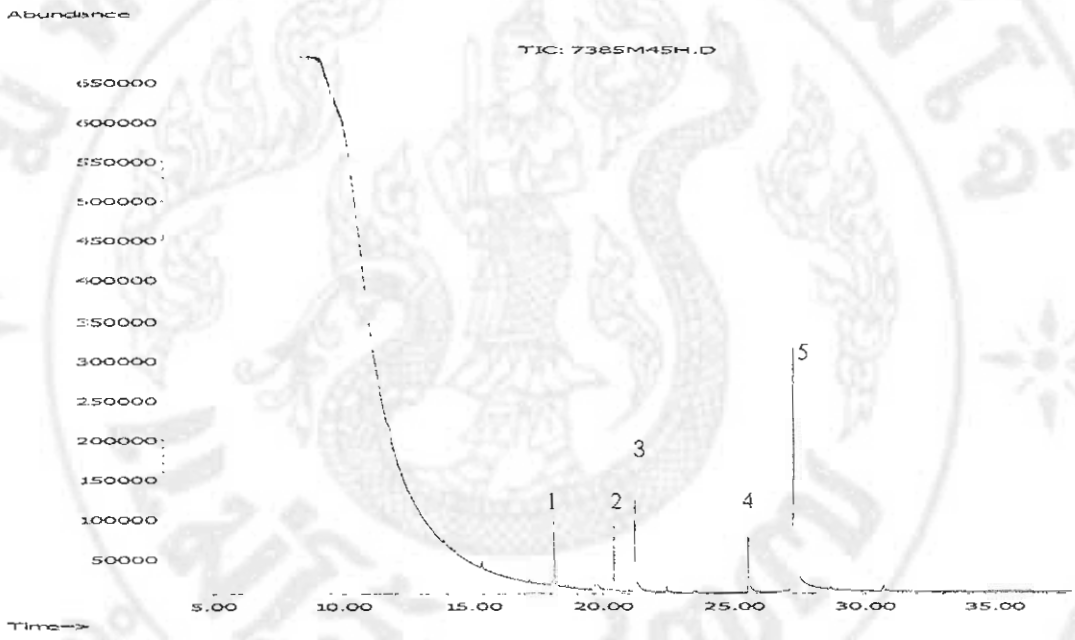



ภาพ 47 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 6/384 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.568 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**4.1.6.8 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 7/385 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมา โทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 48 และ ตาราง 10, 21

8. โครมาโทรแกรม MVB 7/385




ภาพ 48 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 7/385 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

ตาราง 10 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 7/385

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18.099 | Cyclohexasiloxane | 429, 413, 341(100), 325, 267, 207, 191, 147, 133, 73(100), 59 | 444 | 90 |
| 2 | 20.418 | Cycloheptasiloxane | 503, 415, 399, 383, 341, 327, 281(100), 265, 221, 207, 147, 133, 117, 73(100), 59 | 518 | 87 |
| 3 | 21.212 | Dodecanoic acid | 200, 171, 157, 143, 138, 129, 125, 115, 111, 101, 97, 85, 81, 73(100), 69, 60, 55, 41 | 200 | 99 |
| 4 | 25.516 | Hexadecanoic acid | 256, 213, 185, 171, 157, 143, 129, 115, 97, 83, 73(100), 60(100), 55, 43 | 256 | 99 |
| 5 | 27.242 | 9-Octadecenoic acid | 264, 235, 222, 207, 193, 180, 165, 151, 137, 111, 97, 83, 69, 55(100), 41 | 282 | 99 |

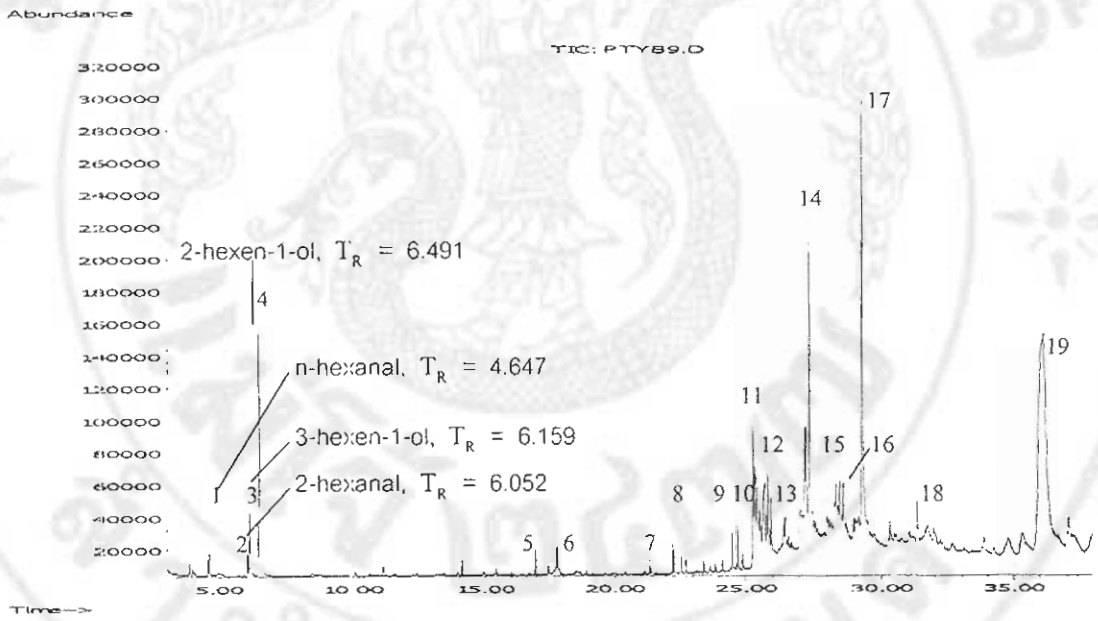
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.9 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 8/386 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

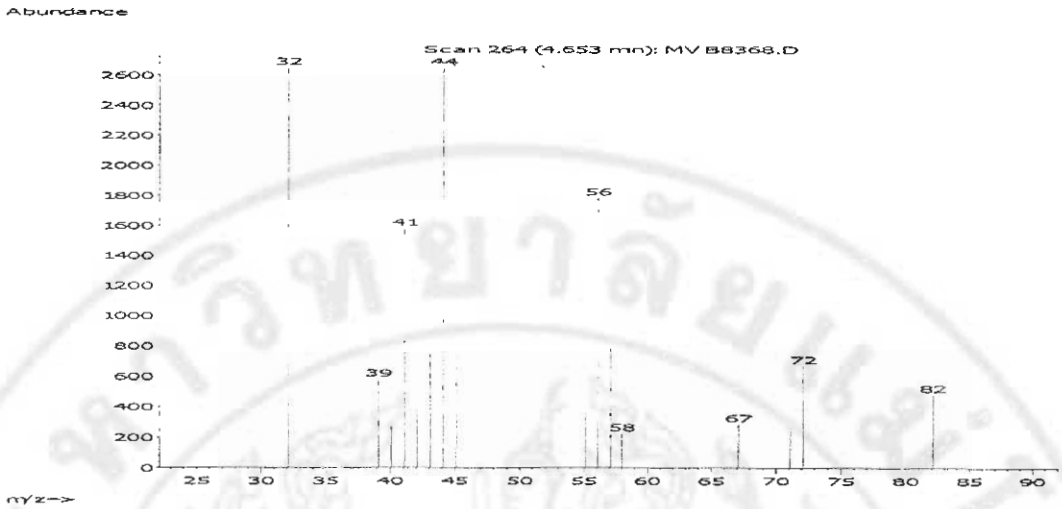
MVB 8/386 สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.647 นาที ปริมาณที่พบ 0.330 %, 2-Hexanal เวลารีเทนชัน 6.052 นาที ปริมาณที่พบ 0.424 %, 3-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.159 นาที ปริมาณที่พบ 1.470 % และ 2-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.491 นาที ปริมาณที่พบ 4.762 % ดังแสดงในภาพ 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 และ 11, 21

9. โครมาโทรแกรม MVB 8/386

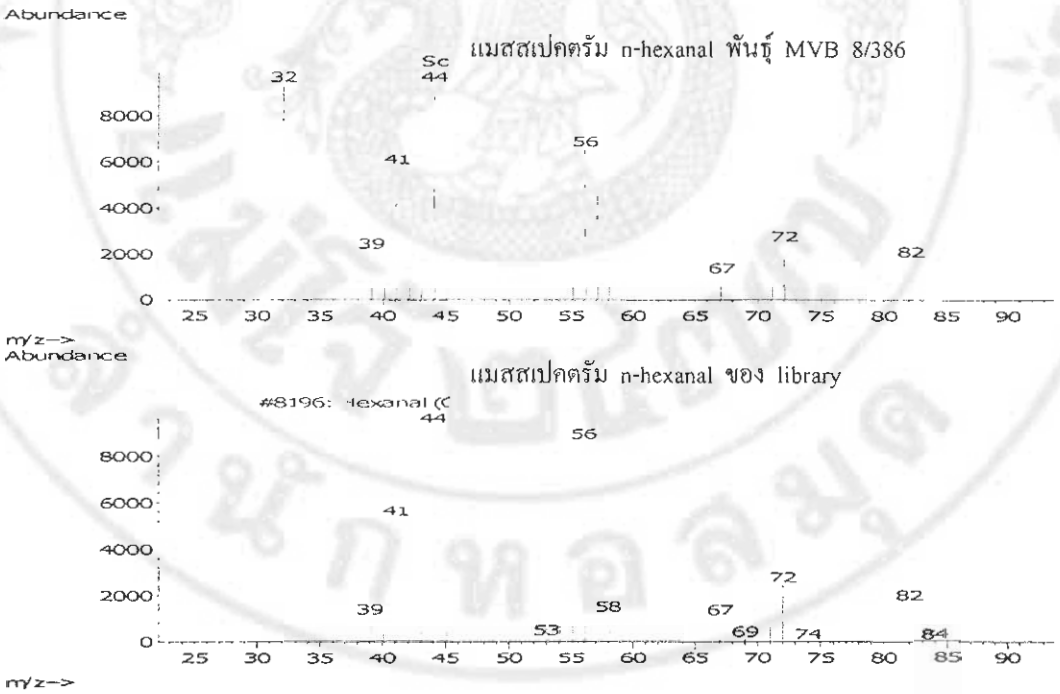



ภาพ 49 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 8/386 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

n-hexanal

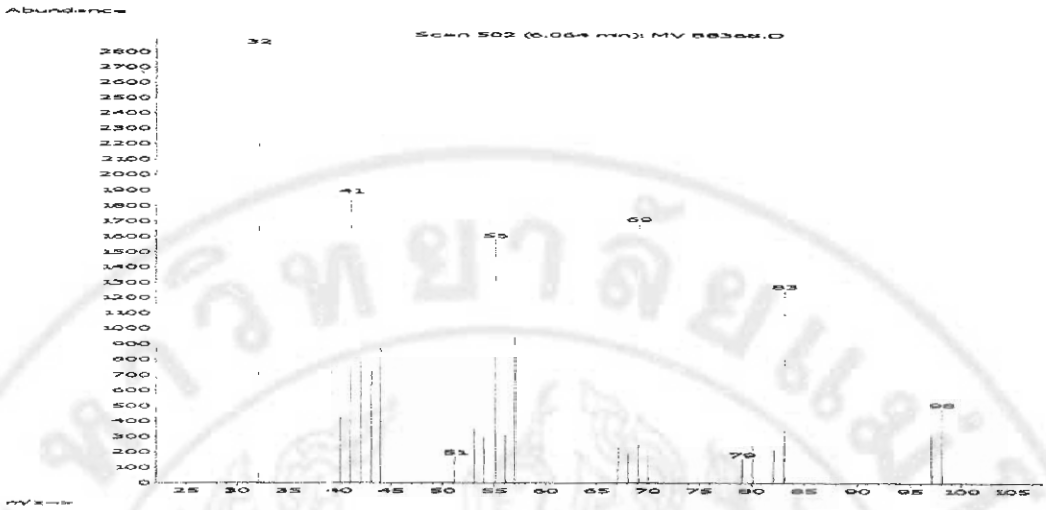



**ภาพ 50** แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

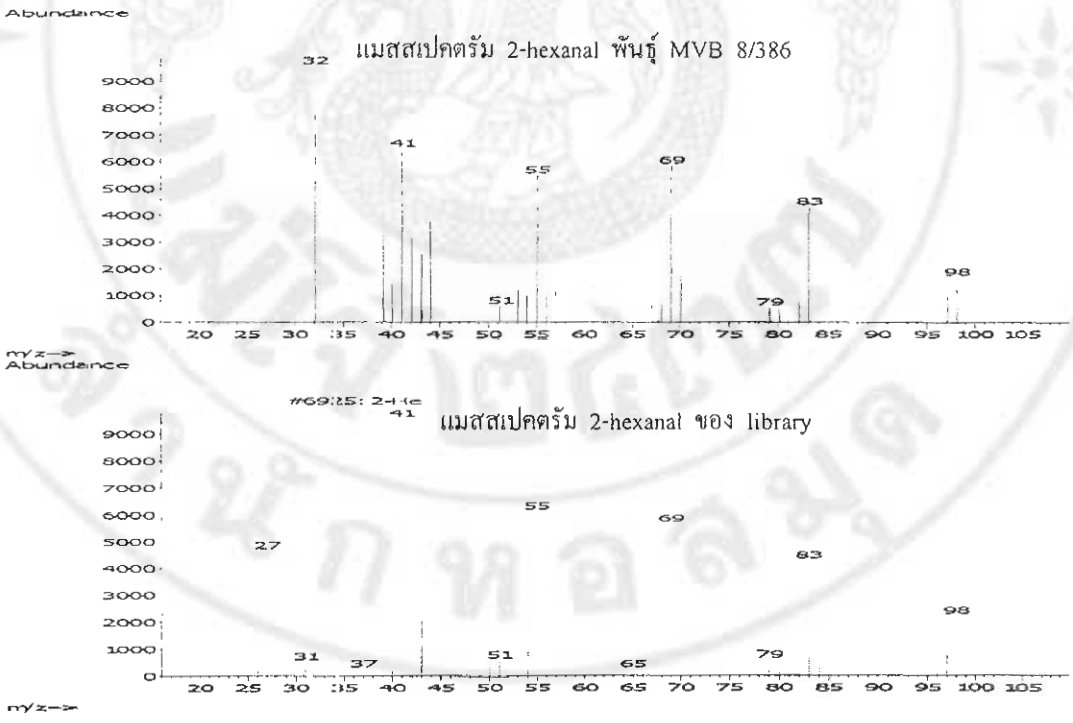



**ภาพ 51** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

2-hexanal

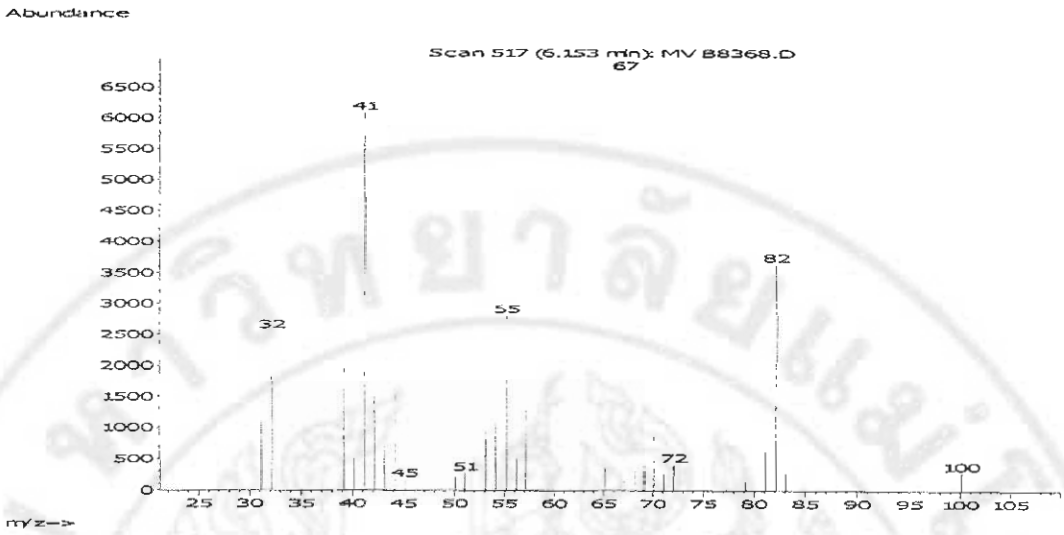



**ภาพ 52** แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

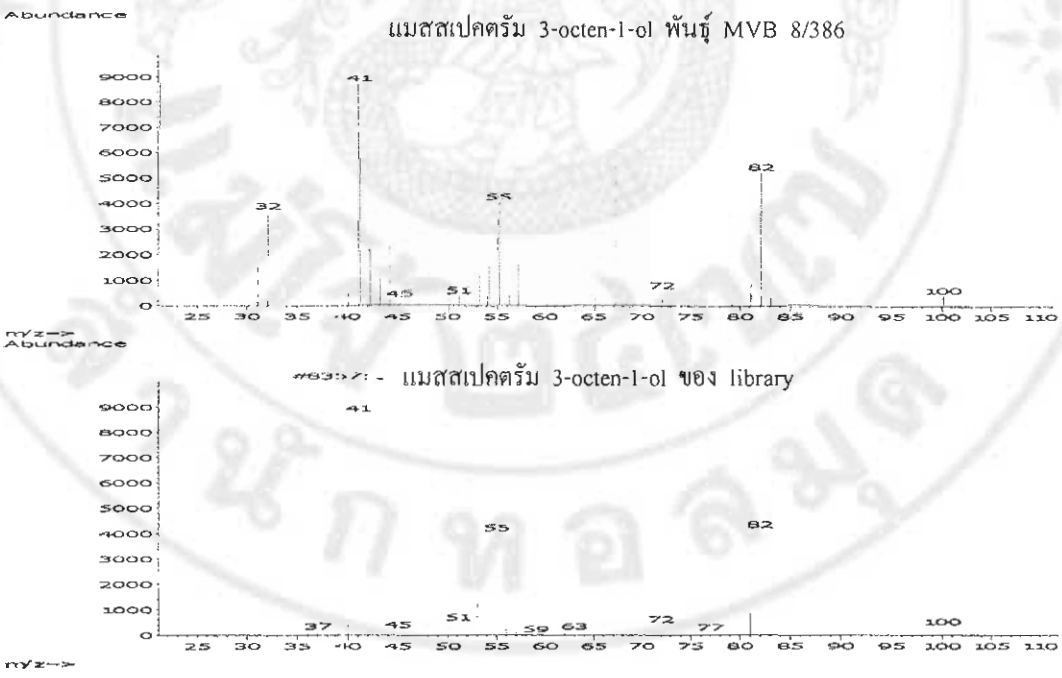



**ภาพ 53** แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

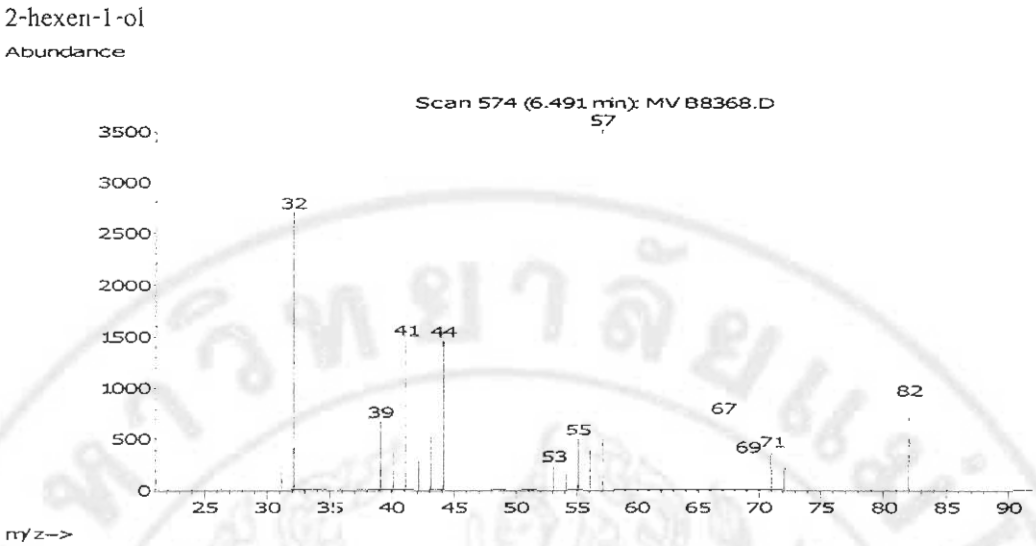
3-hexen-1-ol



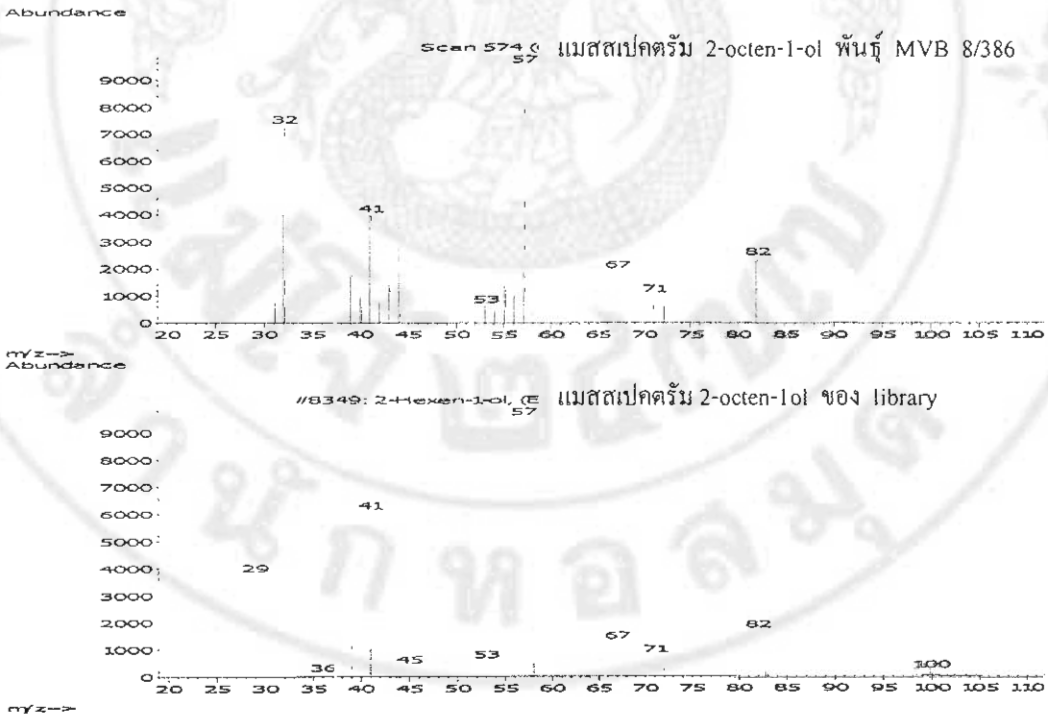

ภาพ 54 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.159 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 55 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.159 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7




ภาพ 56 แมสสเปคตรัม 2-octen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.491 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 57 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.491 นาที ค่อสาร 2-octen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**ตาราง 11** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 8/386

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.647 | n-Hexanal | 82, 72, 69, 67, 58, 56, 44(100), 41, 39 | 100 | 99 |
| 2 | 6.052 | 2-Hexanal | 98, 83, 69(100),67, 57, 55, 53, 43, 41, 39 | 98 | 95 |
| 3 | 6.159 | 3-Hexen-1-ol | 82, 72, 69(100), 65, 57, 55, 53, 51 | 100 | 90 |
| 4 | 6.491 | 2-Hexen-1-ol | 82, 71, 69, 67, 57(100), 55, 53, 44, 41, 39 | 100 | 91 |
| 5 | 16.943 | 2-Cyclohexen-1-ol | 97, 83, 79, 72, 70(100) | 98 | 50 |
| 6 | 17.797 | Unknown | 87, 84, 71, 58, 56, 44(100), 41 | 131 | 42 |
| 7 | 21.343 | Unknown | 159, 143, 111, 85, 57(100) | 1013 | 23 |
| 8 | 22.226 | Unknown | 206, 191, 173, (100), 147, 135, 115, 105, 91, 77, 41 | 206 | 46 |
| 9 | 24.470 | Phosphonic acid | 125, 111, 97, 83(100), 73, 69(100), 55(100), 44, 43 | 587 | 92 |
| 10 | 24.698 | Unknown | 109, 96, 85, 71, 58, 44(100) | 226 | 50 |
| 11 | 25.291 | n-Hexadecanoic acid | 256, 227, 213, 199, 194, 185, 171,157, 143, 129, 115, 102, 97, 83, 73(100), 67, 60, 55, 43(100) | 256 | 99 |
| 12 | 25.848 | p-tert-Amyl phenoxy ethanol | 193, 179(100), 149, 135, 107, 91, 77, 55, 41 | 208 | 78 |
| 13 | 26.477 | n-Tetracosanol | 140, 129, 111, 97, 83, 69, 57(100), 43 | 354 | 76 |
| 14 | 27.360 | Hexadecanomide | 255, 226, 212, 198, 184, 170, 156, 128, 114, 86, 72, 59(100), 43 | 255 | 91 |
| 15 | 28.469 | Unknown | 223(100), 178, 151, 135 | 223 | 53 |
| 16 | 28.617 | Unknown | 237(100), 222, 206, 191, 179 | 237 | 50 |
| 17 | 29.281 | Hexadecanomide | 198, 194, 170, 142, 128, 114, 97, 86, 72, 59(100), 43 | 255 | 86 |

ตาราง 11 (ต่อ)

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 31.350 | Di-(2-ethylhexyl) phthalate | 279, 167, 149, 113, 83, 71, 57 | 390 | 72 |
| 19 | 36.117 | Stigmasterol | 414(100), 296, 329, 203, 273, 255, 231, 213, 199, 159, 145, 132, 119, 95, 81, 69, 43(100) | 414 | 98 |

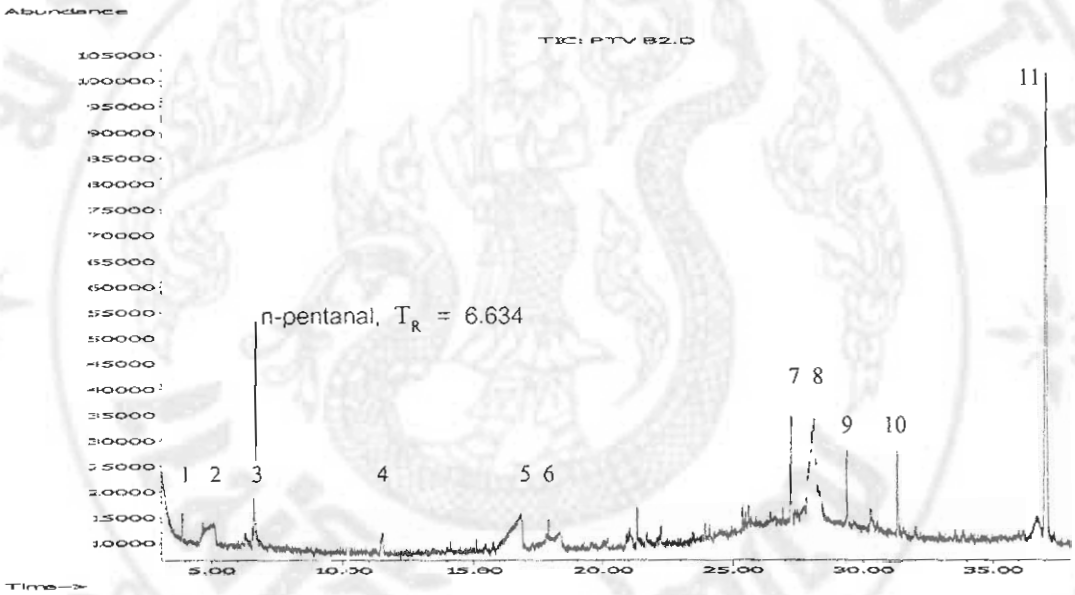
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.10 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 9/387 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

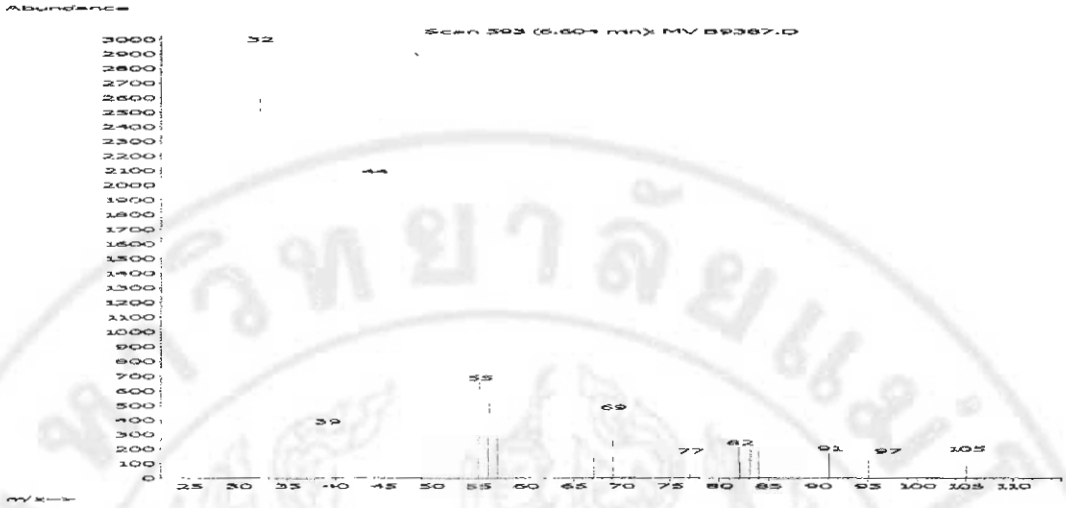
MVB 9/387 สารหอมที่พบคือ n-Pantanal เวลารีเทนชัน 6.634 นาที ปริมาณที่พบ 4.364 % ดังแสดงในภาพ 58, 59, 60 และ ตาราง 12, 21

10. โครมาโทรแกรม MVB 9/387




ภาพ 58 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 9/387 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

n-pentanal




ภาพ 59 แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.634 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ภาพ 60 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 9/387 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.634 นาที คือสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

ตาราง 12 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 9/387

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.870 | Unknown | 70, 54, 44(100), 41 | 116 | 25 |
| 2 | 5.050 | Cyclotrisiloxane, hexamethyl | 207(100), 191, 133, 96 | 222 | 72 |
| 3 | 6.634 | n-Pentanal | 84, 57, 44(100), 41, 39 | 86 | 70 |
| 4 | 11.513 | Cyclotetrasilixane, octamethyl | 281(100) | 281 | 74 |
| 5 | 16.760 | Unknown | 73, 57, 44(100) | 73 | 16 |
| 6 | 17.868 | Unknown | 69, 44(100), 41 | 73 | 36 |
| 7 | 27.212 | 5-Nitrouracil | 97, 88, 83, 69, 60, 55, 44(100), 39 | 157 | 53 |
| 8 | 28.024 | Unknown | 460 | 460 | 45 |
| 9 | 29.394 | Unknown | 113, 84, 70, 57, 44(100), 39 | 113 | 25 |
| 10 | 31.315 | Bis-(2-ethylhexyl) phthalate | 279, 167, 149(100), 113, 104, 83, 71, 57 | 390 | 20 |
| 11 | 37.072 | Squalene | 410, 267, 341, 231, 191, 175, 149, 137, 109, 95, 81, 69(100), 55, 41 | 410 | 93 |

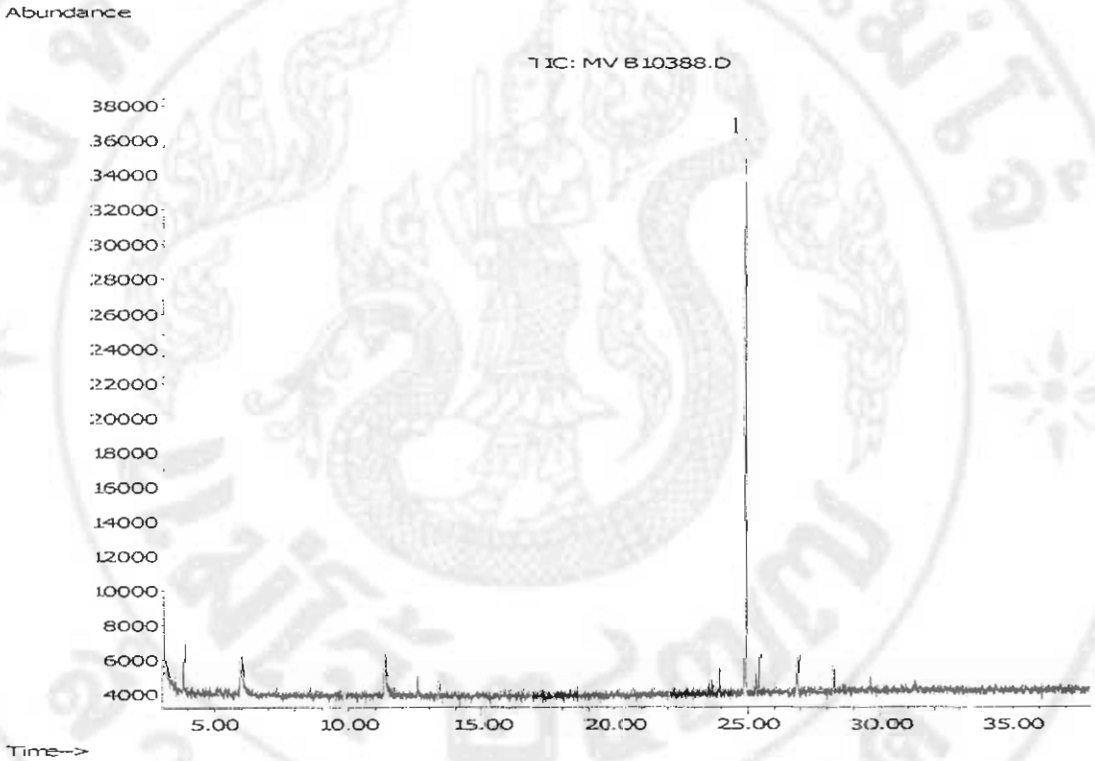
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.11 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 10/388 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 61 และ ตาราง 13, 21

11. โครมาโทรแกรม MVB 10/388




ภาพ 61 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 10/388 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

**ตาราง 13** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 10/388

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24.959 | Methyl palmitate | 270, 239, 227, 199, 185, 143, 129, 97, 87, 74(100), 55, 43 | 270 | 96 |

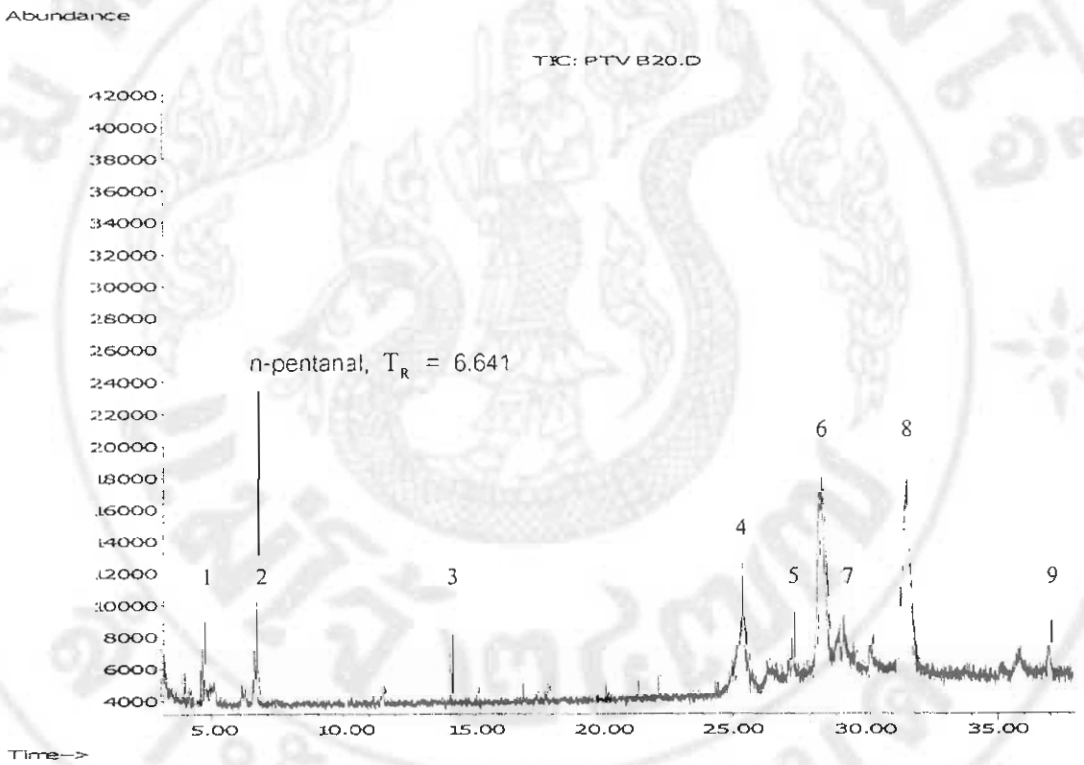
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.12 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 11/389 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

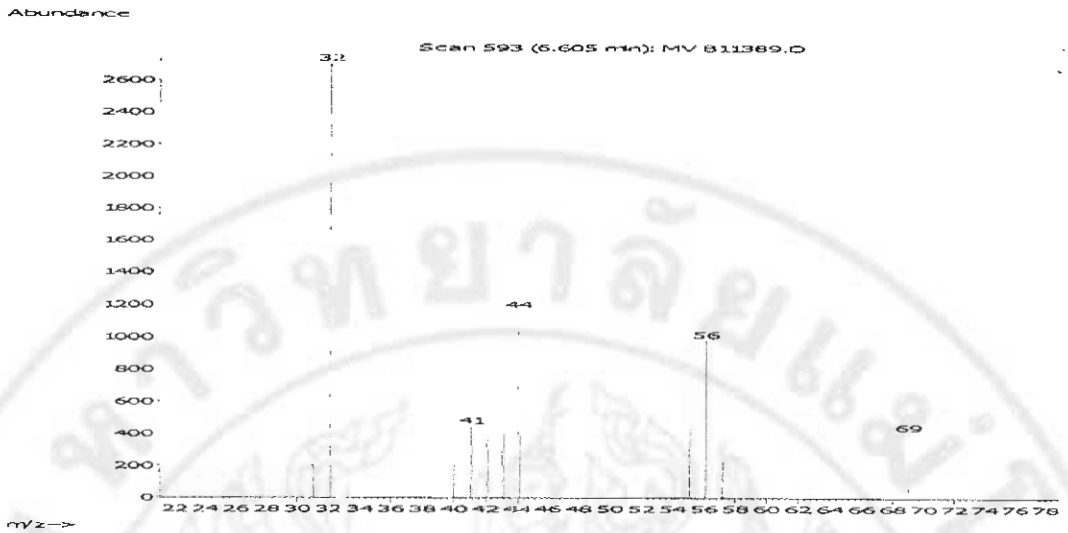
MVB 11/389 สารหอมที่พบคือ n-Pentanal เวลารีเทนชัน 6.641 นาที ปริมาณที่พบ 2.870 % ดังแสดงในภาพ 62, 63, 64 และ ตาราง 14, 21

12. โครมาโทรแกรม MVB 11/389

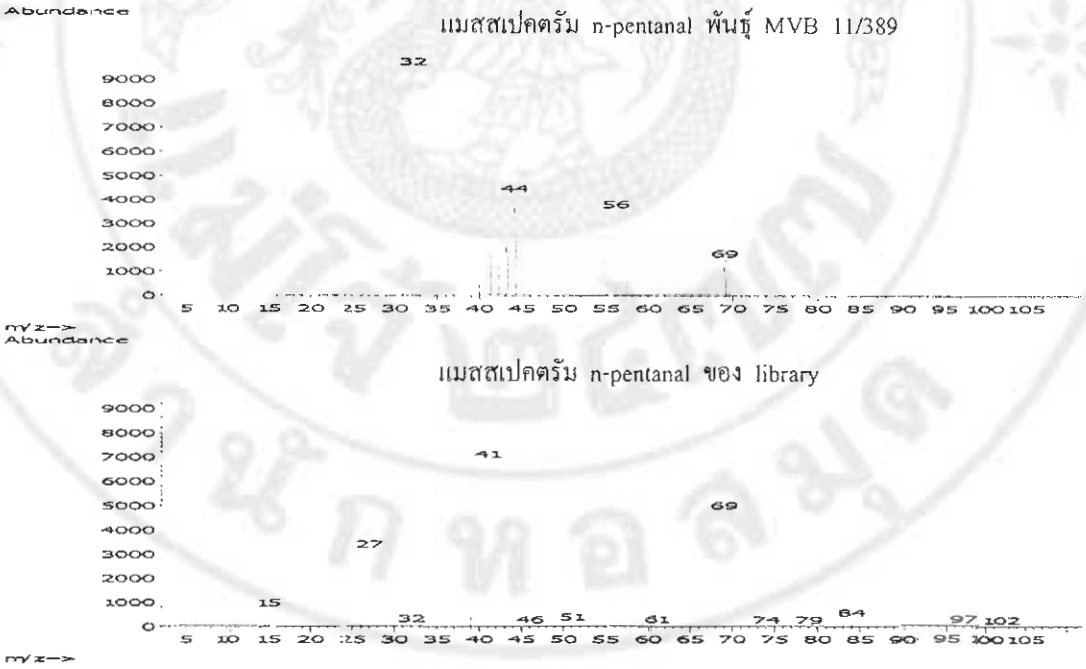



ภาพ 62 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 11/389 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

n-pentanal




ภาพ 63 แมสสเปคตรัม n-pentanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.641 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 64 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 11/389 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.641 นาที คือสาร n-pentanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**ตาราง 14** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 11/389

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.684 | Unknown | 56, 44(100), 40 | 75 | 9 |
| 2 | 6.641 | n-Patanal | 69, 56(100), 44, 41, 39 | 102 | 80 |
| 3 | 14.187 | n-Dodecanal | 95, 82, 70, 67(100) | 184 | 38 |
| 4 | 25.370 | Unknown | 149(100), 120, 105, 91, 44 | 149 | 50 |
| 5 | 27.362 | Unknown | 207, 72, 57, 44(100), 40 | 207 | 35 |
| 6 | 28.323 | :alpha.-Amyin | 426, 218(100), 161, 147, 135, 109, 95, 81, 69, 55 | 426 | 90 |
| 7 | 29.319 | Unknown | 97, 83, 69, 55, 44(100) | 284 | 43 |
| 8 | 31.465 | Unknown | 174(100), 145, 132, 119, 104, 91 | 174 | 35 |
| 9 | 37.073 | Unknown | 83, 55, 44(100), 39 | 227 | 4 |

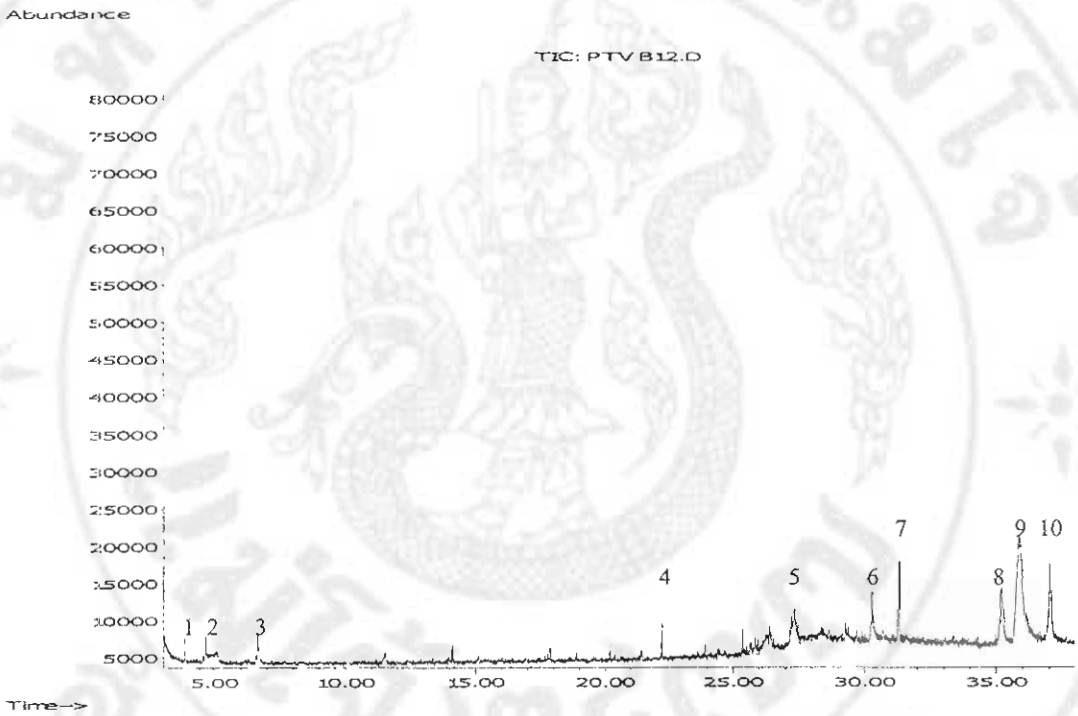
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.13 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 12/346 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 65 และ ตาราง 15, 21

13. โครมาโทรแกรม MVB 12/346




ภาพ 65 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 12/346 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

**ตาราง 15** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 12/346

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.906 | Unknown | 91(100), 44, 39 | 92 | 5 |
| 2 | 4.682 | Unknown | 56, 44(100), 40 | 227 | 9 |
| 3 | 22.261 | Unknown | 44(100), 43, 40 | 44 | 3 |
| 4 | 22.226 | Unknown | 105, 91, 77, 55, 44(100), 40 | 191 | 5 |
| 5 | 27.360 | Unknown | 58, 57, 56, 44(100), 41 | 75 | 17 |
| 6 | 30.312 | 5-Nitrouracil | 129, 111, 97, 83, 69, 55, 44(100) | 157 | 72 |
| 7 | 31.314 | Didodecyl phthalate | 149(100), 104, 83, 71, 57 | 502 | 53 |
| 8 | 35.227 | Unknown | 207, 103, 57, 44(100) | 207 | 37 |
| 9 | 35.856 | 1-Hentetracontanol | 125, 111, 97, 83, 71, 51(100), 44(100) | 593 | 60 |
| 10 | 37.036 | Unknown | 137, 95, 81, 69(100), 55 | 206 | 50 |

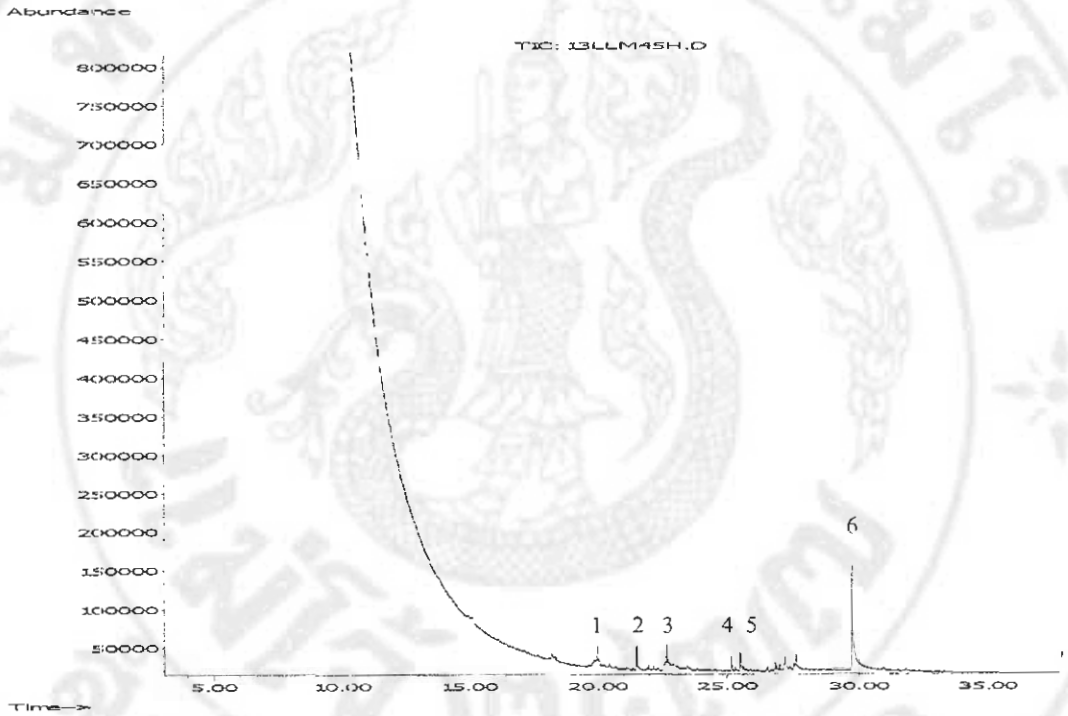
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.14 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 13/LL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 66 และ ตาราง 16, 21

14. โครมาโทรแกรม MVB 13/LL




ภาพ 66 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 13/LL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

**ตาราง 16** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 13/LL

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19.973 | Cycloheptasiloxane | 503, 415, 399, 383, 341, 329, 281(100), 221, 203, 147, 85, 73(100), 45 | 518 | 78 |
| 2 | 21.485 | Benzothiazole, 2-propyl | 177, 149(100), 69, 45 | 177 | 53 |
| 3 | 22.670 | Cyclododecane | 168, 140, 111, 97, 83, 69, 55(100), 41 | 168 | 56 |
| 4 | 25.178 | Hexadecanoic acid | 270, 239, 227, 171, 143, 129, 97, 87, 74(100), 67, 55, 44 | 270 | 90 |
| 5 | 25.516 | Unknown | 73, 57, 44(100), 39 | 73 | 47 |
| 6 | 29.726 | Di-(2-ethylhexy) adipate | 241, 147, 129(100), 112, 101, 83, 70, 57, 43 | 370 | 87 |

[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.15 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 14/WL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 67 และ ตาราง 17, 21

15. โครมาโทรแกรม MVB 14/WL

ภาพ 67 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 14/WL สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

ตาราง 17 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 14/WL

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่พบสาร | | | | | |

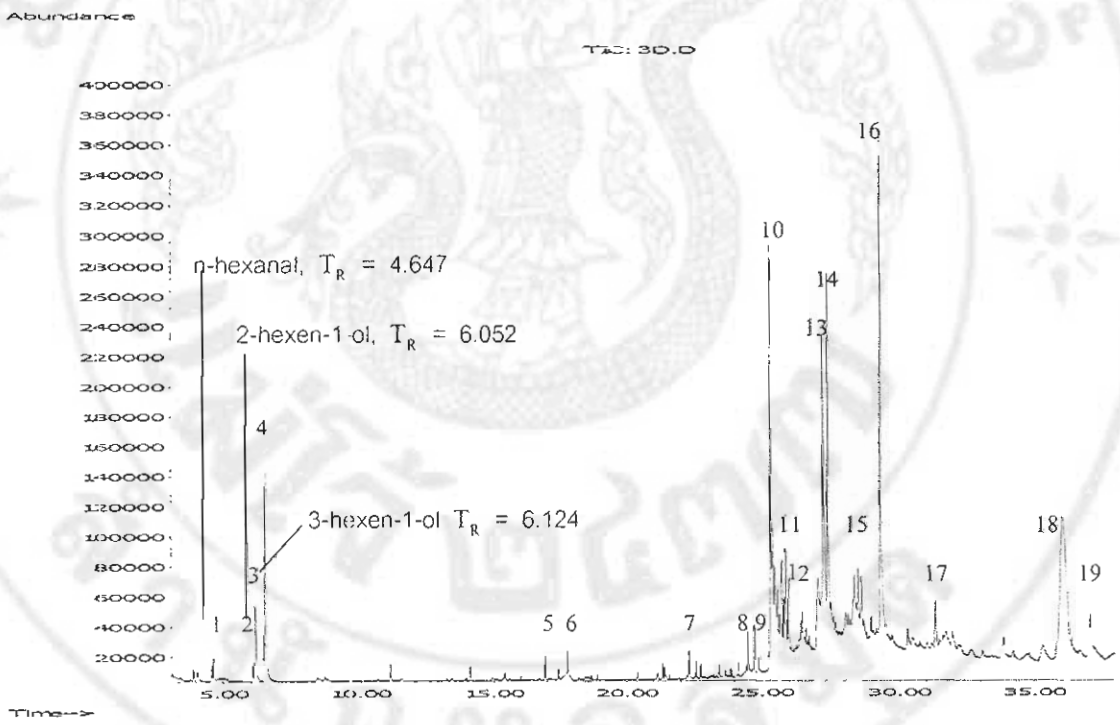
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

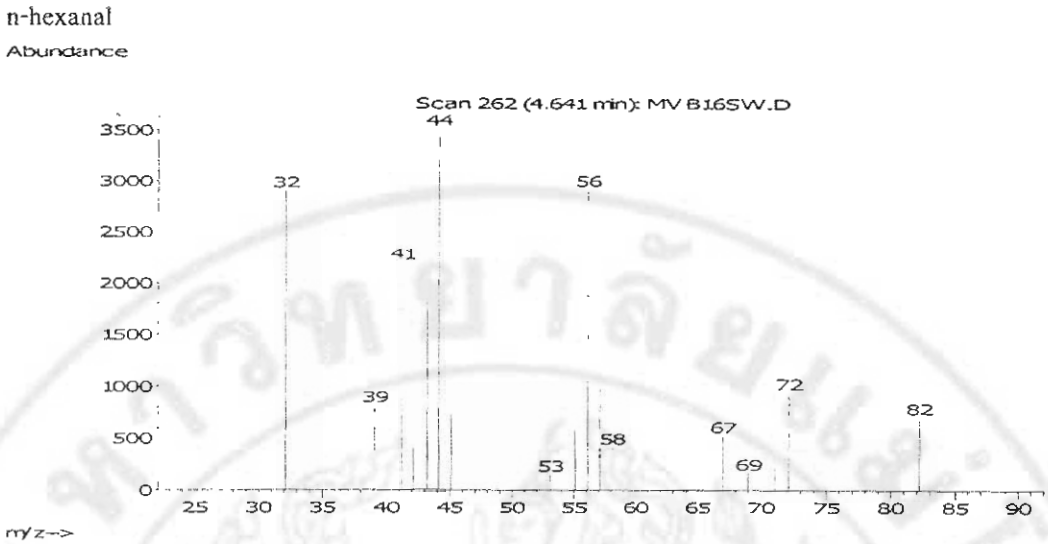
**4.1.6.16 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 16/SW สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB 16/SW สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.647 นาที ปริมาณที่พบ 0.358 %, 2-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.052 นาที ปริมาณที่พบ 1.422 % และ 3-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.124 นาที ปริมาณที่พบ 3.736 % ดังแสดงในภาพ 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74 และ ตาราง 18, 21

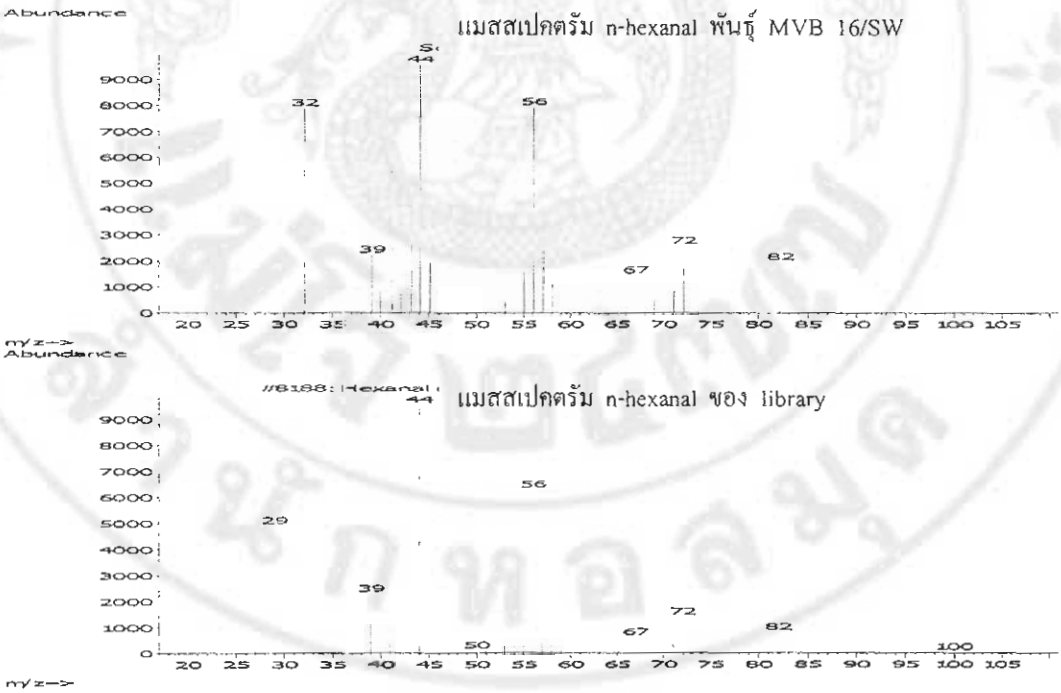
16. โครมาโทรแกรม MVB 16/SW




**ภาพ 68** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 16/SW สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

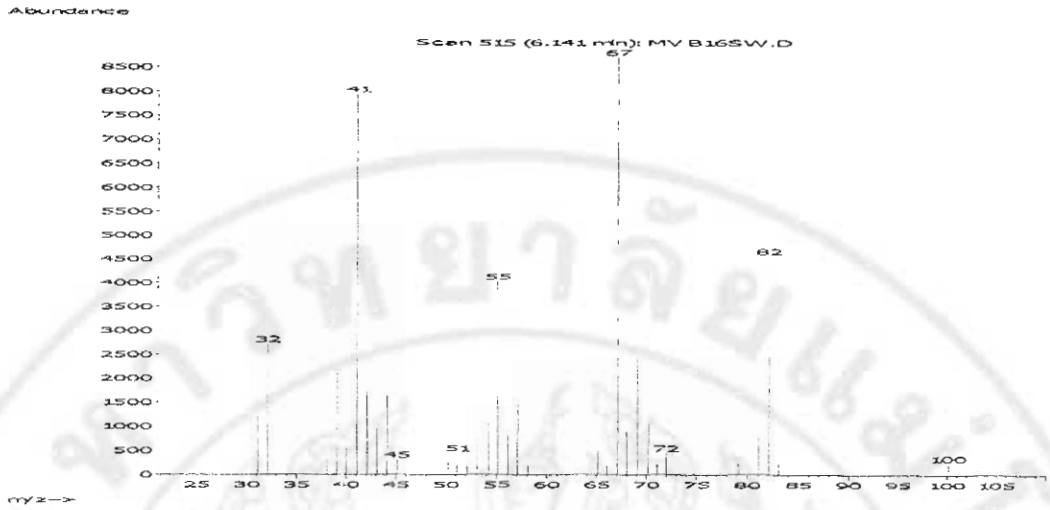



ภาพ 69 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.647 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

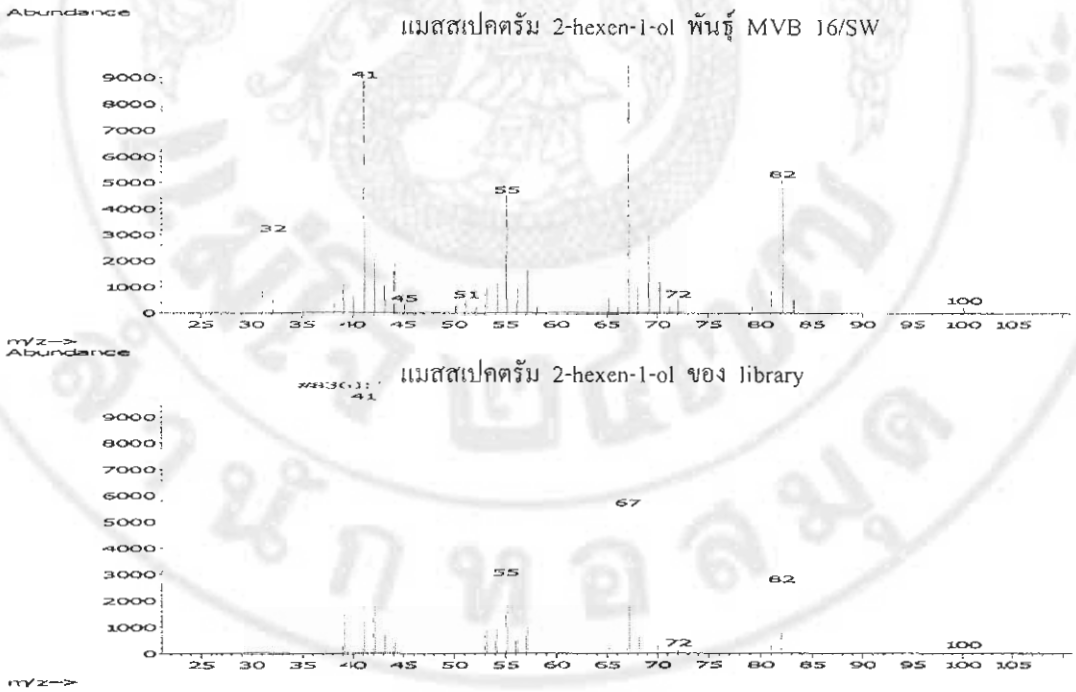



ภาพ 70 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 4.647 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

2-hexen-1-ol

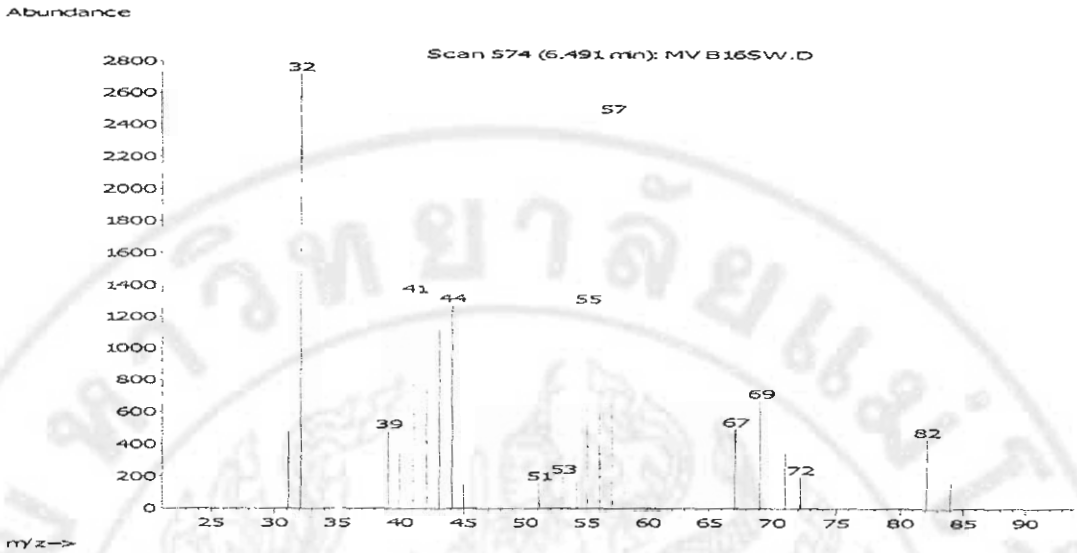



ภาพ 71 แมสสเปคตรัม 2-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

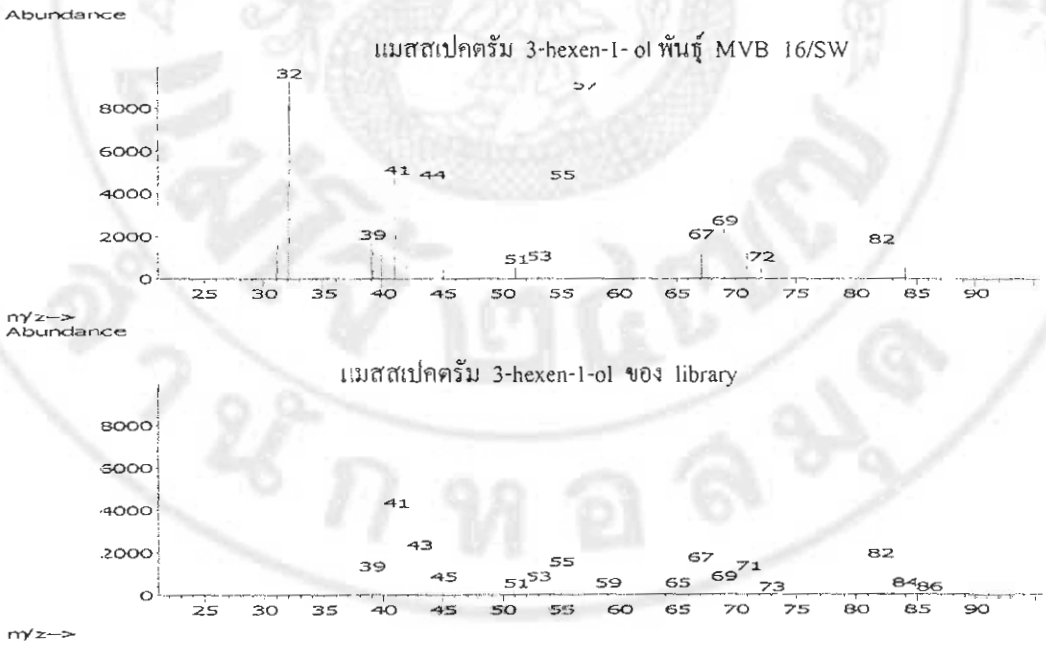



ภาพ 72 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.052 นาที คือสาร 2-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

3-hexen-1-ol




ภาพ 73 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.124 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 74 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.124 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

**ตาราง 18** แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 16/SW

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.647 | n-Hexanal | 82, 72, 67, 58, 56, 44(100), 41, 39 | 100 | 90 |
| 2 | 6.052 | 2-Hexen-1-ol | 98, 83, 80, 69, 57, 55(100), 53, 43, 41(100), 39 | 98 | 90 |
| 3 | 6.124 | 3-Hexen-1-ol | 82, 79, 72, 69, 67(100), 57, 55, 53, 51, 49, 41(100), 39 | 100 | 90 |
| 4 | 6.491 | 1-Hexen-1-ol | 82, 72, 71, 69, 67, 58, 57(100), 56, 55, 53, 51, 44, 43, 42, 41, 39 | 100 | 60 |
| 5 | 16.944 | Unknown | 98, 83, 70, 67, 57, 55(100), 43,41, 39 | 98 | 35 |
| 6 | 17.756 | Unknown | 81, 71, 58, 44(100), 41 | 131 | 32 |
| 7 | 22.303 | 1-Tetradecanol | 125, 111, 97, 83(100), 69, 67, 55(100) | 214 | 83 |
| 8 | 24.479 | 1-Octadecanol | 125, 111, 97, 91, 83(100), 73, 69(100), 55, 43, 39 | 270 | 93 |
| 9 | 24.698 | Unknown | 82, 71, 69, 67, 60, 58(100), 55, 43(100), 41 | 158 | 27 |
| 10 | 25.291 | Hexadecanonic acid | 256, 213, 199, 194, 185, 177, 157, 143, 129, 115, 97, 83, 73(100), 67, 60, 55, 43 | 256 | 99 |
| 11 | 25.849 | p-tert-Amyl phenoxy ethanol | 193, 179(100), 135, 107, 91, 55, 43 | 208 | 78 |
| 12 | 26.477 | n-Tetracosanol | 125, 111, 97, 83, 69, 57(100) | 266 | 62 |
| 13 | 27.177 | Octadecanoic acid | 284, 241, 227, 213, 199, 185, 171, 157, 143, 129, 97, 83, 73(100), 43(100) | 284 | 99 |
| 14 | 27.596 | Palmitamide | 255, 226, 212, 198, 156, 128, 114, 72, 59(100), 43 | 255 | 81 |
| 15 | 28.469 | Unknown | 237, 223(100), 135, 107, 91, 57, 43 | 294 | 49 |
| 16 | 29.317 | Octadecanomide | 283, 240, 198, 184, 170, 128, 72, 59(100), 43 | 283 | 93 |

ตาราง 18 (ต่อ)

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 31.315 | disooctyl-phthalate | 279, 167, 149(100), 113, 71, 57 | 390 | 90 |
| 18 | 36.076 | .gamma.Sitosterol | 414, 396, 381, 329, 303, 273, 255, 213, 199, 187, 173, 145, 133, 119, 107, 95, 83, 69, 57(100), 43(100) | 414 | 99 |
| 19 | 37.072 | Squalene | 175, 161, 149, 136, 109, 95, 81, 69(100), 55, 41 | 410 | 91 |

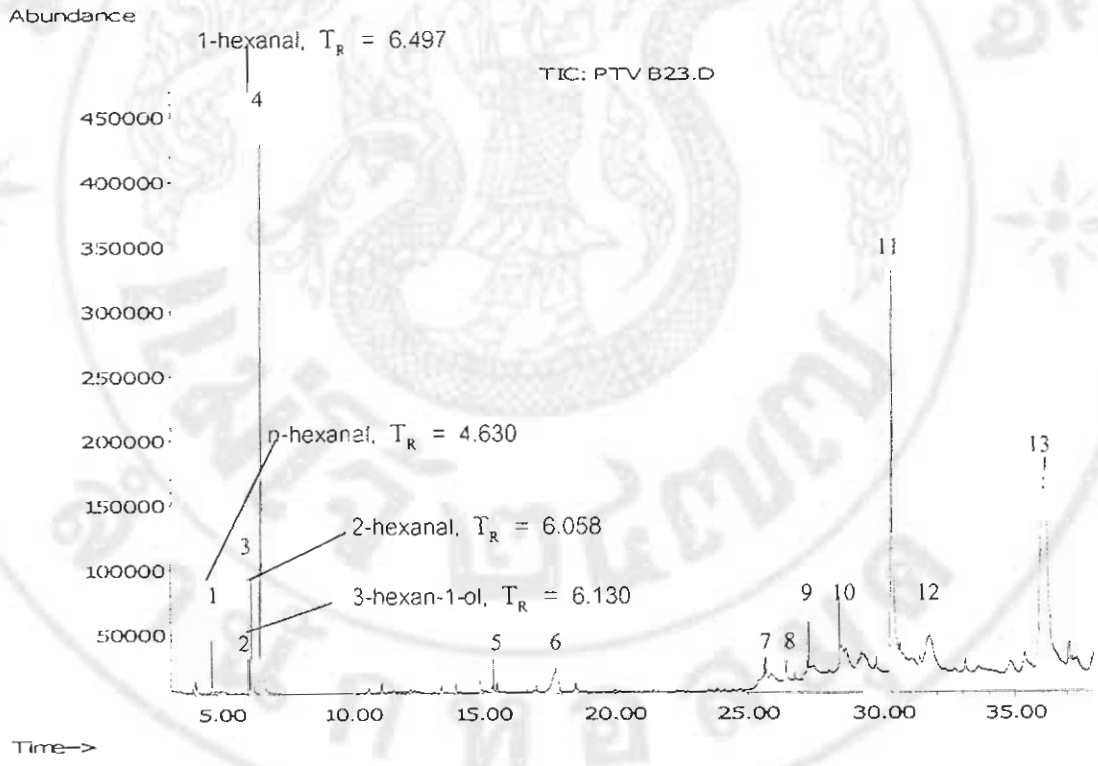
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

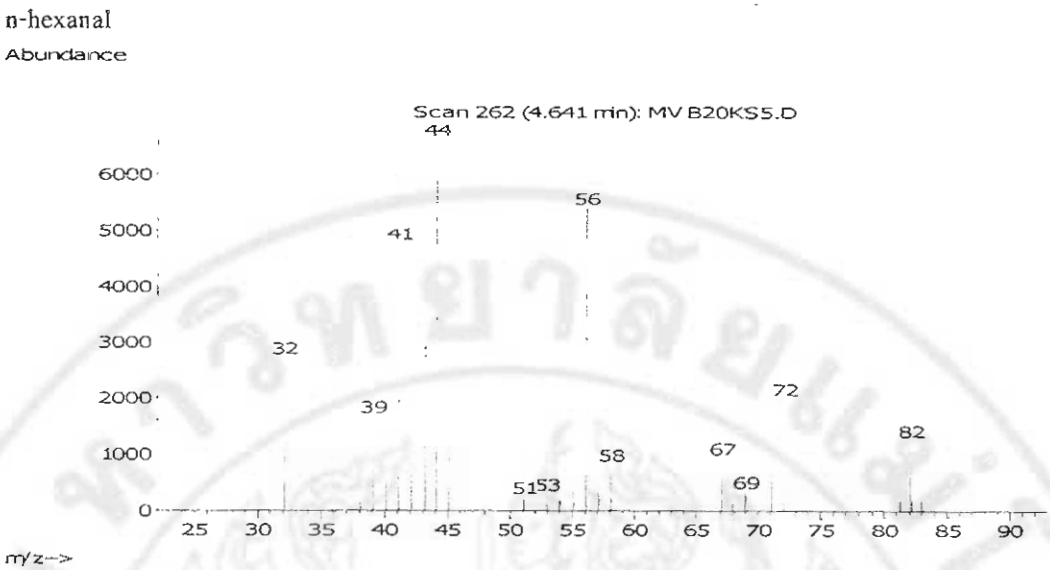
**4.1.6.17 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 20/KS5 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

MVB 20/KS5 สารหอมที่พบคือ n-Hexanal เวลารีเทนชัน 4.630 นาที ปริมาณที่พบ 0.434 %, 2-Hexanal เวลารีเทนชัน 6.058 นาที ปริมาณที่พบ 0.773 %, 3-Hexen-1-ol เวลารีเทนชัน 6.130 นาที ปริมาณที่พบ 2.736 % และ 1-Hexanal เวลารีเทนชัน 6.497 นาที ปริมาณที่พบ 12.670 % ดังแสดงในภาพ 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 และ ตาราง 19, 21

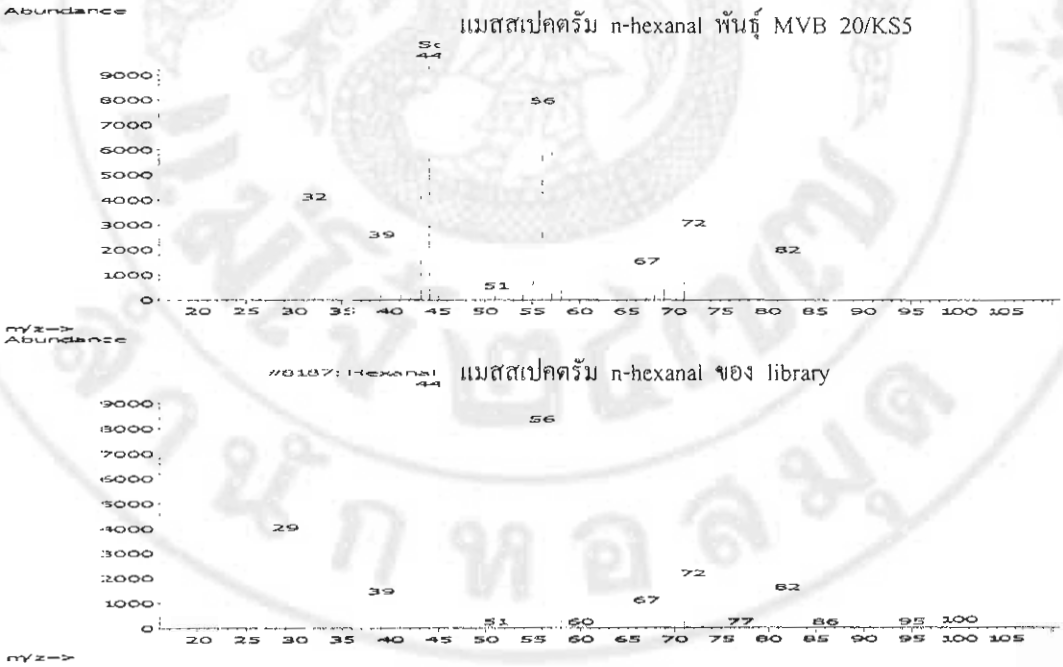
17. โครมาโทรแกรม MVB 20/KS5




**ภาพ 75** โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 20/KS5 สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

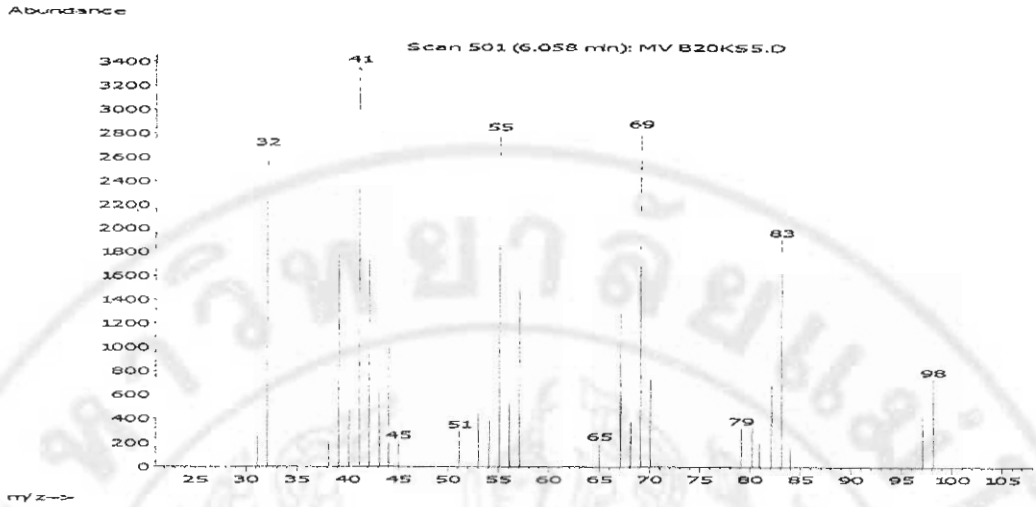



ภาพ 76 แมสสเปคตรัม n-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.630 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

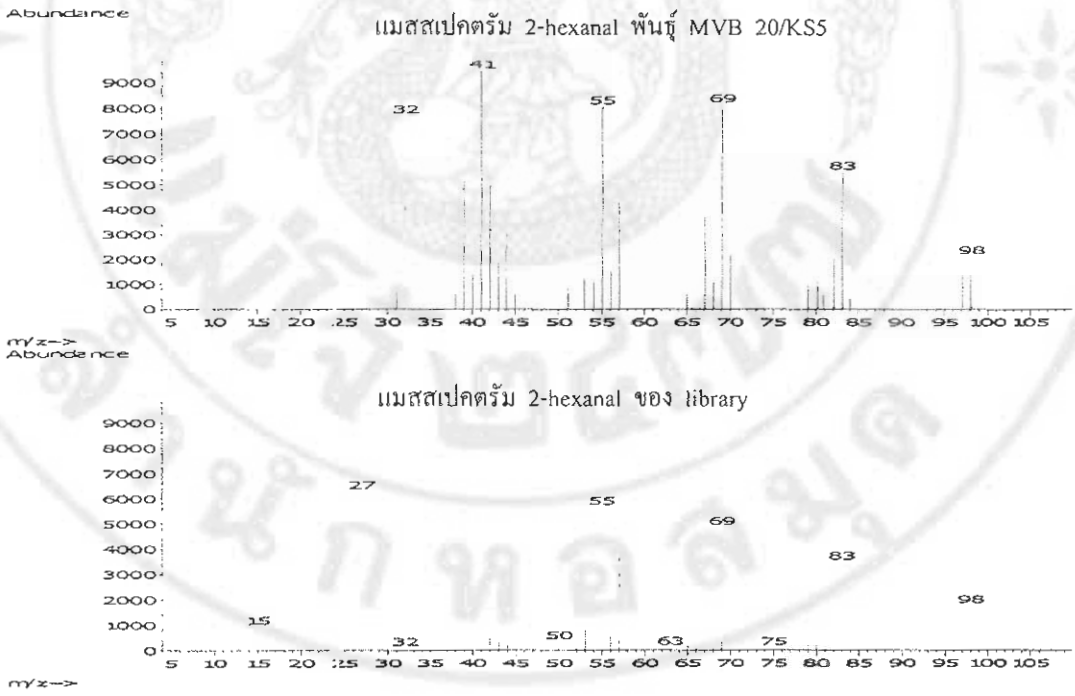



ภาพ 77 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 4.630 นาที คือสาร n-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

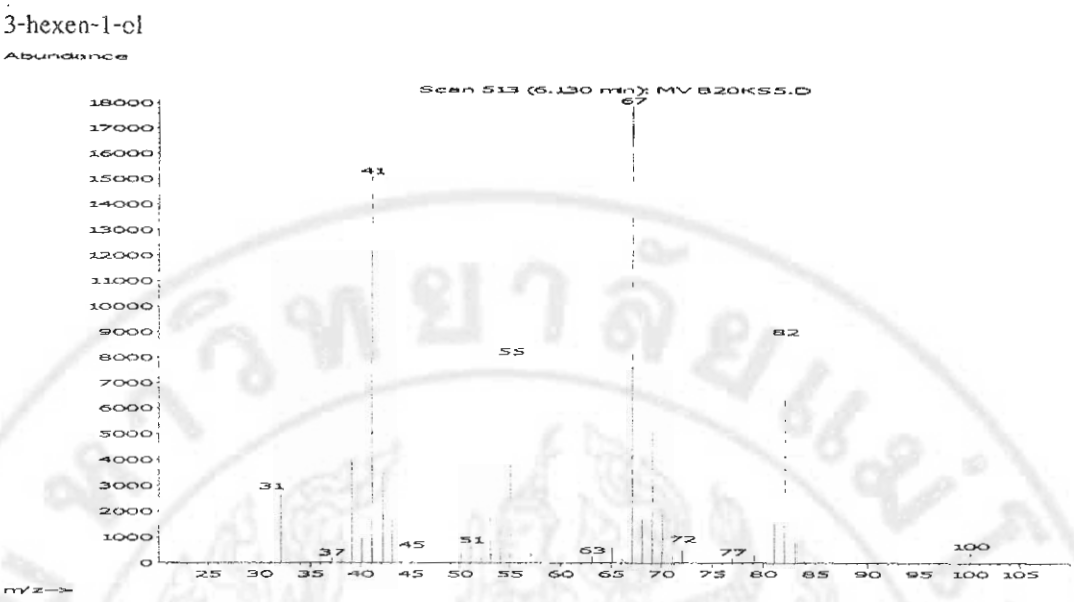
2-hexanal



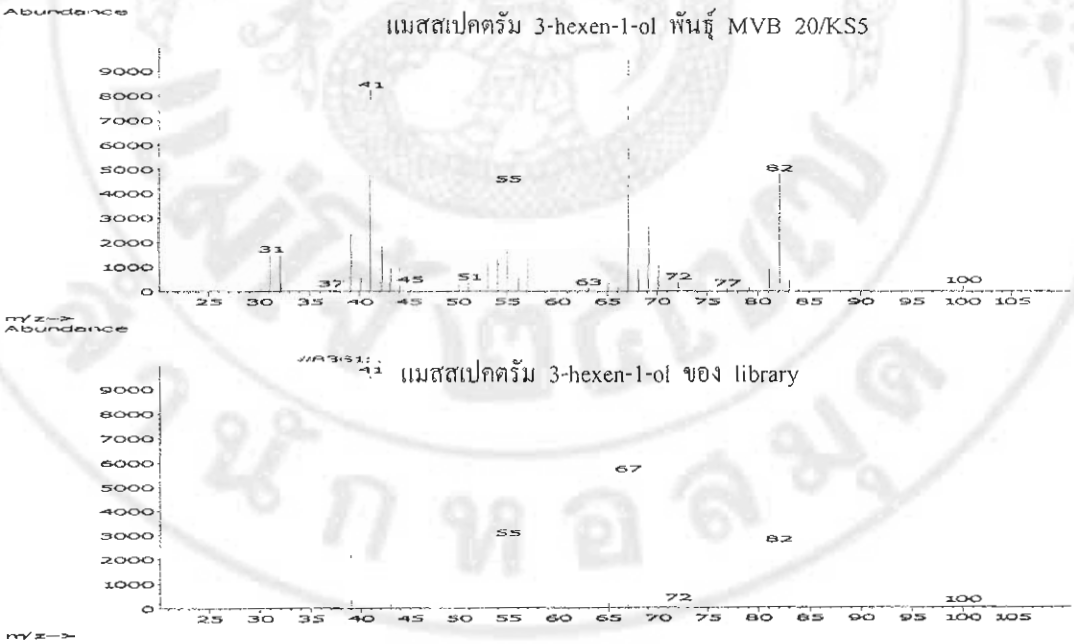

ภาพ 78 แมสสเปคตรัม 2-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.058 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร



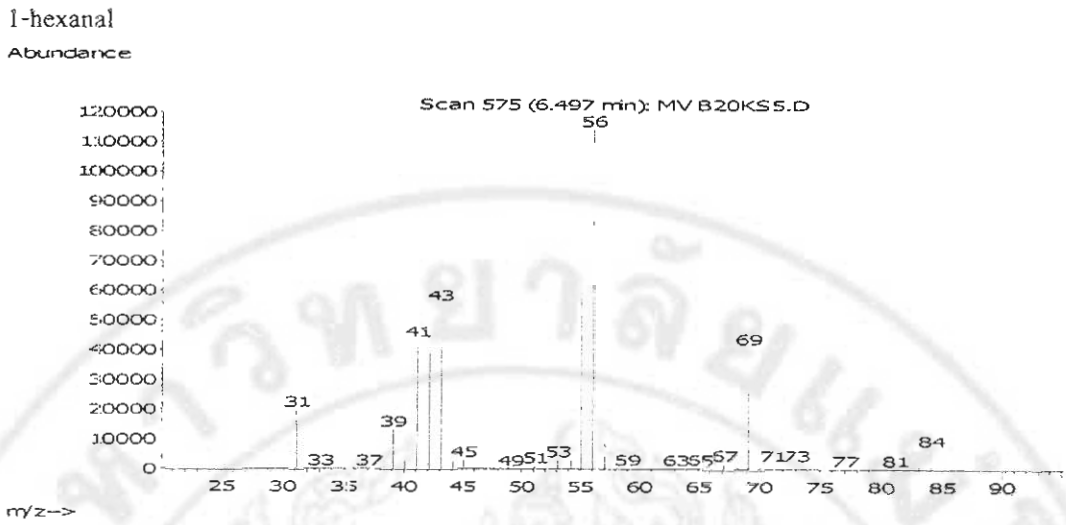

ภาพ 79 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.058 นาที คือสาร 2-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7



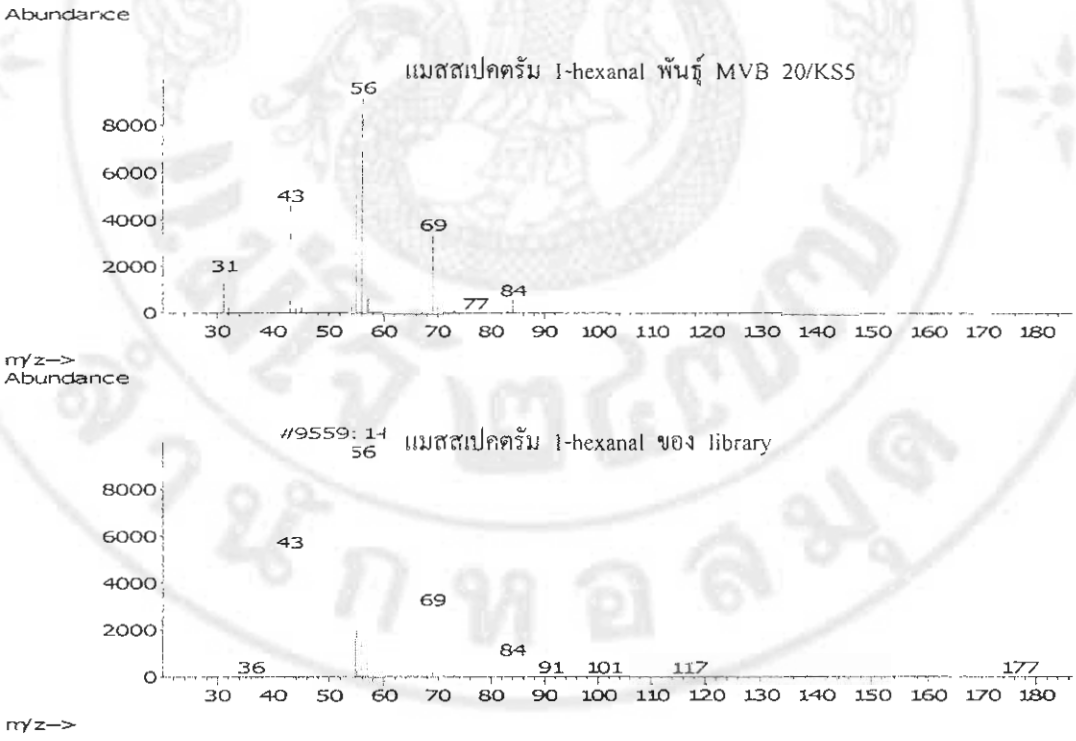

ภาพ 80 แมสสเปคตรัม 3-hexen-1-ol ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.130 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 81 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.130 นาที คือสาร 3-hexen-1-ol เปรียบเทียบกับแมสสเปคตรัมของ Library Wiley7




ภาพ 82 แมสสเปคตรัม 1-hexanal ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 6.497 นาที จากการสกัดถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร




ภาพ 83 แมสสเปคตรัมของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5 เป็นแมสของสารที่เวลารีเทนชันเท่ากับ 6.497 นาที คือสาร 1-hexanal เปรียบเทียบกับ แมสสเปคตรัมของ Library Wiley7

ตาราง 19 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 20/KS5

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.630 | n-Hexanal | 82, 72, 69, 67, 58, 56(100), 53, 44(100), 41, 39 | 100 | 90 |
| 2 | 6.058 | 2-Hexanal | 98, 83, 80, 69, 67, 65, 57, 55, 53, 51, 43, 41(100), 39 | 98 | 96 |
| 3 | 6.130 | 3-Hexen-1-ol | 82, 69, 67(100), 65, 57, 55, 53, 43, 41(100) | 100 | 96 |
| 4 | 6.497 | 1-Hexanal | 84, 81, 69, 59, 56(100), 43, 39 | 102 | 83 |
| 5 | 15.402 | 1-Nonanol | 97, 83, 70, 68, 56(100), 54 | 144 | 90 |
| 6 | 17.794 | Unknown | 99, 84, 70, 58(100), 55 | 144 | 32 |
| 7 | 25.647 | Unknown | 218(100), 147, 135, 123 | 424 | 47 |
| 8 | 26.424 | Unknown | 137, 109, 97, 85, 81, 71, 57(100) | 196 | 35 |
| 9 | 27.230 | Unknown | 222, 207, 193, 180, 165, 111, 97, 83, 69, 55(100), 41 | 282 | 49 |
| 10 | 28.374 | Unknown | 125, 115, 107, 98, 84, 69, 57(100), 41 | 157 | 42 |
| 11 | 30.295 | 9-Octadecenal | 266, 182, 166, 135, 123, 98, 81, 67, 55(100), 41 | 266 | 94 |
| 12 | 31.671 | Unknown | 410, 395, 269, 255, 241, 227, 187, 161(100), 145, 119, 91, 71 | 410 | 35 |
| 13 | 36.147 | .gamma-stiosterol | 414(100), 396, 381, 329, 303, 273, 255, 231, 213, 145, 133, 119, 107, 95, 81, 69, 65, 43(100) | 414 | 99 |

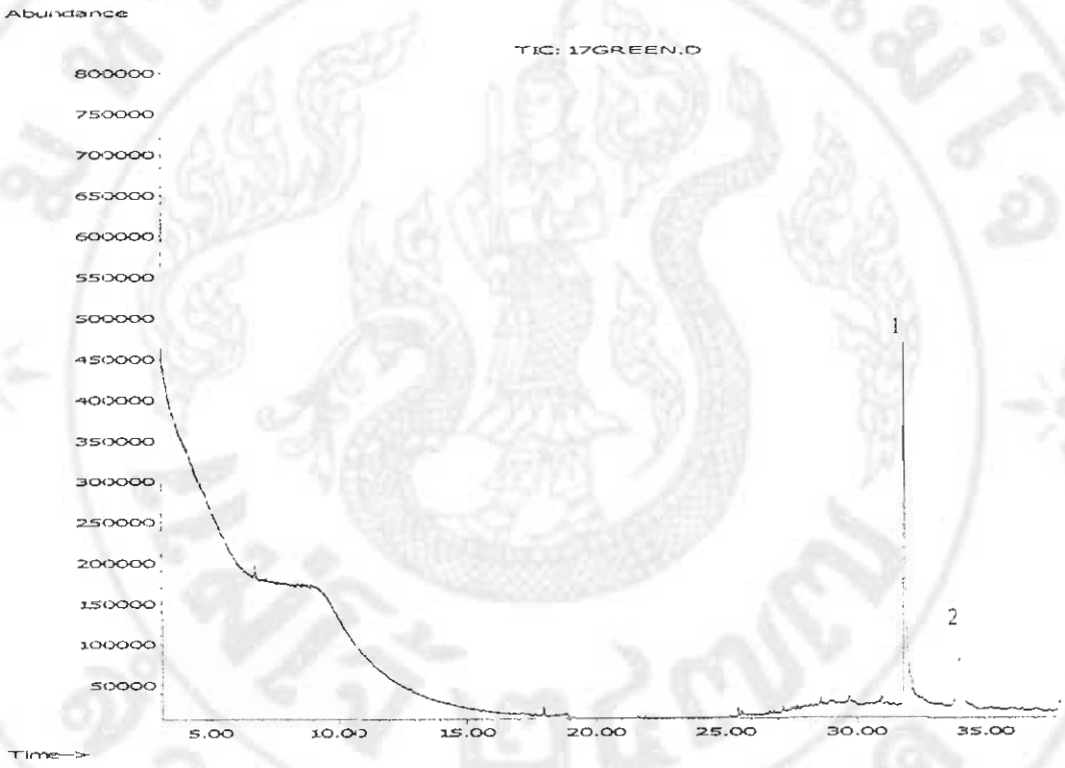
[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

**4.1.6.18 ผลการวิเคราะห์ความหอมของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 17/Green สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี**

ไม่พบกลุ่มของสารหอมในพันธุ์นี้ ดังแสดงในภาพ 84 และ ตาราง 20, 21

18. โครมาโทรแกรม MVB 17/Green




ภาพ 84 โครมาโทรแกรมแสดงองค์ประกอบสารสกัดจากถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ MVB 17/Green สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลาย Dichloromethan

ตาราง 20 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับแมสสเปคตรัมและโครงสร้างทางเคมีของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB 17/Green

| Peak No. | Retention Time | Compounds | m/z c% relative abundance | MW[a] | Quality[b] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31 832 | Bis-(2-ethylhexyl) phthalate | 279, 167, 149(100), 132, 113, 104, 83, 70, 57, 43 | 390 | 91 |
| 2 | 34.008 | Unknown | 414, 396, 381, 283, 270 | 414 | 59 |

[a] molecular weight from GC-MS (EI) data

[b] MS quality comparison with database

ตาราง 21 สรุปผลการวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

| สายพันธุ์ | ชนิดของสารหอม | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2-acetyl-1-pyrrole | 2-acetyl-1-pyrroline | n-Hexanal | n-Hexanol | 1-Hexanal | 2-Hexanal | 3-Hexanal | 1-Octen-3-ol | 2-Hexen-1-ol | 3-Hexen-1-ol | n-Pantanal |
| MVB Chakaori | * | | * | * | * | * | | | | * | |
| MVB Chamame | | | * | * | | | | * | | | |
| MVB 2/292 | | | | | | | | | | | |
| MVB 3/379 | | | | | | | | | | | * |
| MVB 4/382 | | | | | | | | | | | |
| MVB 5/383 | | | * | * | | | | | | * | |
| MVB 6/384 | | | * | | * | | | | | * | |
| MVB 7/385 | | | | | | | | | | | |
| MVB 8/386 | | | * | | | * | | | * | * | |
| MVB 9/387 | | | | | | | | | | | * |
| MVB 10/388 | | | | | | | | | | | |
| MVB 11/389 | | | | | | | | | | | * |
| MVB 12/346 | | | | | | | | | | | |
| MVB 13/LL | | | | | | | | | | | |
| MVB 14/WL | | | | | | | | | | | |
| MVB 16/SW | | | * | | | | | | * | * | |
| MVB 20/KS5 | | | * | | * | * | | | | * | |
| MVB 17/Green | | | | | | | | | | | |

**การทำกราฟสารละลายมาตรฐาน**

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrrole ในสารละลาย Dichloromethen โดยการชั่งสาร 2-acetyl-1-pyrrole มาละลายในตัวทำละลาย Dichloromethen 0.0050 กรัม ใสขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันจนสารละลายหมด จะได้สารละลายมาตรฐาน 2-acetyl-1-pyrrole 50 มิลลิลิตร มีความเข้มข้น 50 ppm

การเตรียมสารละลายมาตรฐานปริมาตร 1 มิลลิลิตร

1. สารละลาย 3 ppm $\rightarrow \frac{3 \times 1}{50}$ = 0.06 ml x 10000 = ปิเปตสารละลายมาตรฐาน

2-acetyl-1-pyrrole จากความเข้มข้น 50 ppm มา 60 µl เติม dichloromethen 940 µl

2. สารละลาย 5 ppm $\rightarrow \frac{5 \times 1}{50}$ = 0.1 ml x 10000 = ปิเปตสารละลายมาตรฐาน

2-acetyl-1-pyrrole จากความเข้มข้น 50 ppm มา 100 µl เติม dichloromethen 900 µl

3. สารละลาย 10 ppm $\rightarrow \frac{10 \times 1}{50}$ = 0.2 ml x 10000 = ปิเปตสารละลายมาตรฐาน

2-acetyl-1-pyrrole จากความเข้มข้น 50 ppm มา 200 µl เติม dichloromethen 800 µl

4. สารละลาย 15 ppm $\rightarrow \frac{15 \times 1}{50}$ = 0.3 ml x 10000 = ปิเปตสารละลายมาตรฐาน

2-acetyl-1-pyrrole จากความเข้มข้น 50 ppm มา 300 µl เติม dichloromethen 700 µl

5. สารละลาย 20 ppm $\rightarrow \frac{20 \times 1}{50}$ = 0.4 ml x 10000 = ปิเปตสารละลายมาตรฐาน

2-acetyl-1-pyrrole จากความเข้มข้น 50 ppm มา 400 µl เติม dichloromethen 600 µl

หลังจากเตรียมสารละลาย 2-acetyl-1-pyrrole ได้แล้ว จึงนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบในสารละลายด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี ใช้คอลัมน์ MS-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร เคลือบด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) คือ 100% Dimethylpolysiloxane และมีสภาวะที่ใช้ในการทดลองดังนี้

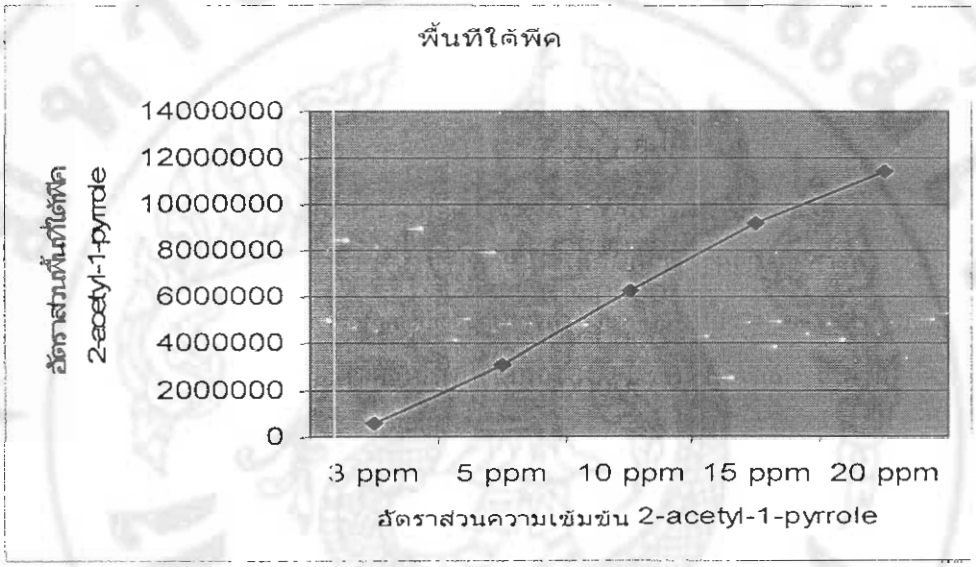
เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า | 250 | องศาเซลเซียส |
| โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้น 1 | 45 | องศาเซลเซียส |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 5 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 1 | 3 | นาที |
| อุณหภูมิที่ 2 | 60 | องศาเซลเซียส |
| อัตราอุณหภูมิคงที่ 2 | 3 | นาที |
| อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ | 10 | องศาเซลเซียสต่อนาที |
| อุณหภูมิสุดท้าย | 250 | องศาเซลเซียส |
| คงที่ที่อุณหภูมิสุดท้าย | 10 | นาที |
| อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม | 1 | มิลลิลิตรต่อนาที |
| ปริมาตรสารที่ฉีด | 1 | ไมโครลิตร |

เครื่องแมสสเปคโทรมิเตอร์

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของส่วนเชื่อมต่อ | 250 | องศาเซลเซียส |
| วิธีการผลิตไอออน | Electron Impact Ionization (EI) | |
| พลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอน | 70 | อิเล็กตรอนโวลท์ |
| อุณหภูมิของตัวผลิตไอออน | 250 | องศาเซลเซียส |

หาเปอร์เซ็นต์ของสารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrrolone ต่อผลผลิตทั้งหมดในตัวทำละลาย dichloromethane โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี เพื่อคำนวณหาปริมาณสารสังเคราะห์ 2-acetyl-1-pyrrolone ในตัวทำละลาย dichloromethane (สารละลายที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน) จากโครมาโทรแกรมของสารละลายมาตรฐานจะหาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของ 2-acetyl-1-pyrrole ได้ดังนี้ อัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค ได้เป็น % ปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrrole



## 4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในถั่วเหลืองฝักสด

จากการวิเคราะห์ปริมาณของน้ำตาลและปริมาณของ Sucrose โดยการวิธีประยุกต์ของ Lane and Eynon Method (1923) อ้างใน Ranganna (1977) ในถั่วเหลืองฝักสด 17 สายพันธุ์ คือ MVB 2/292, MVB 3/379, MVB 4/382, MVB 5/383, MVB 6/384, MVB 7/385, MVB 9/387, MVB 10/388, MVB 11/389, MVB 12/346, MVB 14/WL, MVB 16/SW, MVB 20/KS5, MVB 17/Green, MVB 8/386, MVB Chamamae, และ MVB Chakaori

### 4.2.1 ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ด

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 พันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.14 ถึง 1.97 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamamae มีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากที่สุดคือ 1.97 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่พันธุ์ MVB 5/383, MVB 8/386, MVB 12/346, MVB Chakaori, MVB 6/384, MVB 4/382, MVB 16/SW, MVB 9/387, MVB 7/385, MVB 11/389, MVB 3/379, MVB 14/WL, MVB 2/292, MVB 20/KS5 และ MVB 17/Green ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดเท่ากับ 1.13, 1.12, 1.04, 0.89, 0.85, 0.84, 0.72, 0.63, 0.56, 0.52, 0.47, 0.31, 0.28, 0.23 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ MVB 10/388 มีปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดต่ำที่สุดคือ 0.14 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 22)

ตาราง 22 แสดงปริมาณน้ำตาลซูโครสในถั่วเหลืองฝักสด

| สายพันธุ์ | Sucrose (g) | Sucrose (%) |
|---|---|---|
| MVB 2/292 | 0.20 | 0.28 |
| MVB 3/379 | 0.49 | 0.47 |
| MVB 4/382 | 0.21 | 0.48 |
| MVB 5/383 | 0.28 | 1.13 |
| MVB 6/384 | 0.21 | 0.85 |
| MVB 7/385 | 0.14 | 0.56 |
| MVB 9/387 | 0.16 | 0.63 |
| MVB 10/388 | 0.04 | 0.14 |
| MVB 11/389 | 0.13 | 0.52 |
| MVB 12/346 | 0.26 | 1.04 |
| MVB 14/WL | 0.08 | 0.31 |
| MVB 16/SW | 0.18 | 0.72 |
| MVB 17/GREEN | 0.06 | 0.23 |
| MVB 20/KS5 | 0.06 | 0.23 |
| MVB 8/386 | 0.28 | 1.12 |
| MVB Chamamae | 0.42 | 1.97 |
| MVB Chakaori | 0.22 | 0.89 |

หมายเหตุ : ถั่วเหลืองฝักสด 25 กรัม

4.2.2.1.1 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 พันธุ์พบว่า มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่ 1.05 ถึง 2 92 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamamae มีปริมาณ น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมากที่สุดคือ 2.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่พันธุ์ MVB Chakaori, MVB 8/386, MVB 6/384, MVB 12/346 MVB 9/387, MVB 5/383, MVB 3/379, MVB 4/382,

MVB 16/SW, MVB 20/KS5, MVB 11/389, MVB 7/385, MVB 2/292, MVB 14 WL, และ MVB 17/Green ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 2.29, 2.14, 2.11, 2.09, 2.01, 1.98, 1.95, 1.90, 1.90, 1.46, 1.38, 1.37, 1.24, 1.12 และ 1.09 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ MVB 10/388 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดต่ำที่สุดคือ 1.05 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23)

ตาราง 23 แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในถั่วเหลืองฝักสด

| สายพันธุ์ | Total sugar (g) | Total sugar (%) |
|---|---|---|
| MVB 2/292 | 0.28 | 1.12 |
| MVB 3/379 | 0.49 | 1.96 |
| MVB 4/382 | 0.48 | 1.90 |
| MVB 5/383 | 0.50 | 1.98 |
| MVB 6/384 | 0.53 | 2.11 |
| MVB 7/385 | 0.34 | 1.37 |
| MVB 9/387 | 0.52 | 2.01 |
| MVB 10/388 | 0.26 | 1.05 |
| MVB 11/389 | 0.34 | 1.38 |
| MVB 12/346 | 0.52 | 2.09 |
| MVB 14/WL | 0.28 | 1.12 |
| MVB 16/SW | 0.46 | 1.90 |
| MVB 17/Green | 0.27 | 1.09 |
| MVB 20/KS5 | 0.37 | 1.46 |
| MVB 8/386 | 0.54 | 2.14 |
| MVB Chamamae | 0.73 | 2.92 |
| MVB Chakaori | 0.57 | 2.29 |

หมายเหตุ : ถั่วเหลืองฝักสด 25 กรัม

**4.3 ผลการทดลองการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา**

**4.3.1 การศึกษาลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกันหลังหยอดเมล็ด 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน**

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 7 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 13.53 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB2/292 และ MVB4/382 มีค่าเท่ากับ 13.03 และ 11.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB16/SW มีค่าเท่ากับ 8.60 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 14 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 24.50 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB8/386 และ MVB2/292 มีค่าเท่ากับ 22.50 และ 21.20 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB16/SW มีค่าเท่ากับ 14.83 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 21 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 43.66 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB4/382 และ MVB2/292 มีค่าเท่ากับ 39.66 และ 38.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 17.50 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 28 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 47.33 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB4/382 และ MVB7/385 มีค่าเท่ากับ 46.00 และ 45.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB14/WL มีค่าเท่ากับ 27.66 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 35 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB4/382 มีค่าเท่ากับ 74.66 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB20/KS5 และ MVB2/292 มีค่าเท่ากับ 66.00 และ 62.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB14/WL มีค่าเท่ากับ 41.61 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 42 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB4/382 มีค่าเท่ากับ 74.66 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB7/385 และ MVB13/LL มีค่าเท่ากับ 70.00 และ 60.33 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 33.66 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 49 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB12/346 มีค่าเท่ากับ 67.66 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB13/LL และ MVB3/379 มีค่าเท่ากับ 61.33 และ 60.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 33.66 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 56 วัน** ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB12/346 มีค่าเท่ากับ 70.00 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ MVB11/389 และ MVB3/379 มีค่าเท่ากับ 62.33 และ 61.66 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 35.66 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 24)

**ตาราง 24** แสดงผลการศึกษาความสูงของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| สายพันธุ์ | ความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด (เซนติเมตร) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 วัน | 14 วัน | 21 วัน | 28 วัน | 35 วัน | 42 วัน | 49 วัน | 56 วัน |
| MVB2/292 | 13.03 | 21.20 | 38.33 | 43.00 | 62.33 | 43.00 | 41.33 | 47.00 |
| MVB3/379 | 9.36 | 19.93 | 36.33 | 42.06 | 59.00 | 60.33 | 60.33 | 61.66 |
| MVB4/382 | 11.80 | 21.06 | 39.66 | 46.00 | 74.66 | 74.66 | 50.00 | 49.00 |
| MVB5/383 | 9.26 | 17.93 | 30.33 | 41.66 | 52.00 | 59.00 | 51.66 | 50.66 |
| MVB6/384 | 9.83 | 19.06 | 32.66 | 40.66 | 59.33 | 59.33 | 43.66 | 47.00 |
| MVB7/385 | 11.43 | 21.00 | 38.00 | 45.00 | 55.00 | 70.00 | 48.33 | 48.00 |
| MVB9/387 | 10.70 | 19.50 | 33.00 | 40.66 | 52.66 | 55.00 | 52.33 | 50.33 |
| MVB10/388 | 8.76 | 18.50 | 31.33 | 39.66 | 52.00 | 51.66 | 58.66 | 55.33 |
| MVB11/389 | 9.16 | 16.90 | 26.66 | 32.66 | 49.33 | 49.33 | 58.33 | 62.33 |
| MVB12/346 | 10.16 | 18.93 | 31.00 | 39.00 | 52.66 | 53.00 | 67.66 | 70.00 |
| MVB13/LL | 10.03 | 19.00 | 29.66 | 30.66 | 53.33 | 60.33 | 61.33 | 60.00 |
| MVB14/WL | 11.43 | 17.76 | 27.00 | 27.66 | 41.66 | 41.66 | 50.00 | 47.66 |
| MVB16/SW | 8.60 | 14.83 | 28.66 | 37.00 | 48.66 | 55.66 | 55.66 | 56.00 |
| MVB20/KS5 | 10.36 | 24.50 | 43.66 | 47.33 | 66.00 | 47.33 | 50.00 | 47.33 |
| MVB17/GREEN | 9.43 | 16.00 | 22.66 | 32.33 | 50.66 | 43.66 | 43.33 | 46.66 |
| MVB1/DCM | 10.73 | 19.50 | 17.50 | 32.33 | 61.33 | 33.66 | 33.66 | 35.66 |
| MVB8/386 | 13.53 | 22.50 | 33.33 | 42.00 | 54.23 | 47.66 | 49.33 | 55.33 |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD 0.01 | 3.00 | 4.17 | 5.62 | 6.07 | 10.34 | 9.06 | 8.17 | 9.52 |

**หมายเหตุ** * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

### 4.3.2 การศึกษาลักษณะองค์ประกอบของผลผลิต

**จำนวนข้อต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB12/346 มีค่าเท่ากับ 14.10 ข้อต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB16/SW และ MVB4/382 มีค่าเท่ากับ 12.40 และ 11.87 ข้อต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB14/WL มีค่าเท่ากับ 6.93 ข้อต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนกิ่งต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 6.43 กิ่งต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB12/346 และ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 5.90 และ 6.43 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB16/SW มีค่าเท่ากับ 3.80 กิ่งต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB6/384 มีค่าเท่ากับ 47.50 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB11/389 และ MVB7/385 มีค่าเท่ากับ 40.60 และ 39.07 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB3/379 มีค่าเท่ากับ 25.49 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักดีต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักดีต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB7/385 มีค่าเท่ากับ 23.80 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB16/SW และ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 23.03 และ 22.87 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักดีต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 8.93 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักลีบต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติโดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักลีบต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB6/384 มีค่าเท่ากับ 28.10 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB12/346 และ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 26.30 และ 21.70 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักลีบต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 10.17 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝัก 1 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 6.75 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB7/385 และ MVB17/GREEN มีค่าเท่ากับ 4.77 และ 4.70 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักฝัก 1 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 1.00 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝัก 2 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 16.90 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB7/385 และ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 16.73 และ 16.70 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักฝัก 2 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 5.47 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**จำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝัก 3 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB11/389 มีค่าเท่ากับ 5.93 ฝักต่อต้น รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB12/346 และ MVB14/WL มีค่าเท่ากับ 5.03 และ 4.57 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักฝัก 3 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 1.23 ฝักต่อต้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 25)

**ตาราง 25** แสดงผลการศึกษาองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| สายพันธุ์ | จำนวน (ต่อต้น) | | | | | จำนวนฝักที่มี (ต่อต้น) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ข้อ | กิ่ง | ฝัก | ฝักดี | ฝักลีบ | 1 เมล็ด | 2 เมล็ด | 3 เมล็ด |
| MVB2/292 | 8.67 | 4.17 | 32.77 | 18.27 | 14.50 | 3.13 | 12.23 | 2.90 |
| MVB3/379 | 11.87 | 4.33 | 25.49 | 14.30 | 10.87 | 1.47 | 9.97 | 3.00 |
| MVB4/382 | 11.87 | 4.33 | 30.00 | 18.03 | 11.97 | 4.17 | 11.57 | 2.30 |
| MVB5/383 | 11.53 | 3.87 | 29.30 | 14.00 | 15.30 | 1.83 | 10.03 | 2.13 |
| MVB6/384 | 10.60 | 5.53 | 47.50 | 19.40 | 28.10 | 2.73 | 15.37 | 1.30 |
| MVB7/385 | 11.20 | 5.20 | 39.07 | 23.80 | 15.27 | 4.77 | 16.73 | 2.30 |
| MVB9/387 | 11.67 | 6.43 | 37.90 | 16.20 | 21.70 | 1.00 | 12.40 | 2.80 |
| MVB10/388 | 10.50 | 4.00 | 26.87 | 15.23 | 11.53 | 2.73 | 10.87 | 1.73 |
| MVB11/389 | 10.93 | 5.47 | 40.60 | 20.83 | 19.77 | 1.43 | 13.47 | 5.93 |
| MVB12/346 | 14.10 | 5.90 | 36.31 | 14.30 | 26.30 | 1.43 | 7.83 | 5.03 |
| MVB13/LL | 7.97 | 4.43 | 29.17 | 9.78 | 19.39 | 1.27 | 6.95 | 1.56 |
| MVB14/WL | 6.93 | 3.93 | 26.30 | 11.57 | 14.73 | 1.17 | 5.83 | 4.57 |
| MVB16/SW | 12.40 | 3.80 | 38.00 | 23.03 | 14.97 | 2.83 | 16.53 | 3.67 |
| MVB17/Green | 9.10 | 5.70 | 34.40 | 20.40 | 14.00 | 4.70 | 13.50 | 2.20 |
| MVB 20/KS5 | 8.83 | 4.03 | 33.03 | 22.87 | 10.17 | 3.90 | 16.70 | 2.27 |
| MVB1/DCM | 11.13 | 4.13 | 26.53 | 8.93 | 17.93 | 3.57 | 5.47 | 1.23 |
| MVB8/386 | 11.20 | 5.20 | 32.40 | 20.60 | 11.80 | 6.75 | 16.90 | 2.35 |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD 0.01 | 0.79 | 1.66 | 8.07 | 7.48 | 5.15 | 1.97 | 5.96 | 1.36 |

**หมายเหตุ** * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

### 4.3.3 การศึกษาน้ำหนักของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต

**น้ำหนักใบสดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักใบสดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 95.78 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB12/346 และ MVB11/387 มีค่าเท่ากับ 92.64 และ 89.51 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักใบสดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 19.22 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักลำต้นรวมกิ่งต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติโดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักลำต้นรวมกิ่งมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 44.07 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB3/379 และ MVB4/382 มีค่าเท่ากัน คือ 40.60 กรัม ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักลำต้นรวมกิ่งน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 9.90 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักฝักต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB16/SW มีค่าเท่ากับ 64.09 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB11/389 และ MVB7/385 มีค่าเท่ากับ 63.11 และ 60.27 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 26.27 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักฝักลีบหรือเสียต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติโดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักลีบต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB12/346 มีค่าเท่ากับ 27.43 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB6/384 และ MVB11/389 มีค่าเท่ากับ 22.81 และ 21.21 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักลีบต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 11.60 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0 01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติโดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB17/GREEN มีค่าเท่ากับ 7.22 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB7/385 และ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 6.56 และ 6.37 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 1.57 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 33.96 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB16/SW และ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 33.22 และ 27.88 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB6/384 มีค่าเท่ากับ 2.74 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**น้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้น** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB11/389 มีค่าเท่ากับ 15.59 กรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB12/346 และ MVB2/292 มีค่าเท่ากับ 11.57 และ 11.18 กรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 2.80 กรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**ปริมาณผลผลิตต่อไร่** ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติโดยสายพันธุ์ที่มีปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB16/SW มีค่าเท่ากับ 1,281.00 กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ M.VB11/389 และ MVB7/485 มีค่าเท่ากับ 1,262.20 และ 1,205.40 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณผลผลิตต่อไร่น้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB20/KS5 มีค่าเท่ากับ 525.40 กิโลกรัม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 26)

**ตาราง 26** แสดงผลการศึกษาน้ำหนักขององค์ประกอบผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| สายพันธุ์ | น้ำหนักต่อต้น (กรัม) | | | | น้ำหนักฝักที่มี (ต่อต้น) | | | ผลผลิต |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ฝักลีบ | ใบลด | ลำต้น+กิ่ง | ฝัก | 1 เมล็ด | 2 เมล็ด | 3 เมล็ด | กก/ไร่ |
| MVB2/292 | 14.71 | 38.29 | 15.95 | 49.90 | 4.06 | 18.91 | 11.18 | 998.00 |
| MVB3/379 | 19.73 | 75.18 | 40.60 | 51.44 | 2.05 | 21.14 | 8.50 | 1,028.80 |
| MVB4/382 | 12.00 | 75.19 | 40.60 | 47.94 | 5.08 | 22.41 | 8.46 | 959.40 |
| MVB5/383 | 14.56 | 63.52 | 30.22 | 42.55 | 2.79 | 18.89 | 6.32 | 851.00 |
| MVB6/384 | 22.81 | 83.94 | 36.57 | 52.12 | 3.18 | 2.74 | 3.39 | 1,042.40 |
| MVB7/385 | 18.69 | 69.46 | 30.43 | 60.27 | 6.56 | 27.15 | 7.87 | 1,205.40 |
| MVB9/387 | 18.78 | 95.78 | 44.07 | 48.04 | 1.57 | 20.10 | 7.60 | 960.80 |
| MVB10/388 | 13.82 | 86.24 | 40.01 | 40.44 | 3.39 | 18.78 | 4.44 | 808.80 |
| MVB11/389 | 21.21 | 89.51 | 33.85 | 63.11 | 2.10 | 24.02 | 15.59 | 1,262.20 |
| MVB12/346 | 27.43 | 92.64 | 38.26 | 54.04 | 1.77 | 13.28 | 11.57 | 1,080.80 |
| MVB13/LL | 19.83 | 37.99 | 18.71 | 37.60 | 2.02 | 11.87 | 3.85 | 752.00 |
| MVB14/WL | 14.53 | 27.71 | 14.22 | 37.16 | 1.76 | 9.91 | 10.96 | 943.20 |
| MVB16/SW | 16.07 | 64.72 | 32.81 | 64.09 | 4.21 | 33.22 | 10.58 | 1,281.00 |
| MVB17/GREEN | 13.25 | 20.0 | 16.86 | 50.51 | 7.22 | 23.08 | 6.46 | 1,012.20 |
| MVB 20/KS5 | 17.95 | 43.38 | 23.45 | 26.27 | 6.37 | 33.96 | 7.99 | 525.40 |
| MVB1/DCM | 19.40 | 19.22 | 9.90 | 34.05 | 4.94 | 8.43 | 2.80 | 681.50 |
| MVB8/386 | 11.60 | 74.54 | 39.33 | 47.84 | 2.29 | 27.88 | 6.13 | 956.80 |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD 0.01 | 4.81 | 25.95 | 9.71 | 12.21 | 3.62 | 7.20 | 3.51 | 694.67 |

**หมายเหตุ** * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

### 4.3.4 การศึกษาขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

**ความกว้างของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด** ทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความกว้างของถั่วเหลืองฝักสดมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB17/Green และ MVB8/386 มีค่าเท่ากับ 1.34 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB3/379 และ MVB7/485 มีค่า เท่ากับ 1.30 และ 1.29 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความกว้างของถั่วเหลืองฝักสดน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB13/LL และ MVB10/388 มีค่าเท่ากับ 1.15 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 27)

**ความยาวของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด** ทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความยาวของถั่วเหลืองฝักสดมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB3/379 มีค่าเท่ากับ 5.73 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB5/383 และ MVB9/387 มีค่าเท่ากับ 5.52 และ 5.47 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีความยาวของถั่วเหลืองฝักสดน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB13/LL มีค่าเท่ากับ 4.28 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 27)

**ความหนาของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด** ทั้ง 17 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีความหนาของถั่วเหลืองฝักสดมากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB4/382 มีค่าเท่ากับ 0.83 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB3/379 และ MVB17/Green มีค่าเท่ากัน คือ 0.80 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์ที่มีความหนาของถั่วเหลืองฝักสดน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB11/389 มีค่าเท่ากับ 0.65 เซนติเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 27)

**ตาราง 27** แสดงขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| สายพันธุ์ | ขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด (เซนติเมตร) | | |
|---|---|---|---|
| | ความกว้าง | ความยาว | ความหนา |
| MVB2/292 | 1.28 | 4.95 | 0.74 |
| MVB3/379 | 1.30 | 5.73 | 0.80 |
| MVB4/382 | 1.26 | 5.21 | 0.83 |
| MVB5/383 | 1.24 | 5.52 | 0.69 |
| MVB6/384 | 1.28 | 4.82 | 0.69 |
| MVB7/485 | 1.29 | 8.18 | 0.77 |
| MVB9/387 | 1.28 | 5.47 | 0.71 |
| MVB10/388 | 1.15 | 4.36 | 0.70 |
| MVB11/389 | 1.19 | 5.24 | 0.65 |
| MVB12/346 | 1.20 | 5.14 | 0.69 |
| MVB13/LL | 1.15 | 4.28 | 0.79 |
| MVB14/WL | 1.19 | 4.55 | 0.74 |
| MVB16/SW | 1.19 | 4.87 | 0.72 |
| MVB17/Green | 1.34 | 5.31 | 0.80 |
| MVB20/KS5 | 1.22 | 4.71 | 0.71 |
| MVB1/DCM | 1.28 | 4.31 | 0.74 |
| MVB8/386 | 1.34 | 4.99 | 0.71 |
| F-test | ** | ** | ** |
| LSD 0.01 | 0.11 | 0.59 | 9.95 |

**หมายเหตุ** * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

**4.3.5 การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสดหลังปลูก 20, 30, 40 และ 50 วัน**

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสดหลังปลูก 20 วัน ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนคลอโรฟิลล์มากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB13/LL มีค่าเท่ากับ 50.80 SPAD รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB17/GREEN และ MVB11/389 ค่าเท่ากับ 48.52 และ 47.33 SPAD ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB6/384 มีค่าเท่ากับ 40.57 SPAD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 28)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสด หลังปลูก 30 วัน ทั้ง 17 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนคลอโรฟิลล์มากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 52.23 SPAD รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB10/388 และ MVB16/SW ค่าเท่ากับ 50.93 และ 51.73 SPAD ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB8/836 มีค่าเท่ากับ 40.37 SPAD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 28)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสด หลังปลูก 40 วัน ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนคลอโรฟิลล์มากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB17/GREEN มีค่าเท่ากับ 51.30 SPAD รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB16/SW และ MVB20/KS5 ค่าเท่ากับ 50.18 และ 49.38 SPAD ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB1/DCM มีค่าเท่ากับ 40.24 SPAD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 28)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสด หลังปลูก 30 วัน ทั้ง 17 สายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสายพันธุ์ที่มีจำนวนคลอโรฟิลล์มากที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB17/GREEN มีค่าเท่ากับ 47.10 SPAD รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ MVB16/SW และ MVB20/KS5 ค่าเท่ากับ 45.09 และ 45.05 SPAD ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ MVB7/385 มีค่าเท่ากับ 32.87 SPAD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตาราง 28)

**ตาราง 28** แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสดหลังปลูก 20, 30, 40 และ 50 วัน

| สายพันธุ์ | ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองฝักสด (SPAD) หลังปลูก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 วัน | 30 วัน | 40 วัน | 50 วัน |
| MVB2/292 | 44.40 | 42.90 | 42.41 | 37.72 |
| MVB3/379 | 45.16 | 46.43 | 43.83 | 41.35 |
| MVB4/382 | 43.70 | 45.03 | 41.26 | 35.97 |
| MVB5/383 | 45.50 | 49.30 | 45.40 | 40.96 |
| MVB6/384 | 40.57 | 43.43 | 41.94 | 41.18 |
| MVB7/385 | 44.07 | 44.70 | 40.47 | 32.87 |
| MVB9/387 | 43.77 | 44.50 | 40.52 | 35.29 |
| MVB10/388 | 47.20 | 50.93 | 43.41 | 40.01 |
| MVB11/389 | 47.33 | 48.97 | 48.71 | 44.22 |
| MVB12/346 | 43.87 | 47.27 | 44.57 | 40.70 |
| MVB13/LL | 50.80 | 50.43 | 43.60 | 36.39 |
| MVB14/WL | 46.77 | 47.20 | 42.71 | 36.50 |
| MVB16/SW | 46.27 | 50.73 | 50.18 | 45.09 |
| MVB17/GREEN | 48.52 | 51.71 | 51.30 | 47.10 |
| MVB20/KS5 | 52.17 | 49.32 | 49.38 | 45.05 |
| MVB1/DCM | 45.04 | 52.23 | 40.24 | 42.90 |
| MVB8/386 | 42.24 | 40.37 | 42.72 | 39.23 |
| F-test | ** | ns | ** | ** |
| LSD 0.01 | 4.15 | 10.14 | 3.89 | 6.74 |

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

# บทที่ 5
# สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 5.1 การวิเคราะห์สารหอม

จากการวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสด เริ่มจากขั้นแรกการสังเคราะห์ สารหอม 2-Acetyl-1- pyrroline ที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน ในการสังเคราะห์สารหอม เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการบอกชนิดและปริมาณของสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด ดัดแปลงวิธีมาจาก Buttery และคณะ และ สุกัญญา โดยปฏิกิริยาการสังเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน เริ่มต้นนำสารตั้งต้น 2-Acetyl-1-pyrrole มาทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยมี 5 % rhodium on alumina เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ 2-(1-hydroxyethyl)pyrroline เป็นผลผลิต โดยได้ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตโคปีและเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี ขั้นตอนต่อไปคือการนำผลผลิตนี้ไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อ โดยมี silver carbonate on celite เป็นตัวออกซิไดซ์ ในตัวทำละลาย benzene และเนื่องจาก benzene เป็นสารที่มีความเป็นอันตรายสูง และมีจุดเดือดที่สูง จึงทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ จึงนำสารหอมที่ได้มาสกัดออกจาก benzene ด้วยสารละลาย dichloromethane ซึ่งมีจุดเดือดต่ำ โดยก่อนทำการสกัดจะต้องปรับพีเอชให้เป็นเบสเล็กน้อย โดยใช้ 5M NaOH จะได้สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline เป็นผลผลิตหลัก ตรวจผลผลิตที่ได้โดยนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตสโคปี และ เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี

จากการสังเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ที่ได้จะใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์สารหอมในถั่วเหลืองฝักสดนั้น โดยจะดูเทียบได้จาก การพิสูจน์ โครงสร้างด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตโคปี และดูเวลารีเทนชัน (Retention time $T_R$) ของสาร รวมถึงเทียบด้วยแมสสเปคตรัม

ผลการทดลองในการวิเคราะห์สารหอมของถั่วเหลืองฝักสดแต่ละพันธุ์ทั้งหมด 18 พันธุ์ ได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ คือเพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจวัดลักษณะทางการเกษตรลักษณะคุณภาพความหอม โดยการหาปริมาณสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline และยังเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีลักษณะทางการเกษตร และคุณภาพทางการบริโภคที่ดี พบว่าทุกๆ พันธุ์วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทการฟี / แมสสเปคโทรเมตรี สารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด แต่ละพันธุ์มีลักษณะความหอมแตกต่างกัน ทั้งปริมาณสารหอมและองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละพันธุ์ เนื่องจากในพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรคือความหอมของถั่วเหลืองฝักสด เป็นลักษณะทางคุณภาพ

ซึ่งลักษณะคุณภาพนั้นจะถูกควบคุมโดยยีนน้อยคู่ ในแต่ละพันธุ์ก็จะมีปริมาณความหอมเป็นลักษณะประจำพันธุ์ และการจัดการทางการเกษตร รวมถึงลักษณะทางสภาพแวดล้อมก็จะมีผลกับปริมาณความหอม ซึ่งในการวิเคราะห์ ทั้ง 18 พันธุ์ไม่พบ สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline แต่จะพบสารหอมในกลุ่มอื่นๆ แต่ให้ลักษณะของกลิ่นหอมเหมือนกัน คือสารหอมในกลุ่ม Alcohols, Aldehyde, Ketone, Acid & ester แต่ในบางพันธุ์คือ MVB Chakaori ยังสามารถพบสารหอม 2-acetyl-1-pyrrole อยู่ในกลุ่ม Nitrogen – containing compound ซึ่งเป็นสารตั้งต้น ในการทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์ไปเป็นสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งจากการทดลองในการวิเคราะห์สารหอม และองค์ประกอบของ พันธุ์ MVB Chakaori นี้พบว่า ผลการวิเคราะห์มีสาร n-hexanal, n-hexanol, 1-hexanal, 2-hexanal, 3-hexen-1-ol และ 2-acetyl-1-pyrrole เป็นต้น มีอยู่ในปริมาณมาก จึงส่งผลทำให้ ถั่วเหลืองฝักสด MVB Chakaori มีกลิ่นหอมมาก (Suttirak *et al*,. 2006.) สารหอมที่พบในเมล็ดของถั่วเหลืองฝักสดในแต่ละกลุ่ม ทั้ง 18 พันธุ์ สารที่พบมากที่สุดได้แก่ n-Hexanal, n-Hexanol, 1-Hexanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 1-Octen-3-ol, 2-Hexen-1-ol, 3-Hexen-1-ol และ n-Patanal ซึ่งพันธุ์ที่ให้ปริมาณสารหอมมากที่สุดคือพันธุ์ MVB Chakaori, MVB Chamame, MVB 20/KS5, MVB 8/386 ตามลำดับ มีปริมาณสารหอมในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด สูงกว่าถั่วเหลืองฝักสดทั่วๆไป เป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 จากพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดทั้งหมด 18 พันธุ์ที่ใช้ศึกษา ซึ่งพันธุ์ทั้งหมดที่มีความหอมส่วนใหญ่จะพบสารหอมที่มีอยู่เกือบทุกพันธุ์ คือ n-Hexanal พบมากที่สุดมีเวลารีเทนชั่นใกล้เคียงกันเกือบทุกพันธุ์ มีปริมาณและพื้นที่ใต้พีคแตกต่างกันไป สารหอมของ n-Hexanal นี้จะอยู่ในกลุ่มของ Aldehyde และ Ketone ในพันธุ์ MVB Chakaori จะมีความหอมและจำนวนสารหอมที่พบมากที่สุดคือ n-Hexanal 2.058 %, n-Hexanol 4.270 %, 2-hexanal 1.226 %, 3-Hexen-1-ol 1.166 % และยังพบสาร 2-acetyl-1-pyrrole 6.287 % ส่วนพันธุ์ MVB Chamame ก็มีปริมาณและจำนวนสารหอมดังนี้คือ n-Hexanal 1.528 %, n-Hexanol 0.130 %, 1-Octen-3-ol 0.523 % รองลงมาคือพันธุ์ MVB 20/KS5 และ MVB 8/386

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น โดยการวิเคราะห์หาความหอมในถั่วเหลืองฝักสดนั้น พบว่า ผลการทดลองที่วิเคราะห์หาสารหอมสอดคล้องกับการทดลองการหาปริมาณสารหอมในข้าว โดย (Buttery *et al.,* 1988) ได้รายงานว่าสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวนั้นประกอบด้วยสารทั้งหมด 17 ชนิด คือ Hexanal, Heptanal, 2-pentylfuran, (E)-2-heptanal, 2-Acetyl-1-pyrroline, Hexanol, Octanal, Nonanal, Benzaldehyde, (E)-2-nonenal, Decanal, (E)-2-decenal, Nonanol, 4-vinylphenol, (E,E)-2,4-decadienal, 2-Phenylethanol, 4-Vinylguainocol โดยมีสารหอม 2-Acetyl-1-pyrroline เป็นสารสำคัญที่มีกลิ่นหอมในข้าวมากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในถั่วเหลืองฝักสด

พันธุ์ที่มีความหอมนั้น จะมีองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมที่พบ ใกล้เคียงกับสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าว ตัวอย่างเช่น hexanal, hexanol, 2-acetyl-1-pyrrole ซึ่ง 2-acetyl-1-pyrrole อยู่ในกลุ่มของ Nitrogen – containing compound กลุ่มเดียวกับ 2-acetyl-1-pyrroline

จากการศึกษายังพบอีกว่ามีรายงานสารหอมที่วิเคราะห์ในถั่วเหลืองฝักสด โดย (Masuda 1988) รายงานไว้ว่าสารหอมหลักที่พบในถั่วเหลืองฝักสดบางพันธุ์จะประกอบด้วย 1-octen-3-ol, 1hexanol, hexanal, 1-pentanol, (E)-3-hexen-1-ol, 2-hepta-none และ 2-pentylfuran และยังมีรายงานของ (Tsou 1988) ที่วิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่พบในถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ kaohsiung no.1, tzurunoko, ryokkoh นั้นพบ 1-hexanal, 2-hexanal, 1-octen-3-ol และ 2-pentylfuran ดังนั้นจากการทดลองในการวิเคราะห์หาความหอมในถั่วเหลืองฝักสดนั้น ชี้ให้เห็นได้ว่าผลการทดลองวิเคราะห์ความหอมสอดคล้องกับที่ได้รายงานไว้ ส่วนการหาความหอมในถั่วเหลืองฝักสด สารหอมส่วนใหญ่ที่พบคือ n-hexanal, n-hexanol, 1-hexanal, 2-hexanal, 3-hexen-1-ol และ 1-octen-3-ol เป็นต้น จึงทำให้สรุปได้ว่าพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีความหอมนั้น จะมีสารหอมในกลุ่ม Alcohols, Aldehyde, Ketone, Acid & ester และ Nitrogen – containing compound ได้แก่ 2-acetyl-1-pyrrole, n-Hexanal, n-Hexanol, 1-Hexanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 1-Octen-3-ol, 2-Hexen-1-ol, 3-Hexen-1-ol, n-Patanal

ผลการศึกษาและวิเคราะห์หาสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดนั้นจะเห็นได้ว่าแต่ละพันธุ์จะมีความความมากน้อยแตกต่างกัน ซึ่งความหอมของถั่วเหลืองฝักสด จะมีกลิ่นหอมคล้ายกับกลิ่นหอมของใบเตย และจากการวิเคราะห์สารหอมในถั่วเหลืองฝักสดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี สามารถชี้ให้เห็นได้ว่าทั้ง 4 พันธุ์คือ MVB Chakaori, MVB Chamame, MVB 20/KS5, MVB 8/386 เป็นถั่วเหลืองฝักสดที่มีความหอมมาก เหมาะสมสำหรับแนะนำและพัฒนาสายพันธุ์ เพื่อใช้ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ต่อไป เพราะจากผลการทดลองวิเคราะห์ความหวานนั้น พันธุ์ MVB Chamame, MVB chakaori, MVB 8/386 ให้ปริมาณความหวานของถั่วเหลืองฝักสดมากที่สุดตามลำดับ (Suttirak *et al.*, 2005) ซึ่งทำให้สอดคล้องกับการทดลองดังกล่าวที่ชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ดังกล่าวนั้นเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทางคุณภาพที่ดี คือมีปริมาณความหอม และความหวานสูงมาก นอกจากนี้ ในส่วนของการปลูกและการดูแลรักษา การจัดการและสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อปริมาณความหอมและความหวาน เนื่องจากถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่ต้องการดูแลรักษาเป็นพิเศษ ถ้าไม่มีการเอาใจใส่ที่ดีก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของถั่วเหลืองฝักสด ดังนั้นหากมีการวางแผนการปลูกและควบคุมป้องกันรักษาให้ดี อาจส่งผลให้ถั่วเหลืองฝักสดมีลักษณะคุณภาพที่ดีขึ้นได้

## 5.2 สรุปผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

ปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน มีความแตกต่างกันทั้งปริมาณน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลจากการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างพืชของ Lane and Eynon (1923) อ้างใน Ranganna (1977) ทั้งเป็นเพราะว่า ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดนั้นถูกควบคุมโดยยีน ซึ่งเป็นลักษณะแบบบวกสะสม (Additive gene effects) คือถูกควบคุมโดยยีนจำนวนหลายคู่ แต่ละคู่แสดงอิทธิพลต่อปริมาณความหวานไม่มากนัก หากมีจำนวนคู่ของยีนที่ควบคุมความหวานอยู่รวมกันมากคู่ในถั่วเหลืองพันธุ์เดียวกัน จึงส่งผลทำให้ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์นั้นมีความหวานมากตามไปด้วย ในขณะเดียวกันการจัดการปุ๋ยหรือความต้องการธาตุอาหารของถั่วเหลืองฝักสดให้ตรงตามระยะการเจริญเติบโต มีผลกระทบต่อปริมาณความหวานและผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดอย่างมาก โดยถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ MVB Chamamae, MVB 5/383, และ MVB 8/386 มีปริมาณน้ำตาลซูโครส มากที่สุดตามลำดับ และพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดสูงมากที่สุด คือ MVB Charname, MVB Chakaori และ MVB 8/386 ตามลำดับ จากพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 17 พันธุ์ที่ใช้ศึกษา ซึ่งสามารถชี้ชัดได้ว่าทั้ง 3 พันธุ์เป็นพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ดีเหมาะสมสำหรับแนะนำให้ปลูกเพื่อการค้า เพราะมีปริมาณความหวานสูง แต่อย่างไรก็ตามต้องศึกษาลักษณะคุณภาพอื่นๆประกอบด้วย เช่นปริมาณความเขียวหรือสีของฝัก รสชาติ และ ความหอม ซึ่งรวมถึงปริมาณผลผลิตต่อไร่

ผลจากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่า ปริมาณความหวานที่ได้ออกมานั้นจะมีค่าไม่มาก โดยปริมาณ sucrose จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.42 g. และ 0.14-1.97 % ส่วนปริมาณ total sugar จะอยู่ในช่วง 0.26-0.73 g. และ 1.05-2.92 % ในการคัดเลือกเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์นั้นจะคัดเลือกเอาสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาล sucrose และ total sucrose ที่มีค่ามากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งปริมาณน้ำตาล sucrose และปริมาณ total sucrose จะไม่สูงเกิน 2% เนื่องจากในการปรับมาตรฐานของ Fehling' s solution นั้นสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐาน 1 มิลลิลิตรของสารละลายนี้จะมีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ 2.5 มิลลิกรัมเท่านั้น และโดยปกติพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ยังไม่ได้ผ่านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์นั้นจะมีความหวานของปริมาณน้ำตาลไม่เกิน 0.6% ดังนั้นปริมาณความหวานของสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่คัดเลือกมานั้น จึงถือว่าเป็นพันธุ์ที่มีความหวานมากกว่าพันธุ์เดิมที่มีขายอยู่ในตลาด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Masuda (1988) พบว่า จากการทดลองหาปริมาณน้ำตาล sucrose ในถั่วเหลืองฝักสดมีค่าเท่ากับ 0.76 กรัม และรายงานของ Tsou and Hong (1988) พบว่าการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล sucrose มีค่าอยู่ระหว่าง 39.70-102.70 มิลลิกรัม/กรัม จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์หาความหวานของถั่วเหลืองฝักสด ปริมาณ

น้ำตาลซูโครส อยู่ในช่วง 0.14 - 1.97 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 1.05 – 2.92 ซึ่งพันธุ์ที่มีปริมาณความหวานมากที่สุด คือพันธุ์ MVB Chamame และรองลงมาจะเป็นพันธุ์ MVB 8/386 ชี้ให้เห็นได้ว่าเป็นพันธุ์ที่เหมาะแก่การปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณความหวาน และความหวานมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับรายงานวิจัย (Suttirak *et al.*, 2005) และจากการทดลองและวิเคราะห์ถั่วเหลืองฝักสดชี้ให้เห็นได้ว่า พันธุ์ MVB Chamame, MVB 8/386 และ MVB 6/384 เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณความหวานมาก และปริมาณความหอมมาก รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญมากมาย ที่จะส่งผลให้ถั่วเหลืองฝักสดมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เหมาะที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น และส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป (Suttirak *et al.*, 2006)

ความหวานที่วิเคราะห์ได้จากการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์นั้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้จากขั้นตอนในการไตเตรท เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาใช้มีปริมาณน้อย ในถั่วเหลืองบางพันธุ์จึงมีความหวานน้อย จึงเวลาไตเตรทวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์เมื่อไปทำปฏิกิริยากับสาร Fehling แล้วถ้าปริมาณน้ำตาลในถั่วเหลืองมีน้อยเกินไป จะทำให้หาจุดยุติได้ยากค่าที่ได้ออกมาอาจคลาดเคลื่อนได้ ส่วนการปลูกและการดูแลรักษาก็เป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่ต้องการดูแลรักษาเป็นพิเศษ ถ้าเกิดโรคแมลงรบกวน หรือขาดธาตุอาหารก็อาจจะเกิดผลกระทบต่อผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตในเรื่องของรสชาติและความหวานได้ ฤดูการปลูกในการทดลองนี้ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพถั่วเหลืองฝักสด เนื่องจากทำการปลูกในช่วงฤดูฝนจะมีโรคเกิดขึ้น เช่น โรคโคนเน่า และโรคแอนแทรกโนส และความอุดมสมบูรณ์ในบริเวณที่ปลูกไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีอิทธิพลมากต่อรสชาติและความหวานของถั่วเหลืองฝักสด ดังนั้นหากได้มีการวางแผนการปลูกและควบคุมป้องกันรักษาให้ดี อาจจะส่งผลให้ถั่วเหลืองฝักสดมีปริมาณน้ำตาล sucrose และ total sucrose มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเตรียมตัวอย่าง ถั่วเหลืองฝักสดจาก 25 กรัมพบว่า สายพันธุ์ของถั่วเหลืองฝักสดที่มีความหวานของปริมาณน้ำตาลน้อยเกินไป เมื่อนำไปวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ในส่วนของ ขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการหาน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าบางครั้งจะให้ปริมาณสารละลายตัวอย่างที่มีน้ำตาลในสารละลายน้อยเมื่อนำไปไตรเตรทกับสาร Fehling จะใช้ปริมาณของสารละลายตัวอย่างมาก ซึ่งในการไตรเตรทจะใช้บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ดังนั้นถ้าใช้สารละลายตัวอย่างในแต่ละครั้งเกินกว่า 50 มิลลิลิตร ค่าที่ได้จากการไตรเตรทนั้นมีค่าไม่คงที่ เพราะเห็นผลที่ต้องเติมสารละลายตัวอย่างเพิ่มอีกเพื่อให้การ

ไตรเตรทถึงจุดยุติ จึงทำให้กระบวนการไม่ต่อเนื่อง และทำให้จุดยุติของสารละลายตัวอย่างที่ใช้เกินกว่าความเป็นจริง

จุดยุติของการไตรเตรทนี้คือ จะเกิดตะกอนสีส้มแดงแกมม่วงขึ้น และสีของ methylene blue จางหายไปหมด ในขณะที่สารละลายยังคงเดือดอยู่ ดังนั้นในระหว่างการไตรเตรทถ้ามีการขัดขวางการเดือดหรือการไตรเตรทหยุด ด้วยสาเหตุใดก็ตาม methylene blue จะถูก oxidized กลับมาเป็นสีเดิมได้ง่าย ข้อเสนอแนะในการแก้ไขคือ ในการสกัดตัวอย่างเพื่อให้ได้มาเป็นสารละลายตัวอย่าง อาจจะเพิ่มปริมาณของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดที่ใช้สกัดให้มากขึ้นจากเดิม 25 กรัม เพิ่มขึ้นอีก หรือไม่ควรปรับปริมาตรหรือ dilute สารละลายตัวอย่างมากเกินไป จะเป็นการช่วยให้สารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลมากพอที่จะทำปฏิกิริยากับสาร Fehling ได้ ส่วนในขั้นตอนที่ 2 ไม่เกิดปัญหาเนื่องจาก ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดจะมีปริมาณน้ำตาลของความหวานมากพอในการรีดิวซ์

2. สารเคมี mix Fehling ที่นำ Fehling A และ Fehling B มารวมกันแล้ว ในสภาพปกติเมื่อนำมาผสมกันในการนำไปวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์นั้น เมื่อให้ความร้อนจนเดือดแก่สารละลาย Fehling สารเคมีจะไม่เกิดปฏิกิริยาหรือสีของ Fehling จะไม่เปลี่ยนจนกว่าจะเติมสารละลายตัวอย่างที่มีน้ำตาลในการทำปฏิกิริยาได้ลงไปใน Fehling จึงจะเกิดการเปลี่ยนสีและเกิดปฏิกิริยารีดักชันของทองแดงที่มีอยู่ ในสารละลาย Fehling แต่ถ้ามีการเก็บ Fehling ที่ รวมกันแล้วเป็นระยะเวลานานจะทำให้ Fehling เกิดปฏิกิริยาบางอย่าง หรือทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้ Fehling ที่ใช้เป็นมาตรฐานมีความเสื่อมสภาพ เนื่องจากเมื่อนำไปให้ความร้อนแก่ Fehling จนเดือด Fehling ที่ใช้ทดลองจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีส้มแดง คล้ายกับปฏิกิริยารีดักชันของทองแดง ก่อนที่จะใส่สารละลายตัวอย่างลงไป จึงทำให้จุดยุติของการทดลองที่ควรจะเกิดเมื่อใส่สารละลายตัวอย่างลงไปทำให้ไม่สามารถทราบจุดยุติได้เลย จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าอาจจะเกิดจากการเสื่อมสภาพของ Fehling ที่เก็บไว้นานเกินไป ควรจะเตรียม Fehling ให้พอเหมาะกับสารละลายตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ควรจะใช้ให้หมดพอดีกับสารละลายตัวอย่าง แต่ถ้าสารละลาย Fehling ที่ใช้วิเคราะห์เหลือก็ควรเก็บไว้ให้มิดชิด อย่าให้สัมผัสกับความร้อนโดยตรง และควรจะปิดจุกให้แน่น อย่าให้อากาศเข้าไป เพราะออกซิเจนอาจเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Mix Fehling ที่เตรียมไว้และควรเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อไม่ให้ถูกแสง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ระยะเวลาการเก็บไม่ควรเกิน 2-3 วัน ถ้าเกิน 3 วัน Fehling นั้นอาจจะเสื่อมสภาพได้ และควรจะทิ้ง เพราะถ้านำมาใช้มาตรฐานในการวิเคราะห์ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ของจุดยุติได้

3. ในการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างในแต่ละครั้ง ควรมีการปรับมาตรฐานของ Fehling's solution ทุกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันให้แน่ใจว่าสารละลาย Fehling ที่จะนำมาวิเคราะห์นั้นตรงกับมาตรฐานที่ใช้เป็น Standard โดยใช้น้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐาน (Standard reducing sugar) มาเป็นตัววัดมาตรฐาน

**5.3 สรุปผลองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยา**

การศึกษาลักษณะความสูงของถั่วเหลืองฝักสดหลังหยอดเมล็ด 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน มีค่าความสูงอยู่ในช่วง 8.60-13.55, 14.83-24.50, 17.50-43.66, 27.66-40.00, 41.61-74.66, 38.66-67.66 และ 53.33-70.00 เซนติเมตร ตามลำดับ พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดจากทั้งหมด 17 พันธุ์ คือ MVB 12/346 รองลงมา MVB 3/379 และ MVB 13/LL พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ MVB 6/384 โดยส่วนมากทั้ง 17 พันธุ์หลังหยอดเมล็ดมีความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกสัปดาห์ จนกระทั่งหลังหยอดเมล็ด 42-49 วัน ความสูงจะเริ่มคงที่และลดลง แต่จะมีบางพันธุ์ที่คงสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 56 วัน ได้แก่ MVB 3/379, MVB 11/389 และ MVB 12/346

การศึกษาจำนวนข้อต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 6.93-14.10 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 3.80-6.93 กิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 11.57-47.50 ฝักต่อต้น จำนวนฝักดีต่อต้นมีค่าอยู่ในช่วง 8.93-23.80 ฝักต่อต้น จำนวนฝักลีบ มีค่าอยู่ในช่วง 10.17-28.10 ฝักต่อต้น จำนวนฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 1.00-4.70 ฝักต่อต้น จำนวนฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 5.16-16.73 ฝักต่อต้น และจำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 4.57-5.93 ฝักต่อต้น เห็นได้ว่าพันธุ์ที่มีจำนวนข้อและกิ่งมากจะมีจำนวนฝักต่อต้นมากไปด้วย โดยพันธุ์ที่มีข้อและกิ่งมากได้แก่ MVB 6/384, MVB 9/387 และ MVB 11/389 จำนวนฝักดีและจำนวนฝักลีบมีปริมาณใกล้เคียงกัน เนื่องจากว่าในฤดูการที่ทำการปลูกนั้นเป็นช่วงฤดูฝน มีโรคและแมลงรบกวนมาก การเจริญเติบโตไม่เต็มที่ จึงทำให้การติดเมล็ดไม่ดี จำนวนฝักลีบจึงมีมากใกล้เคียงกับจำนวนฝักดี และฝักที่ดีส่วนมานั้นเป็นฝักที่มี 2 เมล็ด

การศึกษาน้ำหนักใบสดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 14.22-112.81 กรัม น้ำหนักลำต้นรวมกิ่งต่อต้นมีค่าเท่าอยู่ในช่วง 9.90-44.07 กรัม น้ำหนักฝักต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 27.16-66.27 กรัม น้ำหนักฝักลีบหรือเสียต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 11.60-27.43 กรัม น้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 1.57-22.67 กรัม น้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 8.43-33.96 กรัม น้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้น มีค่าอยู่ในช่วง 2.80-15.59 กรัม และปริมาณผลผลิตต่อไร่ มีค่าอยู่ในช่วง 525.40-1281.00 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักใบสดรวมกับน้ำหนักลำต้นและกิ่งมากที่สุด คือ

MVB 9/387 รองลงมา MVB 12/346 และ MVB 11/389 พันธุ์ที่มีน้ำหนักใบสดรวมกับน้ำหนักลำต้นและกิ่งน้อยที่สุด คือ MVB 1/DCM และพันธุ์ที่ให้น้ำหนักฝักมากจะให้ผลผลิตต่อไร่สูงไปด้วย โดยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด คือ MVB 16/SW ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่น้อยที่สุด คือ MVB 1/DCM และน้ำหนักที่ได้ส่วนมากเป็นฝักที่มี 2 เมล็ด

การศึกษาขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด ความกว้างของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด มีค่าอยู่ในช่วง 1.15-1.34 เซนติเมตร ความยาวของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด มีค่าอยู่ในช่วง 4.28-5.73 เซนติเมตร ความหนาของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด มีค่าอยู่ในช่วง 0.65-0.83 เซนติเมตร พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุดคือ MVB 17/Green รองลงมาคือ MVB 3/379 ส่วนพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดเล็กที่สุดคือ MVB 13/LL

การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์หลังปลูก 20, 30, 40 และ 50 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 40.57-50.80, 40.90-56.63, 40.24-48.71 และ 32.87-45.08 SPAD ตามลำดับ เห็นได้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในช่วงหลังปลูก 20 วัน มีค่าสูงกว่าหลังปลูก 30, 40 และ 50 วัน เนื่องจากเป็นช่วงแรกที่มีการเจริญเติบโตมาก จึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์มาก หลังปลูก 30 วัน มีค่า SPAD ใกล้เคียงกับหลังปลูก 20 วัน แต่พอเริ่มหลังปลูก 40 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มลดลง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตจนถึงจุดสูงสุด ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบจึงเริ่มลดลงจนใบมีสีเขียวอ่อนจางลง หลังปลูก 30 วันนั้น ค่า SPAD จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และใบก็มีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว การสังเคราะห์แสงก็จะลดลงไปด้วย

# บรรณานุกรม


กรุง สีตะธนี. 2534. ถั่วเหลืองฝักสดและการปฏิบัติรักษา. น 202. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมนักวิชาการเกษตรหลักสูตรการผลิตถั่วเหลืองฝักสด.** เชียงใหม่: กรมส่งเสริมการเกษตร.

กรุง สีตะธนี, เฉลิมพล มากมูล และ ประเสริฐ คำวงษ์. 2538. การศึกษาผลผลิตและลักษณะของถั่วแระญี่ปุ่น 5 พันธุ์ในฤดูกาลต่างๆ กัน. น. 14 ใน **เอกสารประกอบการสัมมนาแถลงผลงานวิจัยภาคตะวันตก.** เพชรบุรี: สำนักส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. **สารให้ความหวาน.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 118 น.

ปราณี ศรีสวัสดิ์. 2542. **เคมีอาหาร.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 128 น.

พิมพร โชติญาณวงค์. 2534. พันธุ์และการปรับปรุงถั่วเหลืองบริโภคสด. น. 34 – 38 ใน **รายงานการฝึกอบรมหลักสูตรการผลิตถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทย ปี 2534.** กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC).

พิมพร โชติญาณวงค์. 2538. การทดสอบพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด. น. 14 – 15 ใน **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2538.** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิมพร โชติญาณวงค์, อเนก โชติญาณวงค์, ศรีภูมิ กองอินทรีย์, ทินกร พรหมดีราช, ชาญชัย สมาศิลป์ และ วัฒนศักดิ์ ชมภูนิช. 2533. การเปรียบเทียบพันธุ์ถั่วเหลืองบริโภคสดในไร่กสิกร. น. 4 – 30 ใน **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2533.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สุกัญญา เขียวสะอาด. 2543. **การหาปริมาณสารหอม 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน ในข้าวโดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 153 น.

สุกัญญา มหาธีรานนท์. 2540. การศึกษาสารให้ความหอมในเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. ใน **เอกสารวิชาการ BIOTEC 1/2540.** เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2533. **สรีรวิทยาการผลิตพืชตระกูลถั่ว.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 200 น.

Buttery, R.G. and L.C. Ling. 1982. 2-Acetyl-1-pyrroline : an important aroma component of cooked rice. **Chemistry and Indrustry.** 38(2): 958-959.

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

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

Chotiyarnwong, P. 1992. Varieties and Varietal development of vegetable soybean. In **AVRDC , Vegetable Soybean Production: Proceeding of Training Course.** Chiang Mai: n.p.

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

Masuda R., K. Hashizume, and K. Kaneko. 1988. Effect of holding time befor freezing on the constituents and flavor of frozen green Soybean (edamame). **Res. Dev. Cent.,** 35: 763-770.

Ranganna, S. 1977. Plant Pigment. pp. 73-93. In **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products.** New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Shanmugasundaram, S. 1991. Varietal improvement of vegetable soybean in Taiwan. pp. 30- 36. In **Vegetable Soybean Reserch Need for Production and Quality Improvement.** S.l.: AVRDC.

Shinohara, S. 1989. Vegetable seed production technology of Japan. pp. 204-222. In **Tsukuba International Agricutureal Training Center.** Tokyo: n.p.

Suttirak, P., S. Settha, and P. Weerachai. 2005. Quantification analysis of sugar in vegetable soybean cultivars. pp. 265-266. In **31st Congress on Science and Technology of Thailand.** Nakhon Ratchasima: STT.

Suttirak, P., P. Weerachai, S. Settha, S. Waya, and S. Napattarapong. 2006. Flavour compounds of the vegetable soybean "Chakaori" growing in thailand. pp. 65. In **KMITL International Conference on Science and Applied Science 2006.** Bangkok: KMITL.

Tsou, S.C.S. and T.L. Hong. 1988. Research on vegetable soybean quality in Taiwan. pp. 103-107. In **Vegetable Soybean Reserch Need for Production and Quality Improvement.** S.l.: AVRDC.

Tsay, J.S., S.H. Lai, and C.L. Tsai. 1991. Present and potential cropping systems for vegetable soybean in Taiwan. pp. 65-72. In **Vegetable Soybean Research Need for Production and Quality Improvement.** S.l.: AVRDC.

Yasuhiro, C. 1991. Postharvest processing , marketing and quality degradation of vegetable soybean in Japan. pp. 108-112. In **Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement.** S.l.: AVRDC.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน

**ตารางภาคผนวก 1** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 7 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 1.74 | 0.87 | 0.44$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 95.69 | 6.04 | 3.06** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 63.20 | 1.97 | | | |
| Total | 50 | 161.64 | 3.23 | | | |

GRAND MEAN = 10.45
CV. = 13.44 %
LSD .05 = 2.27
LSD .01 = 3.00

**ตารางภาคผนวก 2** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 14 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 5.78 | 2.89 | 0.76$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 267.25 | 16.70 | 4.37** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 122.42 | 3.82 | | | |
| Total | 50 | 395.46 | 7.90 | | | |

GRAND MEAN = 19.30
CV. = 10.13 %
LSD .05 = 3.16
LSD .01 = 4.17

**ตารางภาคผนวก 3** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 21 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 16.50 | 8.25 | 1.19$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1990.68 | 124.41 | 17.98** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 221.49 | 6.92 | | | |
| Total | 50 | 2228.68 | 44.57 | | | |

GRAND MEAN = 31.75
CV. = 8.28 %
LSD .05 = 4.25
LSD .01 = 5.62

**ตารางภาคผนวก 4** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 28 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 46.39 | 23.19 | 2.87$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1763.64 | 110.22 | 13.62** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 258.94 | 8.09 | | | |
| Total | 50 | 2068.98 | 41.37 | | | |

GRAND MEAN = 39.01
CV. = 7.29 %
LSD .05 = 4.59
LSD .01 = 6.07

**ตารางภาคผนวก 5** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 35 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 97.76 | 48.88 | 2.08$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 3112.00 | 194.50 | 8.30** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 750.23 | 23.44 | | | |
| Total | 50 | 3960.00 | 79.20 | | | |

GRAND MEAN = 55
CV. = 8.80 %
LSD .05 = 7.82
LSD .01 = 10.34

**ตารางภาคผนวก 6** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะความสูงหลังหยอดเมล็ด 42 วัน ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 59.56 | 29.78 | 1.65$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 5212.03 | 325.75 | 18.08** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 576.43 | 18.01 | | | |
| Total | 50 | 5848.03 | 116.96 | | | |

GRAND MEAN = 53.19
CV. = 7.97 %
LSD .05 = 6.86
LSD .01 = 9.06

**ตารางภาคผนวก 7** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูง 49 วันในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 1.45 | 0.72 | 0.05$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 3397.17 | 212.32 | 14.52** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 467.88 | 14.62 | | | |
| Total | 50 | 3866.50 | 77.33 | | | |

GRAND MEAN = 51.56
CV. = 7.41 %
LSD .05 = 6.18
LSD .01 = 8.17

**ตารางภาคผนวก 8** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูง 56 วันในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 98.47 | 49.23 | 2.48$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 3118.98 | 194.93 | 9.81** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 636.19 | 19.88 | | | |
| Total | 50 | 3853 64 | 77.07 | | | |

GRAND MEAN = 52.35
CV. = 8.51 %
LSD .05 = 7.20
LSD .01 = 9.52

**ตารางภาคผนวก 9** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 0.19 | 0.09 | 0.68$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 177.29 | 11.08 | 79.11** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 4.48 | 0.14 | | | |
| Total | 50 | 181.96 | 3.63 | | | |

GRAND MEAN = 10.39
CV. = 3.59 %
LSD .05 = 0 .60
LSD .01 = 0.79

**ตารางภาคผนวก 10** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนกิ่งต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 1.74 | 0.87 | 1.44$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 51.66 | 3.22 | 5.31** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 19.46 | 0.60 | | | |
| Total | 50 | 72.88 | 1.45 | | | |

GRAND MEAN = 4.84
CV. = 16.09 %
LSD .05 = 1.26
LSD .01 = 1.66

**ตารางภาคผนวก 11** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนฝักต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 35.74 | 17.87 | 1.25$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1913.39 | 119.58 | 8.38** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 456.61 | 14.26 | | | |
| Total | 50 | 2405.76 | 48.11 | | | |

GRAND MEAN = 33.23
CV. = 11.36 %
LSD .05 = 6.10
LSD .01 = 8.07

**ตารางภาคผนวก 12** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักดีต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 2.60 | 1.30 | 0.11$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1069.58 | 66.84 | 5.45** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 392.68 | 12.27 | | | |
| Total | 50 | 1464.87 | 29.29 | | | |

GRAND MEAN = 17.27
CV. = 20.27 %
LSD .05 = 5.66
LSD .01 = 7.48

**ตารางภาคผนวก 13** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักลีบต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 6.31 | 3.15 | 0.54$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1293.01 | 80.81 | 13.86** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 186.51 | 5.82 | | | |
| Total | 50 | 1485.85 | 29.71 | | | |

GRAND MEAN = 16.45
CV. = 14.67 %
LSD .05 = 3.90
LSD .01 = 5.15

**ตารางภาคผนวก 14** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 1.28 | 0.64 | 0.75$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 67.56 | 4.22 | 4.94** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 27.37 | 0.85 | | | |
| Total | 50 | 96.22 | 1.92 | | | |

GRAND MEAN = 2.43
CV. = 38.03 %
LSD .05 = 1.49
LSD .01 = 1.97

**ตารางภาคผนวก 15** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้น ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 14.21 | 7.10 | 0.91$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 658.46 | 41.15 | 5.28** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 249.26 | 7.78 | | | |
| Total | 50 | 921.94 | 18.43 | | | |

GRAND MEAN = 11.61
CV. = 24.02 %
LSD .05 = 4.51
LSD .01 = 5.96

**ตารางภาคผนวก 16** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้น ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 0.04 | 0.02 | 0.05$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 86.61 | 5.41 | 13.23** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 13.09 | 0.40 | | | |
| Total | 50 | 99.74 | 1.99 | | | |

GRAND MEAN = 2.74
CV. = 23.31 %
LSD .05 = 1.03
LSD .01 = 1.36

**ตารางภาคผนวก 17** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักใบสดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 121.90 | 60.95 | 0.41$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 36881.98 | 2305.12 | 15.62** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 4721.03 | 147.53 | | | |
| Total | 50 | 41724.92 | 834.49 | | | |

GRAND MEAN = 63.66
CV. = 19.07 %
LSD .05 = 19.63
LSD .01 = 25.95

**ตารางภาคผนวก 18** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักลำต้นรวมกิ่งต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 8.81 | 4.40 | 0.21$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 6532.98 | 408 31 | 19.75** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 66 .64 | 20.67 | | | |
| Total | 50 | 7203.44 | 144.06 | | | |

GRAND MEAN = 30.25
CV. = 15.03 %
LSD .05 = 7.35
LSD .01 = 9.71

**ตารางภาคผนวก 19** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 48.61 | 24.30 | 0.74$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 4149.32 | 259.33 | 7.94** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 1045.44 | 32.67 | | | |
| Total | 50 | 5243.38 | 104.86 | | | |

GRAND MEAN = 49.77
CV. = 11.48 %
LSD .05 = 9.24
LSD .01 = 12.21

**ตารางภาคผนวก 20** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักลีบหรือเสียต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 1.59 | 0.79 | 0.16$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 805.70 | 50.35 | 9.90** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 162.73 | 5.08 | | | |
| Total | 50 | 970.03 | 19.40 | | | |

GRAND MEAN = 17.56
CV. = 12.83 %
LSD .05 = 3.64
LSD .01 = 4.81

**ตารางภาคผนวก 21** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 1 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 10.25 | 5.12 | 1.78 ns | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 1170.82 | 73.17 | 25.47** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 91.94 | 2.87 | | | |
| Total | 50 | 1273.02 | 25.46 | | | |

GRAND MEAN = 4.67
CV. = 36.23 %
LSD .05 = 2.74
LSD .01 = 3.62

**ตารางภาคผนวก 22** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 2 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 12.93 | 6.46 | 0.57 ns | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 2900.26 | 181.26 | 15.96** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 363.33 | 11.35 | | | |
| Total | 50 | 3276.53 | 65.53 | | | |

GRAND MEAN = 21.18
CV. = 15.90 %
LSD .05 = 5.44
LSD .01 = 7.20

**ตารางภาคผนวก 23** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักที่มี 3 เมล็ดต่อต้นในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 3.87 | 1.93 | 0.72$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 574.42 | 35.90 | 13.30** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 86.38 | 2.69 | | | |
| Total | 50 | 664.68 | 13.29 | | | |

GRAND MEAN = 7.78
CV. = 21.10 %
LSD .05 = 2.65
LSD .01 = 3.51

**ตารางภาคผนวก 24** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตต่อไร่ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 109306.21 | 54653.10 | 0.52$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 18620981.72 | 1163811.35 | 11.01** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 3382194.17 | 105693.56 | | | |
| Total | 50 | 22112482.11 | 442249.64 | | | |

GRAND MEAN = 3596.41
CV. = 9.03 %
LSD .05 = 525.58
LSD .01 = 694.67

**ตารางภาคผนวก 25** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 0.010 | 0.005 | 1.80ns | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 0.172 | 0.010 | 3.79** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 0.091 | 0.002 | | | |
| Total | 50 | 0.274 | 0.005 | | | |

GRAND MEAN = 1.24
CV. = 4.27 %
LSD .05 = 8.62
LSD .01 = 0.11

**ตารางภาคผนวก 26** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 0.10 | 0.05 | $0.71^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 8.99 | 0.56 | 7.32** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 2.45 | 0.07 | | | |
| Total | 50 | 11.55 | 0.23 | | | |

GRAND MEAN = 4.98
CV. = 5.56 %
LSD .05 = 0.44
LSD .01 = 0.59

ตารางภาคผนวก 27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหนาของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 0.0003 | 0.0001 | 0.06$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 0.1106 | 0.0069 | 3.19** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 0.0694 | 0.0022 | | | |
| Total | 50 | 0 1803 | 0.0036 | | | |

GRAND MEAN = 0.73
CV. = 6.30 %
LSD .05 = 7.52
LSD .01 = 9.95

ตารางภาคผนวก 28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์ 20 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 3.70 | 1.85 | 0.49$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 247.44 | 15.46 | 4.08** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 121.19 | 3.78 | | | |
| Total | 50 | 372.34 | 7.44 | | | |

GRAND MEAN = 45.17
CV. = 4.30 %
LSD .05 = 3.14
LSD .01 = 4.15

**ตารางภาคผนวก 29** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณครอโรฟิลล์ 30 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 99.65 | 49.82 | 2.21$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 718.00 | 44.87 | 1.99$^{ns}$ | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 721.38 | 22.54 | | | |
| Total | 50 | 1539.04 | 30.78 | | | |

GRAND MEAN = 47.58
CV. = 9.97 %
LSD .05 = 7.67
LSD .01 = 10.14

**ตารางภาคผนวก 30** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณครอโรฟิลล์ 40 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 10.98 | 5.49 | 1.65$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 210.33 | 13.14 | 3.96** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 106.22 | 3.31 | | | |
| Total | 50 | 327 54 | 6.55 | | | |

GRAND MEAN = 42.97
CV. = 4.23 %
LSD .05 = 2.94
LSD .01 = 3.89

ตารางภาคผนวก **31** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์ 50 หลังปลูก ในถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ต่างกัน

| Source | df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 2 | 15.03 | 8.01 | 0.81$^{ns}$ | 3.32 | 5.39 |
| Treatment | 16 | 589.44 | 36.84 | 3.70** | 2.01 | 2.70 |
| Ex.Error | 32 | 318.74 | 9.96 | | | |
| Total | 50 | 924.22 | 18.48 | | | |

GRAND MEAN = 39.39

CV. = 8.01 %

LSD .05 = 5.10

LSD .01 = 6.74

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

# ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายสุทธิรักษ์ ผลเจริญ

เกิดเมื่อ 3 กันยายน 2522

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ จังหวัดกรุงเทพฯ

พ.ศ. 2543 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

พ.ศ. 2545 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ผลงานวิจัย

1. **Quantification Analysis of Sugar in Vegetable Soybean Cultivars.** ใน การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 31 ระหว่างวันที่ 18 - 20 ตุลาคม 2548 ณ เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด นครราชสีมา

2. **Flavour Compounds of the Vegetable Soybean "Chakaori" Growing in Thailand** ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ KMITL Internation Conference on Science and Applied Science 2006 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวันที่ 8-10 มีนาคม 2549 ณ โรงแรมสวิส โฮเต็ล เลอ คองคอร์ด ถนนรัชดาภิเษก กรุงเทพฯ