# สารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง

นางสาวฐิตา ฟูเผ่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-1622-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# DEODORANT FROM *Volvariella volvacea* EXTRACT

Miss Tita Foophow

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-Departmental Program in Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-1622-2

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | สารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง |
| **โดย** | นางสาวฐิตา ฟูเผ่า |
| **สาขาวิชา** | วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไว้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฐิตา ฟูเผ่า : สารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง. (DEODORANT FROM *Volvariella volvacea* EXTRACT). อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อมร เพชรสม, 114 หน้า. ISBN 974-17-1622-2.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง โดยศึกษาถึงสภาวะของเวลา, อุณหภูมิ และตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดสารจากเห็ดฟาง ซึ่งทำการสกัดสารจากเห็ดฟางโดยใช้ 30%เอทานอล, 0.5%สารละลายกรดซิตริก (pH 3.2) ที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง และนำสารสกัดที่ได้มาทำการดูดซับกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์แล้วเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์)

สารสกัดจากเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย เวลา 6 ชั่วโมง ให้เปอร์เซนต์ผลผลิตที่มากที่สุดคือ 3.7 ± 0.1% ในขณะที่สารสกัดที่ใช้ 30% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ให้เปอร์เซนต์ผลผลิตเท่ากับ 3.1 ± 0.1% และสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลในการสกัด อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง จะมีเปอร์เซนต์การดูดซับกลิ่นแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1176 M มากที่สุดคือ 53.2 ± 2.0% ซึ่งดูดซับกลิ่นแอมโมเนียได้ดีกว่าแชมแพกซ์ที่สกัดจากเอทานอล ($p \leq 0.05$) ส่วนสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวสกัด อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง สามารถดูดซับกลิ่นแอมโมเนียได้ 73.5 ± 1.2% ซึ่งดูดซับกลิ่นได้ต่ำกว่าแชมแพกซ์ ($p \geq 0.05$) และเมื่อนำสารสกัดจากเห็ดฟางที่สกัดด้วย 30%เอทานอล มา 10 มิลลิกรัมมาดูดซับกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ความเข้มข้น 3.4 μM จะสามารถดูดซับกลิ่นได้ 30-42% และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 20 มิลลิกรัมก็สามารถดูดซับได้ถึง 52-69% ซึ่งการดูดซับที่ได้นี้จะดีกว่าการดูดซับของแชมแพกซ์ แต่สารสกัดจากเห็ดฟางที่สกัดด้วย 0.5%สารละลายกรดซิตริก เมื่อนำมา 10 มิลลิกรัมสามารถดูดซับกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ได้เพียง 27%และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 มิลลิกรัมก็สามารถดูดซับได้เพียง 33-48% ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นได้น้อยกว่าแชมแพกซ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4389065020 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : DEODORANT/ MUSHROOM/ AMMONIA/ DURIAN

TITA FOOPHOW: DEODORANT FROM *Volvariella volvacea* EXTRACT. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. AMORN PETSOM, Ph.D. 114 pp. ISBN 974-17-1622-2.

This research aims at the investigation of deodorant from straw mushroom. The effects of time, temperature and solvents on the extraction of straw mushroom (*Volvariella volvacea*) were investigated. The mushroom was extracted with 30% ethanol in water or 0.5% aqueous citric acid solution (pH 3.2) at temperature ranging from 60°C to 90°C for 2 to 6 hours. The extract was tested for the absorption of ammonia and synthetic durian odor and the results were compared to those of champignon mushroom extract (Champex).

The extraction at 80°C using 0.5% aqueous citric acid for 6 hour gave the highest yield at 3.7 ± 0.1%, while the extraction using 30% ethanol at 70°C for 6 hour gave 3.1±0.1%. The ethanol extract at 70°C for 6 hour showed the highest %absorption of 0.1176 M ammonia at 53.2±2.0%. The absorption is better than that of champex in ethanol ($p \leq 0.05$). The citric acid extract at 90°C for 6 hour showed 73.5±1.2% adsorption which was lower than that of champex ($p \geq 0.05$). The 10 mg ethanol extract absorped 30-42% of 3.4 μM of durian odor while the 20 mg ethanol extract could absorp 52-69%. The absorption was better than that of champex. However, the 10 mg of citric acid extract absorped only 27% and 20mg absorped only 33-48% which were lower than those of champex.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter-department ENVIRONMENTAL SCIENCE Student's signature .....

Field of study ENVIRONMENTAL SCIENCE Advisor's signature .....

Academic year 2002 Co-advisor's signature.....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในทุกด้าน ตลอดจนตรวจแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ และ อาจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร ผู้ให้คำแนะนำและกรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช สำหรับคำแนะนำวิธีการใช้และคำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

ขอขอบคุณหน่วยวิจัย Biorganic chemistry ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับ ความอนุเคราะห์ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ทั้งชาวสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและชั้น 15 ตึกวิทยาศาสตร์มหามกุฎ ที่ได้อยู่ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและเป็นเพื่อนคุยกันยามเหงา ๆ เวลาทำงานวิจัยตลอดมา เหนือสิ่งอื่นใดขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่เป็นห่วงทุกครั้งที่กลับบ้านดึก ขอบคุณคะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

**หน้า**


บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ฎ

สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ.....ฏ

บทที่

1 บทนำ.....1

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 เห็ด.....4

2.1.1 ลักษณะของเห็ด.....4

2.1.2 วงจรชีวิตของเห็ด.....8

2.1.3 คุณค่าทางอาหารของเห็ด.....13

2.1.4 เห็ดฟาง.....17

2.1.5 เห็ดแชมปิญอง.....23

2.2 กลิ่น.....27

2.2.1 กลิ่นแอมโมเนีย.....27

2.2.2 กลิ่นทุเรียน.....30

2.3 แชมแพกซ์.....35

3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....43

3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....43

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี.....43

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย.....45

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....45

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง ..... 50

4.1 ผลการสกัดสารจากเห็ดฟาง.....50

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง .....52

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางกับสารดูดกลิ่นที่มาจากเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์).....64
4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์ .....67
4.5 การศึกษาเอกลักษณ์ของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์.....69
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....72
เอกสารอ้างอิง.....75
ภาคผนวก.....78
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี.....79
ภาคผนวก ข แก๊สโครมาโทแกรมและแมสสเปตรัมของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์.....84
ภาคผนวก ค แก๊สโครมาโทแกรมและแมสสเปตรัมของ Internal standard.....89
ภาคผนวก ง ผลวิเคราะห์ทางสถิติ.....91
ภาคผนวก จ ผลวิเคราะห์ HPLC.....110
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....114

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะวงจรชีวิต (Life cycle) ของเห็ดขนิดต่าง ๆ……12
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิต่าง ๆ ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ……14
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิต่าง ๆ ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง……15
ตารางที่ 2.4 ปริมาณกรดอะมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม ……16
ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางอาหารของเห็ดฟาง……20
ตารางที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของธาตุอาหารเห็ดฟาง (%) ต่อน้ำหนักแห้ง ในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต ……21
ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางอาหารของเห็ดแชมปิญอง……26
ตารางที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ให้กลิ่น……27
ตารางที่ 2.9 การเกิดและปล่อยก๊าซต่าง ๆ จากสัตว์เลี้ยง……29
ตารางที่ 2.10 การแปรสภาพของไนโตรเจนที่กินเข้าไปกับอาหารโดยสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ……30
ตารางที่ 2.11 Volatile flavouring compounds of durian ……31
ตารางที่ 2.12 Sulfur Compounds in three Durian varieties from Indonesia, As Identified by GC-MS……32
ตารางที่ 2.13 Non-Sulfur Compounds in three Durian varieties from Indonesia, As Identified by GC-MS……32
ตารางที่ 2.14 Sulfury Flavor Substances in Durian Cane Variety, As analyzed by GC-Sniff flavor Dillution Analysis……33
ตารางที่ 2.15 Non-Sulfury Flavor Substances in Durian Cane Variety, As analyzed by GC-Sniff flavor Dillution Analysis……34
ตารางที่ 3.1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง……45
ตารางที่ 4.1 %yield ของสารสกัดจากเห็ดฟาง……51
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการวัดก๊าซแอมโมเนีย……52
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียของสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย…53
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียของสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย……56
ตารางที่ 4.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์……58

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**หน้า**

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซนต์การดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายชนิดต่าง ๆ จากกลิ่นทุเรียนโดยสารสกัดจากเห็ดฟาง.....63
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย.....64
ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย.....65
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายชนิดต่าง ๆ จากกลิ่นทุเรียนโดยแซมแพกซ์.....66
ตารางที่ 4.10 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด.....67
ตารางที่ 4.11 แสดงสารที่มีอยู่ในสารสกัดโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญรูป

**หน้า**

รูปที่ 2.1 พัฒนาการของ basidiocarp จากดอกเห็ดอ่อนจนถึงดอกแก่ในสกุลต่าง ๆ……5
รูปที่ 2.2 การสร้างสปอร์ใน basidiomycete และลักษณะโครงสร้างของ basidia……6
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของเห็ด……...8
รูปที่ 2.4 ลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดที่เป็นแบบ Homothallic life cycle……9
รูปที่ 2.5 วงจรชีวิตของเห็ดที่เป็นแบบ Heterothallic life cycle……10
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะวงจรของเห็ดฟาง ซึ่งเป็นแบบ Homothallic……...19
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดแชมปิญอง ซึ่งมีวงจรชีวิตแบบ secoundary homothallic……25
รูปที่ 2.8 วัฏจักรไนโตรเจน……28.
รูปที่ 3.1 ลักษณะของเห็ดฟาง……43
รูปที่ 3.2 แชมแพกซ์……44
รูปที่ 3.3 การสกัดสารจากเห็ดฟาง……46
รูปที่ 3.4 ลักษณะอุปกรณ์ในการวัดก๊าซแอมโมเนีย……..47
รูปที่ 4.1 ลักษณะของสารสกัดที่ได้จากเห็ดฟาง (ของเหลว)……50
รูปที่ 4.2 ลักษณะของสารสกัดที่ได้จากเห็ดฟาง (ผง)……50
รูปที่ 4.3 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียที่ถูกปล่อยออกมา……52
รูปที่ 4.4 ผลของ %การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามอุณหภูมิ……...54
รูปที่ 4.5 ผลของ %การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามเวลา……54
รูปที่ 4.6 ผลของ %การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามอุณหภูมิ……...57
รูปที่ 4.7 ผลของ %การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามเวลา……57
รูปที่ 4.8 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 1 µl ฉีดทันที……..59
รูปที่ 4.9 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 5 µl ฉีดทันที……..59
รูปที่ 4.10แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 10 µl ฉีดทันที……60
รูปที่ 4.11แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 20 µl ฉีดทันที……60
รูปที่ 4.12 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 20 µlหลังจากทิ้งไว้ 50 นาที…..61
รูปที่ 4.13 ลักษณะแก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS……62
รูปที่ 4.14 ลักษณะ gel eletrophoresis ของสารสกัด……70

## สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ

% = เปอร์เซ็นต์

mg = มิลลิกรัม

M = โมลาร์

ml = มิลลิลิตร

min = นาที

N = นอร์มัล

×g = gravity

MW = น้ำหนักโมเลกุล

µl = ไมโครลิตร

µM = ไมโครโมลาร์

$^{o}C$ = องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

กลิ่นจัดเป็นนามธรรม แต่สามารถรู้สึกได้โดยสัมผัสทางจมูก เมื่อประสาทส่วนสมองรับรู้จะแยกกลิ่นออก ถ้าเป็นกลิ่นดีจะรู้สึกหอม กลิ่นเสียจะรู้สึกว่าเหม็น ถึงแม้ว่ากลิ่นบางชนิด เช่น มะนาว จะทำให้เกิดความรู้สึกสดชื่น สะอาดและใช้ทำประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ แต่โดยทั่วไปกลิ่นทุกชนิดก็จัดว่าเป็นตัวบั่นทอนสุขภาพที่ควรจำกัดออกไปจากอากาศที่เราหายใจ ปัจจุบันกลิ่นเข้าไปมีบทบาทและอิทธิพลกับชีวิตประจำวันของเราอย่างมากมายมหาศาล เพราะกลิ่นสามารถฟุ้งกระจายไปในอากาศได้ทั่วทุกหนทุกแห่ง ตามถนนหนทาง อาคาร บ้านเรือน ยานพาหนะต่าง ๆ ทั้งใต้ดิน บนดิน และบนฟ้า ตลอดจนในอาหาร เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง ยารักษาโรค และอื่น ๆ อีกมากมาย และอากาศยังเป็นที่แพร่กระจายของเชื้อโรคต่าง ๆ ด้วย ดังที่องค์การอนามัยโลกได้ให้คำจำกัดความของการมีสุขภาพดีที่ต้องมีความสมบูรณ์ทั้งทางร่างกาย จิตใจ ความเป็นอยู่ทางสังคม การปราศจากโรคและความอ่อนแอ กลิ่นสามารถกระทบต่อความเป็นอยู่ได้จากการตอบสนองที่เป็นอันตราย การเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพและรบกวนการทำงานของประสาทดมกลิ่นในจมูก ทำให้เกิดการตอบสนองของการคลื่นไส้อาเจียน ปวดศีรษะ หายใจตื้นและไม่เต็มอิ่ม ไอ นอนไม่หลับ อึดอัดในท้อง เบื่ออาหาร ระคายต่อตา จมูก ลำคอ ขาดความสุขในบ้าน สิ่งแวดล้อมภายนอก ก่อความรำคาญ ซึมเศร้า หัวใจเต้นช้า เส้นเลือดที่ผิวหนังและกล้ามเนื้อหดตัว

กลิ่นอาจเกิดมาจากขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่พบบ่อยคือ การผลิตอาหาร อุตสาหกรรมปลา เนื้อสัตว์ ฟาร์มหมูและสัตว์ปีก อุตสาหกรรมน้ำมันและปิโตรเคมี ขยะและสิ่งปฏิกูล การพ่นและทาสี อุตสาหกรรมสีและพลาสติก และในทางการเกษตรพวกอาหารประเภทต่าง ๆ ที่เกิดกลิ่นได้เช่นทุเรียน ผลผลิตทางการเกษตรที่เน่าเสียได้ เป็นต้น กลิ่นเหม็นมีประมาณ 17,000 ชนิด กลิ่นที่เหม็นที่สุดเป็นสารเคมี 2 ชนิด คือเอธิลเมอร์แคพแตนและบิวธิวเซเลโนเมอร์แคพแตน ซึ่งเป็นกลิ่นผสมของกระหล่ำปลีเน่า กระเทียม ขนมปังไหม้ รวมกับอากาศเสียจากท่อระบายน้ำโสโครก มลพิษทางกลิ่นเป็นปัญหาเฉพาะที่ แต่อาจจะไปไกลได้หลายกิโลเมตร (สุรพล, 2543)

กลิ่นเป็นก๊าซผสมที่กระตุ้นประสาทรับความรู้สึกกลิ่น กลิ่นหอมของน้ำหอมและกลิ่นเหม็นของขยะ อาจเป็นที่พอใจและได้รับการปฏิเสธได้ทั้งสองอย่าง กลิ่นจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของกำมะถันและไนโตรเจน กลิ่นที่จัดว่าเป็นมลพิษและต้องควบคุมในสิ่งแวดล้อมได้แก่ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไตรเมธิลรามีน ฟีนอล เมอร์แคพแทน และไดเมธิลซัลไฟด์ คนเรามีปฏิกิริยาตอบสนองต่อกลิ่นได้แตกต่างกันทั้งอายุ เพศ อาชีพทัศนคติใน

แง่ของมลพิษทางอากาศ ประสบการณ์ที่เคยได้รับจากเหตุการณ์ของสิ่งแวดล้อม บางคนก็เคยชินพอกลิ่นเปลี่ยนไปหรือมีมากขึ้นจึงจะรู้สึกได้ การวัดกลิ่นคำนึงถึงการพิจารณาปริมาณความเข้มข้นที่คงทนของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและชนิดของกลิ่นที่คงอยู่ในบรรยากาศจึงเป็นการยากที่จะทำการวัดกลิ่นได้ ในด้านการแก้ไขนั้นต้องตรวจดูถึงแหล่งที่มาและชนิดของสารที่ผลิตกลิ่นเพื่อกำจัดที่สาเหตุและป้องกันการแพร่กระจาย โดยลดปริมาณของกลิ่นลงจนเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่มีกลิ่นเลย ทำโดยการเจือจางกลิ่นด้วยอากาศที่สะอาดบริสุทธิ์ในห้องเก็บกลิ่นก่อนปล่อยออกไป อาจใช้วัสดุดูดซึมหรือดูดซับกลิ่น ใช้การออกซิไดซ์หรือใช้สารเคมีเพื่อทำปฏิกิริยาสลายสารที่ทำให้เกิดกลิ่น วิธีที่สองเป็นการใช้สารดับกลิ่นซึ่งมักเป็นการกลบกลิ่นหรือผสมให้ได้กลิ่นใหม่ที่รู้สึกดีและยอมรับได้ แต่ไม่ค่อยดีเพราะไม่ได้แก้ที่ต้นเหตุและยังเป็นการเพิ่มชนิดของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหรือเป็นการเพิ่มมลพิษเข้าไปอีกด้วย

โดยปกติเราทราบกันอยู่แล้วว่ามีพืชสมุนไพรหลายชนิดสามารถกำจัดกลิ่นได้ เช่น ใบฝรั่ง ขึ้นฉ่ายฝรั่ง ใบบัวบก ขมิ่นชัน (สาทิส, 2544) รวมทั้งได้มีสารสกัดจากเห็ดแชมปิญอง ซึ่งเป็นเห็ดที่ชาวยุโรปรู้จักและ รับประทานกันมากก็สามารถกำจัดกลิ่นได้ (Sadami et al, 1998) แต่เห็ดในประเทศไทยที่รู้จักและ รับประทานมาก ราคาไม่แพงก็คือเห็ดฟาง (ปัญญา, 2538) ซึ่งมีวงจรชีวิตและคุณสมบัติที่คล้ายกันจึงมีแนวความคิดที่จะนำเห็ดฟางมาสกัดเพื่อใช้ในการกำจัดกลิ่น ซึ่งกลิ่นที่จะใช้ในการทดลองเป็นกลิ่นทุเรียนและกลิ่นแอมโมเนีย เนื่องจากกลิ่นทั้งสองได้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมายในปัจจุบัน โดยกลิ่นทุเรียนจะส่งผลกระทบในด้านการค้าคือไม่สามารถนำทุเรียนไปขายยังต่างประเทศได้เพราะกลิ่นทุเรียนจะกระจายไปทั่วเครื่องบินรวมทั้งห้องผู้โดยสาร ส่วนในด้านผู้บริโภคที่ชอบรับประทานทุเรียนนั้นจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้อื่นได้(กลิ่นปาก) ส่วนกลิ่นแอมโมเนียนั้นเป็นกลิ่นที่เกิดขึ้นได้ในฟาร์มหมูและสัตว์ปีก ซึ่งเป็นก๊าซที่อันตรายส่งผลกระทบต่อสัตว์ทำให้ไม่สบาย เชื้อโรคแพร่กระจายได้ง่าย และยังส่งผลกระทบต่อคนที่อยู่ในบริเวณนั้นด้วย จึงควรหาวิธีที่จะลดกลิ่นลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เห็ดฟางที่หาได้ง่ายในประเทศมาเป็นตัวดูดซับกลิ่น

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อศึกษาวิธีและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดสารจากเห็ดฟาง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางกับสารดูดกลิ่นที่มาจากเห็ดแชมปิญองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (แชมแพกซ์)
4. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ขอบเขตการศึกษา**

1. เห็ดที่ใช้ในการสกัดคือเห็ดฟาง และสารสกัดที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นคือสารสกัดจากเห็ดแชมปิญองที่มีจำหน่ายยี่ห้อแชมแพกซ์
2. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพสารสกัดจากเห็ดฟางที่ทำการศึกษาคือ
   2.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดโดยพิจารณาที่ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ 30% เอทานอล และ 0.5% สารละลายกรดซิตริก
   2.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส
   2.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดที่เวลา 2, 4, 6 ชั่วโมง
3. กลิ่นที่ใช้ในการทดลองเป็นกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เป็นทางเลือกในการลดกลิ่นโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศที่หาง่าย ราคาถูกและไม่เป็นอันตราย
2. ได้วิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากเห็ดฟางเพื่อนำไปดูดกลิ่นได้
3. ได้ข้อมูลเปรียบเทียบผลของการดูดกลิ่นจากสารสกัดจากเห็ดฟางและจากเห็ดแชมปิญอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## แนวคิดและทฤษฎี

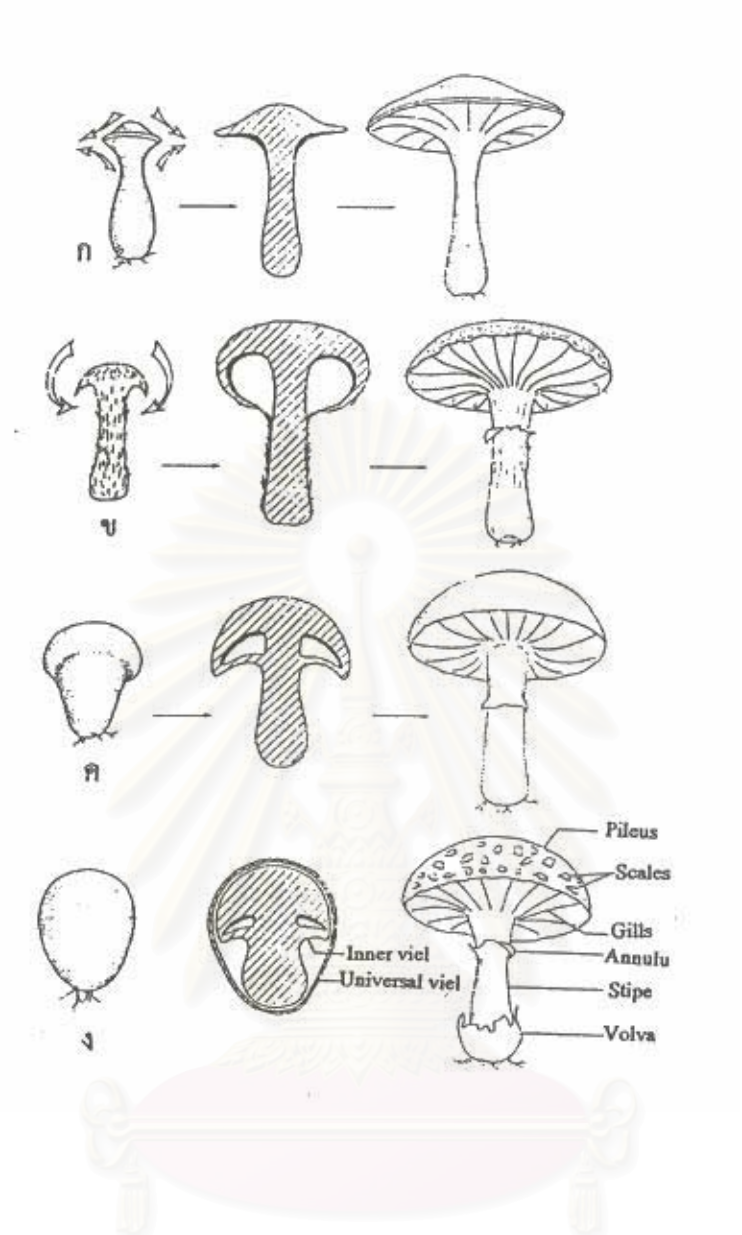
### 2.1 เห็ด (mushroom)

เห็ด (mushroom) เป็นพืชชั้นต่ำจำพวกเห็ดรา (Fungi) ซึ่งมีการเจริญเติบโตเป็นเส้นใย เมื่อถึงระยะที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จึงจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน มีรูปร่างเป็นดอกเห็ดที่เรารู้จัก ดอกเห็ดมีรูปร่างสวยงามแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของเชื้อรา ชนิดธรรมดามีรูปร่างเหมือนร่มกาง บางชนิดมีรูปร่างเหมือนต้นปะการัง บางชนิดมีรูปร่างเหมือนรังนก ดอกเห็ดมีขนาดเล็กเท่าหัวไม้ขีดไฟไปจนถึงขนาดใหญ่เท่าลูกฟุตบอล สีดอกเห็ดมีทั้งสีสดสวยสะดุดตาและสีกลมกลืนไปกับสภาพแวดล้อม บางชนิดมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน แต่บางชนิดก็มีกลิ่นเหม็นเวียนศีรษะ แหล่งกำเนิดของเห็ดแต่ละอย่างก็แตกต่างกัน บางอย่างเกิดในป่าบนภูเขา บนพื้นดินในทุ่งนา บนตอไม้ บนพื้นดินที่มีจอมปลวก บนพืชหรือบนเห็ดด้วยกัน เห็ดบางชนิดรับประทานได้ บางชนิดเป็นเห็ดมีพิษ ชนิดที่มีพิษมากถ้าเก็บมารับประทานอาจถึงตายได้ เพราะพิษของเห็ดเข้าไปในระบบเลือดกระจายไปทั่วร่างกายไม่ตกค้างในกระเพาะเหมือนเห็ดมีพิษชนิดที่ทำให้มึนเมา และอาเจียน ซึ่งมีวิธีแก้ไขโดยทำให้อาเจียนโดยเร็ว ไม่ถึงกับเสียชีวิต

เห็ดทั่ว ๆ ไปชอบขึ้นบนอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อยผุผัง เช่น ตามพื้นดินในป่าที่มีใบไม้ผุเปื่อยตกหล่นอยู่ตามกองปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือทุ่งนาที่มีหญ้าผุเปื่อย ยกเว้นเห็ดบางชนิดที่ขึ้นเฉพาะแห่งและต้องมีอาหารพิเศษด้วย เช่น เห็ดโคน เป็นต้น ซึ่งขึ้นเฉพาะที่มีรังปลวกอยู่ใต้ดินเท่านั้น ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมการเพาะเห็ดเพื่อการค้า ได้แก่ เห็ดฟาง เห็ดหูหนู เห็ดหอม เห็ดกระดุม หรือเห็ดแชมปิญอง (*Agaricus bisporus*) ชนิดที่ใช้ทำเห็ดกระป๋อง ซึ่งได้ขยายกิจการกว้างขวางขึ้น

#### 2.1.1 ลักษณะของเห็ด

เห็ด (mushroom) คือส่วนของ “Friuting body” หรือที่เรียกว่า “Basidiocarp” ของรา ส่วนของ Friuting body เป็นโครงสร้างซึ่งเป็นที่เจริญของสปอร์ (spores) ที่สามารถเจริญงอกงามเป็นเส้นใย (mycelium) ต่อไปได้ เห็ดมี Friuting body คล้ายกันหลายรูปลักษณะ บางชนิดเป็นทรงกลม บางชนิดเป็นดอกคล้ายร่ม บางชนิดคล้ายกระบอง บางชนิดคล้ายดอกไม้ และลักษณะต่าง ๆ อีกหลายแบบด้วยกันดังรูปที่ 2.1 แสดงการพัฒนาการของเห็ดในสกุลต่าง ๆ และส่วนต่าง ๆ ของดอกเห็ด

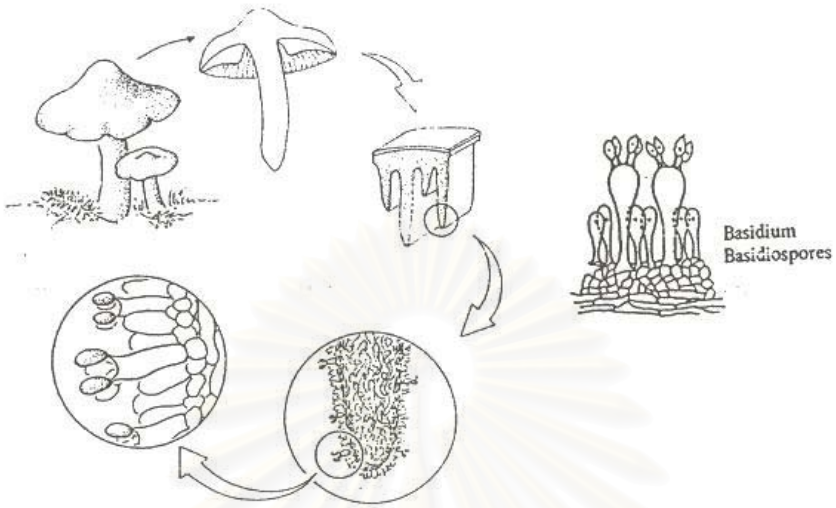



<u>รูปที่ 2.1</u> พัฒนาการของ basidiocarp จากดอกเห็ดอ่อนจนถึงดอกแก่ในสกุลต่าง ๆ (ก) gymnocarpous (ข) pseudoangiocarpous (ค) hemiangiocarpous ที่มีพัฒนาการเฉพาะ inner veils (ง) hemiangiocarpous ที่มีพัฒนาการทั้ง inner และ universal veils

ที่มา : ฒาลิศาและเกศสุคนธ์, 2541

การเจริญของเห็ดแบ่งได้เป็น 2 ระยะ ระยะแรกดอกเห็ดอ่อนที่ถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มดอกเห็ด (volva) ที่พัฒนาการด้านความสูงมากกว่าส่วนหมวกดอกโดยส่วนก้านดอก (stipe or stalk) ค่อย ๆ ยืดยาวออกทำให้เยื่อหุ้มดอกฉีกขาด คงเหลือเยื่อหุ้มดอกติดที่โคนก้านดอก ระยะต่อมาส่วนของหมวกดอกมีการเจริญเติบโตขยายขนาดใหญ่ขึ้น แต่ส่วนก้านเพิ่มความสูงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากหมวกดอกที่ขยายใหญ่ขึ้นแล้วครีบใต้หมวกดอกพัฒนาเป็นแผ่นครีบที่มี basidia

ที่แก่ขึ้นมีสปอร์ติดอยู่จึงเรียกว่า basidiospore ดังรูปที่ 2.2 แสดงการพัฒนาการสร้างสปอร์และโครงสร้างของ basidia และ basidiospore




รูปที่ 2.2 การสร้างสปอร์ใน basidiomycete และลักษณะโครงสร้างของ basidia
ที่มา : ฒาลิศาและเกศสุคนธ์, 2541

การเจริญเติบโตของเห็ดเริ่มมาจากเส้นใยของเห็ดราที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ในที่มีอาหาร ความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะ ก้อนเห็ดอ่อนเจริญมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วปริแตกและยืดยาวออกไปในอากาศ เผยให้เห็นส่วนต่าง ๆ ของดอกเห็ด เมื่อมีขนาดโตเต็มที่ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

1. หมวกเห็ด (cap) เป็นส่วนปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศ เมื่อดอกบานเต็มที่จะกางออก มีลักษณะรูปทรงเหมือนร่มกางขอบคุ้มลงหรือแบนราบ หรือกลางหมวกเว้าลงเป็นแอ่งมีรูปเหมือนกรวยปากกว้าง ผิวหมวกเห็ดด้านบนอาจจะเรียบ ขรุขระ มีเกร็ด หรือมีขนแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของเห็ด เกล็ดหรือขนเป็นเนื้อเยื่อที่หลุดหรือฉีกขาดจากเนื้อเยื่อบาง ๆ ที่หุ้มดอกเห็ด ในระยะที่เป็นเห็ดอ่อนหรือปริแตกออกจากกันเมื่อดอกเห็ดบาน เนื้อหมวกเห็ดหนาบางต่างกัน อาจจะเหนียวหรือฉีกขาดได้ง่าย สีของเนื้อหมวกเห็ดภายในและภายนอกอาจเป็นสีเดียวกันหรือสีแตกต่างกันเวลาเกิดบาดแผล เนื้อเยื่อของหมวกเห็ดบางชนิดอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อถูกอากาศ

2. ด้านล่างของหมวกเห็ด มีครีบ (Gills) หรือซี่หมวกเห็ดเรียงเป็นรัศมีรอบก้านดอก ซึ่งห้อยแขวนลงมาจากเนื้อหมวกเห็ดที่อยู่ตอนบน เห็ดบางชนิดครีบหมวกด้านในยึดติดหรือไม่ยึดติดกับก้านดอก ด้านนอกเชื่อมติดกับขอบหมวก สองข้างของครีบหมวกเป็นที่เกิดสปอร์ของดอกเห็ด

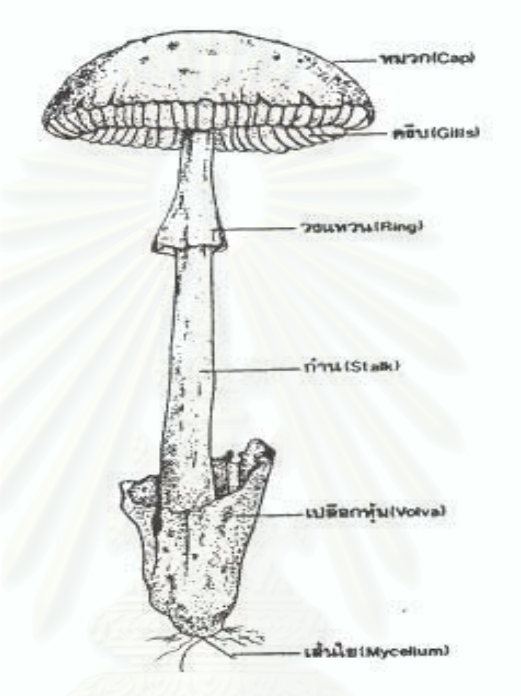
ครีบหมวกนี้อาจจะถูกย่อยให้ละลายเป็นของเหลวได้ในเห็ดบางชนิด เช่น เห็ดหิ้งห้อย เห็ดแต่ละชนิดมีจำนวนครีบหมวกแตกต่างกันและความหนาบางก็ไม่เท่ากัน จำนวนของครีบหมวกจึงใช้เป็นลักษณะประกอบการจำแนกเห็ดด้วย สีของครีบหมวกส่วนมากเป็นสีเดียวกับสปอร์ของเห็ด ซึ่งจัดเป็นลักษณะแตกต่างของเห็ดแต่ละชนิดด้วย โดยปกติจะมีสีขาว เหลือง ชมพู ม่วง น้ำตาล และสีดำ เห็ดบางสกุลไม่มีครีบ แต่มีรู (pores) หรือมีฟัน (teeth) แทนครีบ สปอร์เกิดในรูหรือบนฟัน บางชนิดสปอร์เกิดฝังอยู่ในก้อนวุ้น เช่น เห็ดหูหนูหรือสปอร์เกิดอยู่ในเปลือกหุ้มที่เป็นก้อนกลม เช่น เห็ดลูกฝุ่น ซึ่งเวลาแก่จะแตกให้สปอร์ฟุ้งกระจายออกมา

3. ก้านดอก (Stalk) มีขนาดใหญ่และยาวแตกต่างกัน ส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก บางชนิดมีโคนหรือปลายเรียวเล็ก ตอนบนยึดติดกับหมวกเห็ดหรือครีบหมวกด้านใน ตอนล่างของเห็ดบางชนิดอาจมีเส้นใยหยาบ ๆ รวมกันเป็นก้อนหรือมีปลอกหุ้มโคนซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วยชาหงายรองรับอยู่ เช่น ปลอกหุ้มโคนดอกเห็ดบัวหรือเห็ดฟาง ฯลฯ บนก้านดอกตอนบนของเห็ดบางชนิดมีวงแหวนหรือเยื่อบาง ๆ หุ้มอยู่โดยรอบ ก้านดอกเห็ดมีผิวเรียบขรุขระหรือมีขน หรือมีเกล็ด เวลาจับอาจเปลี่ยนเป็นสีอื่นได้ ในเห็ดบางชนิดเนื้อเยื่อภายในก้านดอกเห็ดอาจจะสานกันแน่นทึบ นิ่มแข็ง หรือกรอบ หรือเป็นเส้นหยาบ หรือจะสานกันเป็นเส้นใยหลวม ๆ คล้ายฟองน้ำ ภายในก้านเห็ดบางชนิดมีรูกลวง ซึ่งยาวตลอดหรือเกิดขึ้นบางส่วน เห็ดบางชนิดเวลามีบาดแผลเนื้อเยื่อก้านดอกอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อถูกอากาศ เห็ดบางชนิดคงจะมีเนื้อเยื่อหวานกรอบจึงทำให้มีแมลงเข้าไปอาศัยอยู่กินในดอกจนพรุนเป็นรูเกิดการเน่าขึ้นได้ภายในซึ่งมองไม่เห็นจากภายนอก เช่น ก้านดอกเห็ดหล่ม ฯลฯ

4. วงแหวน (Ring) เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ยึดก้านดอกและขอบหมวกของเห็ดให้ติดกัน เมื่อหมวกเห็ดกางออกเยื่อนี้จะขาดจากขอบหมวก แต่ยังคงมีเศษส่วนยึดติดกับก้านดอกให้เห็นรอบก้านดอกเหมือนมีวงแหวนหรือแผ่นเยื่อบางสวมอยู่ วงแหวนที่อยู่ตอนบนใต้หมวกเห็ดลงมาเล็กน้อยนี้เราเรียก inner veil วงแหวนนี้เลื่อนขึ้นลงได้ไม่ยึดติดกับก้านดอกซึ่งเป็นลักษณะของเห็ดบางชนิด

5. เปลือกหุ้ม (Volva) ดอกเห็ด เป็นเนื้อเยื่อหนาหรือบางชั้นนอกสุดที่หุ้มดอกเห็ดทั้งดอกไว้ในระยะที่เป็นดอกตูม เราเรียก outer veil ซึ่งมีในเห็ดบางชนิด เช่น เห็ดบัวหรือเห็ดฟาง และในเห็ดมีพิษหลายชนิดในสกุล Amanita เมื่อดอกเห็ดโตขึ้นเปลือกหุ้มจะแตกออกตอนบน เพื่อให้หมวกเห็ดและก้านดอกยืดตัวชูสูงขึ้นมาในอากาศ ทิ้งให้เปลือกหุ้มอยู่ที่โคนก้าน มองดูแล้วเหมือนก้านดอกเห็ดตั้งอยู่ในถ้วย เปลือกหุ้มมีเนื้อเยื่อและสีคล้ายคลึงกับหมวกเห็ดหรือแตกต่างกัน แต่ส่วนมากมีสีขาว เปลือกหุ้มเห็ดบางชนิดอาจจะไม่ชัดเจนเหมือนของเห็ดบัว แต่เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ คล้ายวงแหวนหุ้มอยู่รอบโคนต้น ดังเช่นเห็ดบางชนิดในสกุล Amanita การเก็บเห็ดตูมหรือเห็ดอ่อนที่ยังเป็นก้อนกลมอยู่รับประทาน จึงเป็นการเสี่ยงต่อการเก็บเห็ดมีพิษมารับประทานอยู่มาก

6. กลุ่มเส้นใย (Mycelium) ก่อนที่จะเป็นดอกเห็ดเราจะเห็นบริเวณนั้นมีเส้นใยสีขาวก่อตัวหรือรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งเราเรียกเส้นใยรวมกันอยู่นี้ว่า Mycelium เห็ดบางชนิดจะมีเส้ยใยรวมตัวกันเป็นก้อนแข็งอยู่ที่โคนก้านดอกหรือเป็นเส้นหยาบ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่เห็ดบางชนิดมีเส้นใยละเอียดเล็กมาก มองไม่เห็นลักษณะดังกล่าว โดยปกติเส้นใยของเห็ดจะเป็นสีขาว นวลแทรกซึมอยู่ตามที่มันอาศัยอยู่




<u>รูปที่ 2.3</u> แสดงส่วนต่าง ๆ ของเห็ด

ที่มา : อนงค์, 2541

### 2.1.2 **วงจรชีวิตของเห็ด**

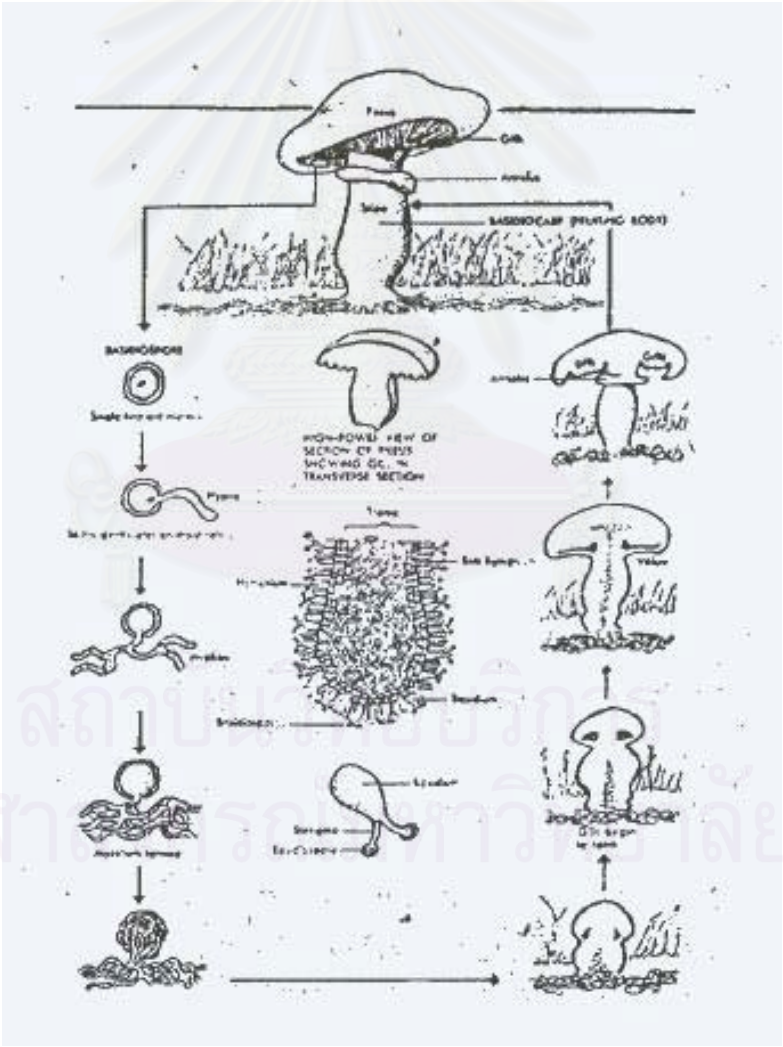
วงจรชีวิตของเห็ดจะมีลักษณะคล้ายกันโดยจะหมุนเวียนเริ่มจาก Basidiospore เมื่อปลิวไปตกในบริเวณที่เหมาะสม สปอร์ก็จะงอกเส้นใยออกมา และเส้นใยพวกนี้จะรวมตัวกันและพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด จากนั้นก็จะมีการสร้างสปอร์หมุนเวียนกันไปเรื่อย ๆ วงจรชีวิตของเห็ดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 แต่ตามปกติจะมีระยะการเจริญเติบโต 9 ระยะ คือ

1. เมื่อเห็ดเจริญเติบโตจะมีการสร้าง Basidiospore บริเวณ basidium ซึ่งอยู่ใต้ครีบดอกสปอร์พวกนี้เป็นพวก haploid เมื่อสปอร์ปลิวไปตกบริเวณที่เหมาะสมก็จะงอกเส้นใย (mycelium) ออกมา

2. เส้นใยที่งอกออกมานี้เรียกว่า เส้นใยขั้นที่หนึ่ง (Primary mycelium) ซึ่งมีโครโมโซมเป็น haploid (n) จึงเรียกว่า Homokaryotic mycelium

3. เส้นใยขั้นที่หนึ่งจะรวมตัวกันเป็นเส้นใยขั้นที่สอง เรียกระยะนี้ว่า Plamogamy ซึ่งระยะที่เส้นใยขั้นที่หนึ่งของเห็ดเชื่อมต่อกัน และไซโตพลาสซึมของทั้งสองฝ่ายมารวมเข้าด้วยกัน ทำให้นิวเคลียสทั้ง 2 อัน มารวมอยู่ในเซลเดียวกัน จากนั้นก็มีการพัฒนาไปเป็นเส้นใยขั้นที่สอง (secondary mycelium) การรวมตัวของเส้นใยขั้นที่หนึ่ง แบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ

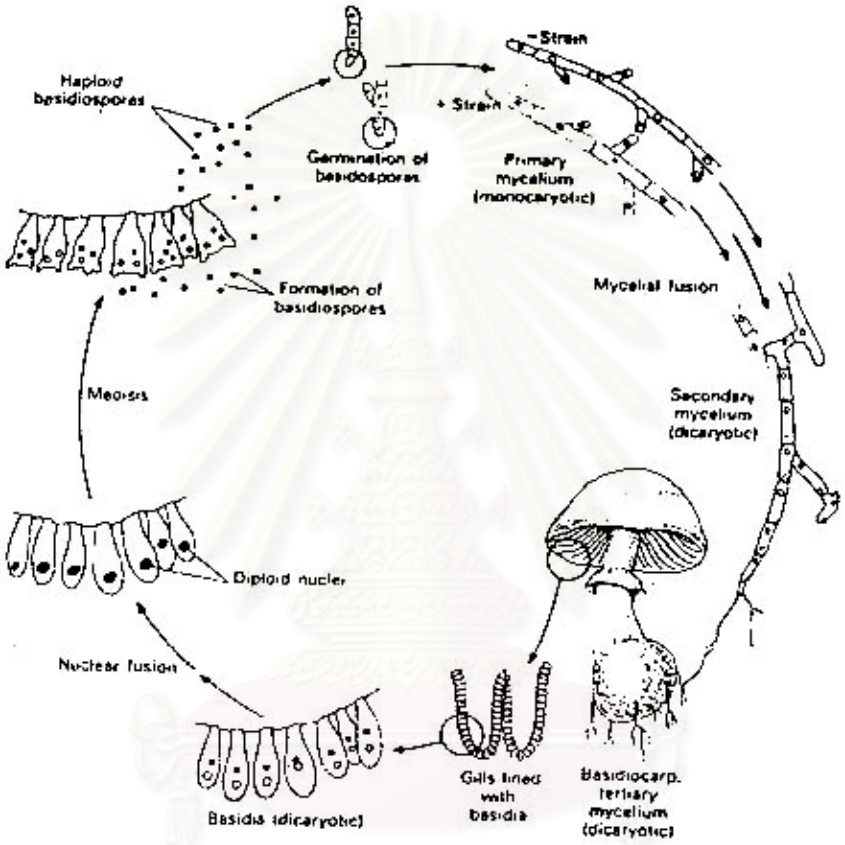
1) Homothallic เป็นลักษณะการรวมตัวของเส้นใยที่เจริญมาจากสปอร์เดียวกัน แล้วเจริญไปเป็นเส้นใยขั้นที่สอง โดยไม่ต้องเกิดการรวมตัวของเส้นใยขั้นที่หนึ่งที่งอกจากสปอร์อื่น ๆ ลักษณะการรวมตัวของเส้นใยที่งอกจากสปอร์ของตัวเองนี้ เรียกว่ามีวงจรชีวิตแบบ Homothallic life Cycle ดังแสดงในรูปที่ 2.4



<u>รูปที่ 2.4</u> ลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดที่เป็นแบบ Homothallic life Cycle

ที่มา : ปัญญาและกิตติพงษ์, 2538

2) Heterothallic เห็ดบางชนิดจะเจริญเติบโตเป็นดอกได้จะต้องผ่านการรวมตัวกันระหว่างเส้นใยที่เจริญมาจากสปอร์ ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมต่างกันจึงจะพัฒนาไปเป็นเส้นใยขั้นที่สองและสามารถรวมตัวกันเป็นดอกเห็ดที่มีวงจรชีวิตแบบนี้ว่า Heterothallic life Cycle ดังแสดงในรูปที่ 2.5




<u>รูปที่ 2.5</u> วงจรชีวิตของเห็ดที่เป็นแบบ Heterothallic life Cycle เริ่มจากดอกเห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีการสร้างสปอร์ที่บริเวณครีบดอก เมื่อสปอร์แก่ก็จะถูกปล่อยออกมา หรือ ปลิวไปตกในบริเวณที่เหมาะสม สปอร์ก็จะงอกเส้นใยออกมา และจะเกิดการผสมของเส้นใยต่างสปอร์กันที่สามารถเข้ากันได้ จากนั้นเส้นใยจะพัฒนาไปเป็นเส้นใยขั้นที่สอง (secondary mycelium) และเกิดการรวมกลุ่มของเส้นใยพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดต่อไป

ที่มา : Norton, 1981

4. Karyogamy เป็นระยะที่นิวเคลียสสองอันรวมตัวกัน ถ้าเป็นเชื้อราชั้นต่ำจะเกิดอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเป็นเชื้อราชั้นสูง ระยะการรวมตัวกันจะต้องใช้เวลาพอสมควร จึงทำให้เห็นว่าภายในเซลล์มี 2 นิวเคลียส (Binucleus) ซึ่งเรียกระยะนี้ว่า Dikaryon เส้นใยขั้นที่สองจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เส้นใยขั้นที่สองแต่ละเซลล์จะมีข้อยึดระหว่างเซลล์ เรียกว่า Clamp Connection เส้นใยขั้นที่สองนี้สามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้าง Chlamydospore หรือสร้าง Oidium

5. เส้นใยขั้นที่สองจะเจริญเพิ่มปริมาณมากขึ้น และมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เรียกเส้นใยในระยะนี้ว่า เส้นใยขั้นที่สาม (Tertiary mycilium) ซึ่งเป็นพวก dikaryotic mycilium เส้นใยจะเริ่มพัฒนาไปเป็นตุ่มดอกเล็ก ๆ และเจริญเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ

6. ดอกเห็ดในระยะนี้ มีการพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดที่มีรูปร่างคล้ายร่มและมีการสร้าง Basidium คล้ายรูปทรงกระบอก ในแต่ละ Basidium จะมีนิวเคลียสอยู่ 2 อัน (binucleus)

7. นิวเคลียสทั้ง 2 อัน (n+n) ใน Basidium จะรวมตัวกัน และมีการแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมกัน นิวเคลียสในระยะนี้เรียกว่า diploid nucleus (2n)

8. นิวเคลียสที่รวมตัวกัน (diploid nucleus) จะมีการแบ่งตัวแบบ meiosis ลดจำนวนโครโมโซมเป็น haploid (n) จำนวน 4 อัน

9. Basidium จะมีการสร้างก้านชูสปอร์ (Sterigma) 4 อัน และนิวเคลียสทั้ง 4 อันจะเคลื่อนที่สู่ปลาย Sterigma นิวเคลียสทั้ง 4 อัน จะพัฒนาไปเป็น Basidiospore

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะวงจรชีวิต (Life cycle) ของเห็ดชนิดต่าง ๆ**

| ชนิดของเห็ด | จำนวนสปอร์บน basidium | จำนวนโครโมโซม | การผสมของสปอร์ | ข้อยึดระหว่างเซล | แบบของวงจรชีวิต Life cycle |
|---|---|---|---|---|---|
| เห็ดฟาง | 4 | 1 | ผสมตัวเอง | - | Primary homothallism |
| เห็ดแชมปิญอง[1] | 2 | 2 | - | ไม่มี | Secondary homothallism |
| เห็ดแชมปิญอง[2] | 2 | 1 | ผสมข้าม | ไม่มี | Unfactorial heterothallism |
| เห็ดหูหนูชนิดหนา | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |
| เห็ดหูหนูชนิดบาง | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |
| เห็ดหอม | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |
| เห็ดนางรม | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |
| เห็ดนางฟ้า | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |
| เห็ดเป๋าฮื้อ | 4 | 1 | ผสมข้าม | มี | Bifactorial heterothallism |

1 เห็ดแชมปิญองพวก *Agaricus bisporus*

2 เห็ดแชมปิญองพวก *Agaricus bitorquis*

ที่มา: Raper, 1978

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 2.1.3 คุณค่าทางอาหารของเห็ด

การวิเคราะห์ทางเคมี (chemical analysis) เพื่อหาคุณค่าทางอาหาร (nutritive values) ของเห็ด พบว่าเห็ดจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณของโปรตีนค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพืชผัก นอกจากนี้เห็ดยังมีกรดอะมิโน (amino acid) เป็นส่วนประกอบมากกว่า 20 ชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน กรดอะมิโนเหล่านี้มีอยู่ 9 ชนิดที่มีความสำคัญต่อร่างกาย และร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ได้แก่ lysine, methionine, tryptophan, threonine, valine, leucine, isoleucine, cystine และ phenylalanine กรดอะมิโนเหล่านี้ มีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนในร่างกายมนุษย์ ตามปกติแล้วโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์จะมีปริมาณสูงกว่าพืช ในเมล็ดธัญพืชจะมีกรดอะมิโนพวก lysine ในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนในพืชตระกูลถั่วมักจะขาดกรดอะมิโนพวก methionine และ tryptophan แต่ในเห็ดจะมีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายครบทั้ง 9 ชนิด นอกจากนี้เห็ดยังมีคุณค่าทางอาหารอีกหลายอย่าง ได้แก่ ไขมัน ฟอสฟอรัส เหล็ก thiamine ($B_1$) Riboflavin ($B_2$) และ Niacine เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณของแคลอรี่ และแคลเซี่ยมต่ำ แต่มีปริมาณ ascorbic acid (vitamin C) สูงในเห็ดสกุล Agaricus (เห็ดแชมปิญอง) และมี ergosterine (Vitamin D) สูงในเห็ดสกุล Lentinus (เห็ดหอม) และเห็ดสกุล Volvariella (เห็ดฟาง) ส่วนปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางอาหารของเห็ดแต่ละชนิด จะแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3 โดยตารางที่ 2.2 จะแสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม(เห็ดสด) จากตารางนี้จะเห็นได้ว่าเห็ดสดส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 80-90% ปริมาณโปรตีนในเห็ดสดพบประมาณ 2-4% เป็นส่วนใหญ่ เห็ดชนิดที่พบมีโปรตีนค่อนข้างต่ำได้แก่ เห็ดหูหนู ส่วนที่น่าสนใจคือเห็ดโคนพบว่ามีโปรตีนสูงถึง 6.72% ปริมาณไขมันที่พบมีน้อยมากในเห็ด ส่วนในด้านปริมาณกากอาหารมีประมาณ 0.5-2% ปริมาณเถ้าพบประมาณ 0.5-1% วิตามินและเกลือแร่ พวกแคลเซียม เหล็กและฟอสฟอรัส พบได้ในเห็ดเกือบทุกชนิด เห็ดส่วนใหญ่มีปริมาณโปตัสเซียมสูง และตารางที่ 2.3 จะแสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ด (%ต่อน้ำหนักแห้ง) ซึ่งพบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 10-30%(ต่อน้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมากถึง 60-80% (ต่อน้ำหนักแห้ง) ส่วนปริมาณไขมันค่อนข้างน้อย และการประเมินคุณค่าของโปรตีนในเห็ดซึ่งได้แก่ส่วนประกอบกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งพบว่าโปรตีนในเห็ดทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยกรดอะมิโนทุกชนิดอยู่ในโปรตีนของมันในปริมาณที่แตกต่างกัน ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดของเห็ดต่าง ๆ ได้แสดงดังตารางที่ 2.4 จากตารางนี้แสดงค่าปริมาณของกรดอะมิโนเป็นมิลลิกรัม/100 กรัมของเห็ดสด

**ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม**

| Mushroom | Water (g) | Cal (unit) | Fat (g) | Carbohydrate (g) | protein (g) | Crude Fiber (g) | Ash (g) | Mineral | | | Vitamin | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Ca (mg) | Fe (mg) | P (mg) | $B_1$ (mg) | $B_2$ (mg) | Niacin (mg) | C (mg) |
| เห็ดแชมปิญอง | 90.5 | 24.36 | 0.1669 | 0.98 | 4.73 | 1.447 | 1.445 | 9.48 | 5.73 | 138.81 | 0.004 | 0.27 | 5.49 | 4.4 |
| เห็ดฟาง | 89.9 | 32.38 | 0.071 | 4.75 | 3.16 | 0.595 | 0.986 | 5.56 | 1.27 | 105.81 | 0.011 | 0.14 | 2.87 | 0.67 |
| เห็ดหูหนู | 90.3 | 30.96 | 0.013 | 6.94 | 0.77 | 1.474 | 0.319 | 27.96 | 3.09 | 14.96 | 0.001 | 0.09 | 0.26 | 0 |
| เห็ดหอม | 91.6 | 26.61 | 0.121 | 4.19 | 2.19 | 0.934 | 0.634 | 6.44 | 1.06 | 45.78 | 0.001 | 1.03 | 3.23 | 0 |
| เห็ดเป๋าฮื้อ | 90.0 | 28.95 | 0.088 | 4.82 | 2.22 | 0.994 | 1.381 | 3.17 | 0.48 | 129.76 | 0.006 | 0.25 | 1.24 | 0 |
| เห็ดนางรม | 90.7 | 32.39 | 0.043 | 5.87 | 2.13 | 0.396 | 0.543 | 1.362 | 1.08 | 55.76 | 0.004 | 0.06 | 8.04 | 0.82 |
| เห็ดนางฟ้า | 90.27 | 33.32 | 0.071 | 4.79 | 3.38 | 0.472 | 0.642 | 1.9 | 0.85 | 87.44 | 0.006 | 0.08 | 3.21 | 3.56 |
| เห็ดโคน | 84.9 | 48.72 | 0.28 | 5.28 | 6.27 | 1.963 | 1.293 | 8.64 | 3.04 | 135.11 | 0.095 | 0.5 | 9.24 | 0 |

ที่มา : สุนันท์และคณะ, 2529

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 2.3 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง**

| Mushroom | Protein (g) | Fat (g) | Carbohydrate (g) | Ash (g) | Cal (unit) | Mineral | | | | | Vitamin | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Ca (mg) | Fe (mg) | P (mg) | Na (mg) | K (mg) | $B_1$ (mg) | $B_2$ (mg) | Niacin (mg) | C (mg) |
| เห็ดแชมปิญอง | 23.9 | 8.0 | 61.1 | 8.0 | 381.0 | 71.0 | 8.8 | 921.0 | 106.0 | 2850.0 | 8.9 | 3.7 | 42.5 | 26.5 |
| เห็ดฟาง | 21.2 | 10.1 | 58.6 | 10.1 | 368.0 | 71.0 | 17.1 | 677.0 | 374.0 | 3455.0 | 1.2 | 3.3 | 91.9 | 20.2 |
| เห็ดหูหนู | 7.7 | 0.8 | 87.6 | 3.9 | 347.0 | 287.0 | 47.3 | | nd | nd | 0.2 | 0.9 | 1.6 | nd |
| เห็ดหอม | 12.7 | 2.0 | 79.6 | 5.7 | 330.0 | 98.0 | 8.5 | 476.0 | 61.0 | nd | 7.8 | 4.9 | 54.9 | 0.0 |
| เห็ดนางรม | 30.4 | 2.2 | 57.6 | 9.8 | 345.0 | 33.0 | 15.2 | 1348.0 | 837.0 | 3793.0 | 4.8 | 4.7 | 108.7 | 0.0 |

ที่มา: Crisan and Sands, 1978

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 2.4 ปริมาณกรดอะมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม**

| Mushroom | Tryptophan (mg) | Threonine (mg) | Isoleucine (mg) | Leucine (mg) | Lysine (mg) | Methionine (mg) | Cystine (mg) | Phenylalanine (mg) | Tyrosine (mg) | Valine (mg) | Arginine (mg) | Histidine (mg) | Alanine (mg) | Aspartic acid (mg) | Glutamic acid (mg) | Glycine (mg) | Proline (mg) | Serine (mg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เห็ดแชมปิญอง | 62 | 161 | 131 | 223 | 120 | 61 | 27 | 611 | 90 | 167 | 158 | 147 | 190 | 260 | 612 | 125 | 221 | 113 |
| เห็ดฟาง | 47 | 137 | 109 | 171 | 101 | 17 | 20 | 93 | 40 | 132 | 107 | 47 | 135 | 209 | 429 | 89 | 107 | 116 |
| เห็ดหูหนู | 12 | 32 | 18 | 37 | 20 | 5 | 7 | 65 | 4 | 27 | 24 | 10 | 33 | 44 | 55 | 25 | 21 | 23 |
| เห็ดหอม | 29 | 88 | 56 | 102 | 59 | 15 | 17 | 57 | 19 | 67 | 81 | 52 | 92 | 126 | 416 | 65 | 63 | 75 |
| เห็ดเป๋าฮื้อ | 23 | 99 | 89 | 129 | 138 | 30 | 16 | 235 | 36 | 114 | 100 | 45 | 106 | 155 | 283 | 83 | 86 | 84 |
| เห็ดนางรม | 22 | 80 | 63 | 94 | 108 | 32 | 18 | 273 | 37 | 77 | 78 | 59 | 80 | 122 | 235 | 64 | 53 | 62 |
| เห็ดนางฟ้า | 40 | 94 | 90 | 143 | 176 | 65 | 32 | 291 | 69 | 118 | 75 | 93 | 143 | 136 | 385 | 91 | 73 | 69 |
| เห็ดโคน | 59 | 255 | 149 | 248 | 193 | 46 | 41 | 1056 | 105 | 203 | 140 | 266 | 351 | 268 | 1152 | 178 | 148 | 172 |

ที่มา : สุนันท์และคณะ, 2529

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 2.1.4 เห็ดฟาง

เห็ดฟาง *Volvariella volvacea* (Bull-ex Fr) Sing หรือชื่อสามัญว่า Straw mushroom นิยมเพาะกันในจีน ญี่ปุ่น ไทย มาเลเซีย พม่า คนจีนเรียกเห็ดฟางนี้ว่า Choku ญี่ปุ่นเรียกว่า Fukurotake ฟิลิปปินส์เรียกว่า Cabuti เห็ดฟางเป็นเห็ดที่คนนิยมบริโภคกันมากและเป็นเห็ดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับที่ 3 ของโลกรองลงมาจากเห็ด *Agaricus bisporus* และ *Lentinus edodes* (จำรูญศรี, 2538) แหล่งที่เพาะเห็ดฟางมากอยู่ในแถบจีนตอนใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แม้ว่าเห็ดฟางจะเป็นเห็ดที่นิยมบริโภคกันในเขตเอเชียอาคเนย์ก็ตาม แต่วิทยาการของเห็ดฟางก็ยังน้อยกว่าเห็ดแชมปิญองซึ่งนิยมเพาะกันแพร่หลายในเขตยุโรปและอเมริกา

เห็ดฟางอยู่ใน Class *Basidiomycetes*

Subclass *Homobasidiomycetes*

Order *Agaricales*

Family *Amanitaceae*

Genus *Volvariella*

Species *Volvacea*

การเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง เส้นใยของเห็ดฟางจะงอกและรวมตัวกันเรียกว่า Fruiting body หรือ basidiocarp ลักษณะของเส้นใยจะมีสีขาว กระจายอยู่ตามดินหรือกองปุ๋ยหมัก การเจริญเติบโตของเส้นใยเมื่อเจริญเติบโตต่อไปดอกเห็ดมีหลายระยะ คือ

1. ระยะหัวเข็มหมุด (pin head) ระยะนี้เส้นใยจะรวมตัวกันเห็นเป็นจุดสีขาวเล็ก ๆ บนวัสดุที่เห็ดฟางใช้ในการเจริญเติบโต
2. ระยะกระดุมเล็ก (tiny button) เป็นระยะที่ดอกเห็ดขยายโตขึ้นมีขนาดเท่ากับเม็ดกระดุมขนาดเล็ก
3. ระยะกระดุม (button) เป็นระยะที่เส้นใยของเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงและขยายใหญ่ขึ้น
4. ระยะรูปไข่ (egg) ในระยะนี้ดอกเห็ดเริ่มขยายใหญ่ขึ้น จนกระทั่งเปลือกที่หุ้มเริ่มปริ เห็ดในระยะนี้เป็นระยะที่เหมาะต่อการเก็บผลผลิตออกจำหน่าย และเป็นระยะที่ประชาชนนิยมนำมาประกอบอาหาร

5. ระยะยืดตัว (elongation) หลังจากเปลือกที่หุ้มแตกออก ก้านดอกก็ชูดอกเห็ดให้สูงขึ้น ในระยะแรกหมวกดอกจะยังไม่บาน ในระยะนี้สามารถมองเห็นหมวกดอก ครีบดอก ก้านดอก เนื้อเยื่อที่หุ้มโคนดอกได้ชัดเจน
6. ระยะดอกบานเต็มที่ (mature) ดอกเห็ดที่บานเต็มที่ครีบดอกจะมีสปอร์อยู่ภายในครีบเป็นจำนวนมาก

วงจรชีวิตของเห็ดฟาง

เห็ดฟางจัดเป็นเห็ดที่มีวงจรชีวิตแบบ Primary Homothallism โดยเริ่มจากดอกเห็ดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีการสร้าง basidiospore ซึ่งเกิดจากการพัฒนาเส้นใยขั้นที่สอง ซึ่งมีโครโมโซม 2n มีการพัฒนาไปเป็น basidium ซึ่งมีลักษณะคล้ายกระบอง เมื่อนิวเคลียส 2 อันเข้ามารวมกันและมีการแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นนิวเคลียสจะมีการแบ่งตัวแบบ meiosis ได้ Haploid nucleus(n) จำนวน 4 นิวเคลียส และมีการสร้างก้านชูสปอร์ (Sterigma) 4 อัน และนิวเคลียสจะเคลื่อนที่สู่ปลาย Sterigma และพัฒนาไปเป็น basidiospore เมื่อสปอร์แก่ก็จะถูกปล่อยออกมา และถ้าไปตกในบริเวณที่เหมาะสม ก็จะงอกเส้นใยออกมา เส้นใยของเห็ดฟางแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. เส้นใยขั้นแรก (Primary mycilium) เป็นเส้นใยที่เจริญออกมาจาก Basidiospore เส้นใยพวกนี้มีนิวเคลียสเพียงอันเดียว (haploid nucleus) และเส้นใยจะมีผนังกั้น

2. เส้นใยขั้นที่สอง (Secondary mycelium) เป็นเส้นใยที่เกิดจากการรวมตัวของเส้นใยขั้นแรก เส้นใยพวกนี้จะมีนิวเคลียส 2 อัน (dikaryotic mycelium) การรวมตัวของเส้นใยเห็ดฟางเกิดจากสปอร์เดี่ยว ๆ จึงจัดเป็นพวก homothallic ซึ่งสามารถพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดได้ เส้นใยขั้นที่สองจะเจริญเติบโตเร็วและหนาแน่นกว่าเส้นใยขั้นแรก นอกจากนั้นเส้นใยขั้นที่สองอาจมีการสร้าง chlamydospore ซึ่งมีผนังหนาบนอาหารวุ้นก็ได้ สปอร์พวกนี้อาจหลุดออกมาและพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดได้

3. เส้นใยขั้นที่สาม (Tertiary mycelium) เป็นเส้นใยที่อัดตัวกันแน่น และมีการสะสมอาหาร จากนั้นจะพัฒนาไปเป็น fruiting body หรือดอกเห็ดต่อไป ในระยะแรกดอกเห็ดมีขนาดเท่ากับหัวเข็มหมุดเรียกระยะนี้ว่า pin head ต่อมา ดอกเห็ดจะขยายใหญ่เท่ากับเม็ดกระดุมเรียกระยะนี้ว่า button และเจริญเติบโตต่อไปเป็นระยะรูปไข่ (egg) จากนั้นดอกเห็ดจะยืดตัว (elongation) และจะกางหมวกดอกออก เมื่อเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่จะมีการสร้างสปอร์ที่ครีบดอก

<u>รูปที่ 2.6</u> แสดงลักษณะวงจรของเห็ดฟาง ซึ่งเป็นแบบ Homothallic

ที่มา : ปัญญาและกิตติพงษ์, 2538

ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหาร

เห็ดฟางจัดเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูงชนิดหนึ่ง จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเห็ดฟาง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางอาหารของเห็ดฟาง

| ชนิด | ดอกเห็ดสด (ต่อน้ำหนักแห้ง) |
|---|---|
| ความชื้น (%) | 90.1 |
| โปรตีน (%) | 21.2 |
| ไขมัน (%) | 10.1 |
| คาร์โบไฮเดรต (%) | 58.6 |
| เยื่อใย (%) | 11.1 |
| เถ้า (%) | 10.1 |
| พลังงาน (kcal/200 g) | 369 |
| Thiamine (mg/100 g) | 1.2 |
| Riboflavin (mg/100 g) | 3.3 |
| Niacin (mg/100 g) | 91.9 |
| Ascorbic acid(mg/100 g) | 20.2 |
| Ca (mg/100 g) | 71 |
| P (mg/100 g) | 677 |
| Fe (mg/100 g) | 17.1 |
| Na (mg/100 g) | 374 |
| K (mg/100 g) | 3455 |

ที่มา : Food and Agriculture Organization, 1972

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเห็ดในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง พบว่าเห็ดฟางมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6 จากตารางจะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะมีมากที่สุดในระยะดอกตูมหรือระยะรูปไข่ (egg) ส่วนปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางในระยะเม็ดกระดุม (button) มีมากที่สุด อย่างไรก็ตามคนส่วนใหญ่นิยมบริโภคเห็ด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในระยะดอกตูมมากที่สุด เพราะเห็ดในระยะดอกตูมจะมีคาร์โบไฮเดรต พลังงาน และแร่ธาตุสูงกว่าเห็ดฟางในระยะอื่น ๆ

ตารางที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของธาตุอาหารเห็ดฟาง (%) ต่อน้ำหนักแห้ง ในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

| ส่วนประกอบของดอกเห็ด | ระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ระยะเม็ดกระดุม (button) | ระยะดอกตูม (egg) | ระยะยืดตัว (elongation) | ระยะดอกบาน (mature) |
| ความชื้น | 88.63 ± 0.70 | 89.17 ± 0.89 | 88.87 ± 1.01 | 89.46 ± 1.68 |
| ไขมัน | 1.14 ± 0.23 | 1.62 ± 0.23 | 2.06 ± 0.48 | 3.65 ± 1.51 |
| คาร์โบไฮเดรต | 43.33 ± 6.22 | 50.63 ± 5.62 | 49.54 ± 5.28 | 39.98 ± 4.63 |
| เยื่อใย | 6.32 ± 1.65 | 5.13 ± 1.18 | 7.15 ± 1.29 | 13.41 ± 2.78 |
| โปรตีน | 30.51 ± 7.55 | 23.21 ± 4.25 | 21.34 ± 5.13 | 21.35 ± 5.80 |
| เถ้า | 8.78 ± 0.83 | 8.14 ± 0.96 | 8.46 ± 1.17 | 9.49 ± 5.80 |
| พลังงาน(Kcal) | 280.88 | 287.02 | 281.22 | 254.41 |
| P (mg) | 4.18 | 12.17 | 12.29 | 8.18 |
| Na (mg) | 3.69 | 4.66 | 1.80 | 1.16 |
| K (mg) | 45.59 | 45.76 | 42.42 | 42.60 |
| Ca (mg) | 3.43 | 4.17 | 1.60 | 1.70 |
| Mg (mg) | 1.96 | 1.76 | 1.60 | 1.70 |
| Cu (mg) | 0.063 | 0.058 | 0.043 | 0.036 |
| Zn (mg) | 0.110 | 0.118 | 0.081 | 0.078 |
| Fe (mg) | 0.120 | 0.140 | 0.110 | 0.128 |

ที่มา : Lin and Chang, 1982

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณค่าทางยาในเห็ดฟาง

เห็ดฟางเป็นอาหารที่มีไขมันและโปรตีนที่มีพลังงานน้อย จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับไขมันสูง โรคเกี่ยวกับหัวใจ และน้ำหนักมากหรือบุคคลที่ต้องการรักษาความสมส่วนของร่างกาย เห็ดยังประกอบไปด้วยธาตุอาหารพวกเกลือแร่ เช่น แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส เหล็ก thiamine, riboflavin, niacin และแร่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มีคุณสมบัติในการป้องกันและต่อต้านโรคเลือดออกตามไรฟันในระยะเริ่มต้น รักษาโรคเหน็บชา ป้องกันโรคผิวหนังและการไหม้ของผิวตามมือและเท้า และมีประโยชน์ในการเผาผลาญอาหารเพื่อเป็นพลังงานใช้ในร่างกายด้วย เห็ดยังมีวิตามินต่าง ๆ เช่น $B_1$, $B_2$ , C ซึ่งช่วยให้มีภูมิต้านทานโรคต่าง ๆ ได้อีกด้วยและยังมีสารที่เป็นแหล่งสำหรับสร้างเอ็นไซม์ (Enzyme Trypsin) มีประโยชน์ช่วยในการย่อยอาหาร และสร้างเอ็นไซม์อื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับเอ็นไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อนอีกด้วย ฉะนั้นเห็ดจึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคตับหรือไต

เห็ดยังมีกรดโฟลิค (Folic acid) สูง ซึ่งมีสรรพคุณในการรักษาโรคโลหิตจางและยังทำให้โปรตีนที่ได้จากเห็ดไม่มีคลอเรสโตรอลอันเป็นอันตรายต่อผนังเส้นโลหิต นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการลดกรดไขมันในเส้นเลือดได้ด้วย โดยทำงานร่วมกันระหว่าง Volvatoxin $A_1$ และ Volvatoxin $A_2$ เป็นการยืนยันว่าหากบริโภคเห็ดฟางเป็นประจำ ปัญหาเกี่ยวกับไขมันในเส้นโลหิตสูงหรือโรคหัวใจจะทุเลาและหายไปในที่สุด

และยังมีรายงานของคณะนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้พบสารชนิดหนึ่งซึ่งยังไม่ทราบชื่ออยู่ในดอกเห็ด ซึ่งสามารถบำบัดการเจริญของเนื้องอกที่เกิดจากมะเร็งได้ ในการทดลองนี้เขาใช้ Acetone กับ Ethyl alcohol สกัดเอาสารชนิดนี้ออกมาจากเนื้อเห็ดแล้วนำไปฉีดกับหนูที่เป็นมะเร็งจำนวน 591 ตัว ปรากฏว่ามีหนู 85 ตัวที่หายจากโรคมะเร็งโดยเด็ดขาด อีก 146 ตัวทำให้เนื้องอกชงักไม่เจริญเติบโต (วัลลภ, 2526) ต่อมาได้พบว่าเห็ดฟางมีสารพวก Cardiotoxic protein เรียกว่า Volvatoxins มีคุณสมบัติในการป้องกันการเติบโตและการหายใจของเซลล์มะเร็งที่เรียกว่า Ehrlich ascites tumor cells สารนี้ยังมีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza virus) (อานนท์, 2531) จากการค้นพบเรื่องนี้ทำให้ ศจ.สตีเฟน โกเวอร์ (มหาวิทยาลัยดุกส์ อเมริกา) ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยตรง ใช้เวลา 14 ปี และพบว่าเห็ดมีสารที่สามารถรักษาโรคมะเร็ง บำบัดและป้องกันโรคมะเร็งได้ สารนี้จะมีมากในเห็ดที่มีโปรตีนสูงและเป็นเห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่ (วัลลภ, 2526)

นอกจากนี้เห็ดฟางยังมีสรรพคุณในการช่วยให้ระบบการย่อยอาหาร ระบบทางเดินอาหารเป็นไปตามปกติได้ดีโดยตลอด เห็ดฟางมีเส้นใยอาหารที่ดีมากเป็นประโยชน์ในการย่อยอาหาร การขับถ่าย ซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร

### 2.1.5 เห็ดแชมปิญอง

เห็ดแชมปิญอง ได้ถูกจัดอันดับเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่ใหญ่ที่สุดในโลก คาดกันว่าในแต่ละปีทั่วโลกได้ผลิตเห็ดแชมปิญอง, เห็ดหอม, เห็ดฟางและเห็ดอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 6 แสนตัน ในจำนวนนี้เป็นเห็ดแชมปิญองเสีย 450,000 ตัน เมื่อเทียบเป็นปริมาณการผลิตเห็ดแชมปิญองได้เป็นร้อยละ 75 ของปริมาณการผลิตเห็ดทั้งหมด อเมริกาเป็นประเทศที่ผลิตเห็ดนี้ได้มากที่สุดในโลก และไต้หวันเป็นประเทศที่ส่งเห็ดแชมปิญองไปขายต่างประเทศมากที่สุดในโลก

ส่วนประเทศไทยนั้น ได้มีการส่งเสริมให้ไทยทำการผลิตเห็ดแชมปิญองในจังหวัดเชียงใหม่ แต่ผลผลิตที่ได้ในขณะนี้ยังจัดว่าอยู่ในระดับที่ต่ำมาก คือโดยเฉลี่ยจะได้ประมาณ 8-12 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 3.24 ตารางเมตร (กว้างยาวด้านละ 180 เซนติเมตรเท่ากัน) ซึ่งเทียบกันไม่ได้เลยกับประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ไต้หวัน และเกาหลีใต้ ซึ่งทำผลผลิตได้สูงกว่านี้มาก

เห็ดแชมปิญอง มีชื่อเรียกทั่วไปว่า เห็ดขาว (white mushroom) เห็ดกระดุม (button mushroom) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Agaricus bisporus* (Lang) Sing แต่ก่อนเห็ดแชมปิญองเคยใช้ชื่อวิทยาศาสตร์เป็น *A.campestris* ซึ่งมี 4 sterigma และมี 4 spores อันเป็นลักษณะทั่วไปของเห็ดแชมปิญองที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่เห็ดแชมปิญองที่ใช้เพาะกันอยู่ทั่วไปในขณะนี้ พบว่ามันมี 2 sterigma และมี 2 spores เท่านั้น ทั้งนี้และทั้งนั้นอาจจะเป็นเพราะว่าหลังจากได้ถูกเพาะโดยฝีมือของมนุษย์มานานจึงได้เกิดการวิวัฒนาการขึ้นในตัวของมันเองก็เป็นได้ ดังนั้นชื่อวิทยาศาสตร์ของเห็ดแชมปิญองจึงได้ถูกเปลี่ยนเป็น *A. bisporus* (Lang) Sing และได้เป็นที่ยอมรับของคนทั่วไปจนกระทั่งทุกวันนี้

เห็ดแชมปิญองอยู่ใน Class *Basidiomycetes*

Subclass *Homobasidiomycetes*

Order *Agaricales*

Family *Agaricaceae*

Genus *Agaricus*

Species *Bisporus*

วงจรชีวิตของเห็ดแชมปิญอง

ตามปกติแล้วเห็ดแชมปิญองพวก *Agaricus bisporus* มีวงจรชีวิตแบบ Secondary Homothallic ลักษณะของวงจรชีวิตของเห็ดมีดังนี้

1. เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่ ที่บริเวณครีบดอกจะมี basidia เป็นจำนวนมาก ในระยะแรกครีบดอกจะมีสีขาว สปอร์เห็ดในระยะนี้ยังอ่อนอยู่และมีสีขาว ต่อมาสปอร์ก็จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูแล้วจะถูกปล่อยออกมา สปอร์ในระยะนี้จะมีสีชมพูออกน้ำตาล

2. เมื่อสปอร์เห็ดปลิวไปตกในบริเวณที่เหมาะสม ก็จะงอกเส้นใยออกมา เส้นใยในระยะนี้ผนังค่อนข้างหนา เส้นใยในระยะนี้จะมีนิวเคลียส 2 อัน ในระยะนี้เส้นใยเห็ดอาจมีการสร้าง secondary spore หรือ chlamydospore จากนั้นเส้นใยเห็ดจะค่อย ๆ พัฒนาไป primodia หรือตุ่มดอกเห็ด (pin head) และกลายเป็นดอกที่เจริญเติบโตเต็มที่ต่อไป

3. ดอกเห็ดเมื่อเจริญเต็มที่ที่ครีบดอกจะมีแหล่งสร้างสปอร์ (basidiospore) ซึ่งจะมีนิวเคลียส 2 อัน จากนั้นนิวเคลียสก็ผสมกัน และมีการแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมกัน และมีการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้สปอร์ 4 อัน แต่จะมีการสร้างเพียง 2 สปอร์ ในแต่ละสปอร์จะมีนิวเคลียส 2 อันเรียกสปอร์พวกนี้ว่า binucleate spore ดังนั้น ถ้านำสปอร์ของเห็ดแชมปิญองเพียงอันเดียวไป เส้นใยที่พัฒนาจากสปอร์อันนี้ สามารถเจริญไปเป็นดอกเห็ดได้โดยไม่ต้องมีการผสมของเส้นใย

เห็ดแชมปิญองที่เพาะกันทั่ว ๆ ไป ในรูปการค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 สายพันธุ์ คือ

ก. พันธุ์ดอกสีขาว เห็ดแชมปิญองมีสีขาวบริสุทธิ์ โคนก้านดอกค่อนข้างเล็กและยาว เห็ดแชมปิญองพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพดี สีขาว รสชาติดี ฯลฯ พันธุ์ดอกสีขาวที่เพาะกันทั่ว ๆ ไป ได้แก่พันธุ์ Snow white, White king, White queen, Pure white, Golden white และ Silver white ฯลฯ

ข. พันธุ์ดอกสีครีม จัดเป็นพันธุ์ดอกเห็ดที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดอกใหญ่ พันธุ์พวกนี้ได้แก่ Sattons Twenty Century, Drawning town เบอร์ 49 และ 50

ค. พันธุ์ดอกสีน้ำตาล จัดเป็นพันธุ์เห็ดแชมปิญองที่มีเนื้อแน่น กลิ่นหอม ก้านดอกสั้น ผลผลิตสูงและทนร้อนได้ดี เห็ดพันธุ์นี้ก็คือ Best English ซึ่งนิยมเพาะกันมากในประเทศอังกฤษ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดแชมปิญอง ซึ่งมีวงจรชีวิตแบบ secondary homothallic

ที่มา : ปัญญาและกิตติพงษ์, 2538

ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของเห็ดแชมปิญอง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของ Food and Agriculture Organization ในปี 1972 พบว่าเห็ดแชมปิญองประกอบด้วยคุณค่าทางอาหาร ดังนี้

ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางอาหารของเห็ดแชมปิญอง

| ชนิด | ดอกเห็ดสด (ต่อน้ำหนักแห้ง) | ดอกเห็ดกระป๋อง (ต่อน้ำหนักแห้ง) |
|---|---|---|
| ความชื้น (%) | 88.7 | 91.6 |
| โปรตีน (%) | 23.9 | 28.6 |
| ไขมัน (%) | 8.0 | 2.4 |
| คาร์โบไฮเดรต (%) | 60.1 | 49.9 |
| เยื่อใย (%) | 8.0 | 8.3 |
| เถ้า (%) | 8.0 | 19.1 |
| พลังงาน (kcal/200 g) | 381 | 309 |
| Thiamine (mg/100 g) | 8.9 | 1.0 |
| Riboflavin (mg/100 g) | 3.7 | 0.2 |
| Niacin (mg/100 g) | 42.5 | 17.9 |
| Ascorbic acid(mg/100g) | 26.5 | 0 |
| Ca (mg/100g) | 71 | 119 |
| P (mg/100g) | 912 | 738 |
| Fe (mg/100g) | 8.8 | 9.5 |
| Na (mg/100g) | 106 | nd |
| K (mg/100g) | 2850 | 4762 |

ที่มา : Food and Agriculture Organization, 1972

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.2 กลิ่น

ปัญหาเรื่องกลิ่นนับเป็นปัญหามลพิษทางอากาศอีกชนิดหนึ่งที่ส่งผลให้อากาศบริเวณนั้นไม่บริสุทธิ์ ไม่เหมาะต่อการอยู่อาศัยหรือผักผ่อน กลิ่นมีมากมายหลายประเภทขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและชนิดของสารที่ผลิตกลิ่น (ดังตารางที่ 2.8) กลิ่นบางประเภทมักพบอยู่ด้วยกันจึงทำให้ยากต่อการแยกแยะและระบุว่ามีกลิ่นอะไรบ้าง นอกจากนี้การตรวจวัดทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของกลิ่นเป็นเรื่องที่ยากมาก เพราะมนุษย์แต่ละคนมีความไวต่อกลิ่นต่าง ๆ ไม่เท่ากัน คนที่ได้กลิ่นบางกลิ่นอยู่ตลอดเวลามักมีความไวต่อกลิ่นชนิดนั้นต่ำ นอกจากนี้การรู้ตัวก่อนว่าจะมีกลิ่นบางชนิดทำให้โอกาสตรวจวัดพบได้มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ให้กลิ่น

| ชนิดของสารประกอบ | สัญลักษณ์ทางเคมี | ลักษณะกลิ่น |
|---|---|---|
| Amines | $CH_3(CH_2)_nNH_2$ | กลิ่นคาวปลา |
| Ammonia | $NH_3$ | กลิ่นแอมโมเนีย |
| Diamines | $NH_2(CH_2)_nNH_2$ | กลิ่นเนื้อเน่า |
| Hydrogen sulfide | $H_2S$ | กลิ่นไข่เน่า |
| Mercaptans | $CH_3SH;CH_3(CH_2)_nSH$ | กลิ่นมูลสกั๊งค์ |
| Organic sulfides | $(CH_3)_2S;CH_3SSCH_3$ | กลิ่นกะหล่ำปลีเน่า |
| Skatole | $C_8H_5NHCH_3$ | กลิ่นอุจจาระ |

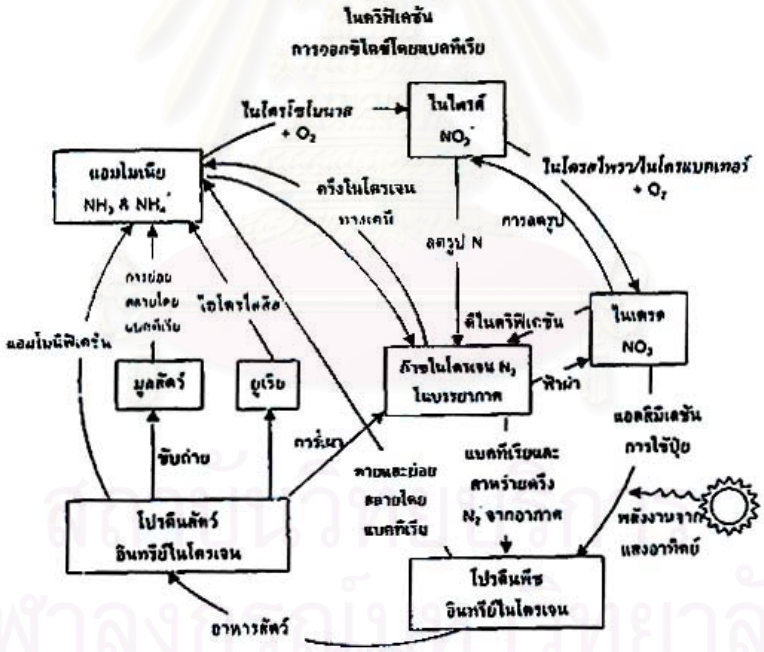
ที่มา : นัทธีรา, 2541

แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษากลิ่นเพียงสองชนิดคือ กลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นทุเรียน ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงเฉพาะกลิ่นทั้ง 2 ชนิดนี้เท่านั้น

### 2.2.1 กลิ่นแอมโมเนีย

แอมโมเนียมีสูตรโมเลกุลคือ $NH_3$ เป็นก๊าซ ไม่มีสี กลิ่นฉุน น้ำหนักโมเลกุล 17.031 จุดเดือด –33.35 °C จุดหลอมเหลว -77.7 °C ความถ่วงจำเพาะ 0.6819 ความหนาแน่น 0.579 มีความสามารถในการละลายในน้ำและมีความเป็นด่าง (pH) 11.6 (http://msds.pcd.go.th/)

การเกิดก๊าซแอมโมเนียนั้นเกิดมาจากไนโตรเจน โดยไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับโปรตีนและกรดนิวคลิอิกในเซลล์ทั้งหลาย จึงมีความสำคัญต่อวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกรูปแบบ แม้ว่าไนโตรเจนจะมีมาก คือมีถึงร้อยละ 79 ในบรรยากาศ แต่ไนโตรเจนก็กลับเป็นธาตุที่มีอยู่จำกัดในดินและสิ่งแวดล้อมน้ำ ทำให้การเกษตรทำได้ไม่ดีนักในบางประเทศ และเนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่คงตัวมากและเปลี่ยนรูปยาก ยกเว้นบางกรณี เช่น ฟ้าผ่า หรือมีอุณหภูมิและความดันสูง ฯลฯ จุลินทรีย์จึงมีบทบาทมากในการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียภายใต้กระบวนการที่เรียกว่า “แอมโมนิฟิเคชัน” แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต ซึ่งจะถูกใช้ต่อไปได้ง่าย ๆ โดยพืชและแอลจี ซึ่งจะกลายเป็นอาหารของสัตว์ในวงจรชีวิตอีกขั้นหนึ่ง พืชและสัตว์เมื่อตาย ซากของมันจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียกลับมาเป็นแอมโมเนีย ขณะเดียวกันสัตว์ก็สามารถขับถ่ายสารอินทรีย์ออกมาซึ่งแปรรูปไปเป็นแอมโมเนียได้อีกเช่นกัน รายละเอียดต่าง ๆ ดูได้จากรูปที่ 2.8




<u>รูปที่ 2.8</u> วัฏจักรไนโตรเจน

ที่มา : ธงชัย, 2544

ก๊าซแอมโมเนียเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะปัญหาการเกิดมลภาวะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ซึ่งกลิ่นที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เกิดจากของเสียจากการเลี้ยงสัตว์ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร สิ่งขับถ่ายจากสัตว์เลี้ยงที่ตกค้างในคอกและรางระบายหรือพักอยู่ในที่กักเก็บภายในหรือภายนอกโรงเรือนซึ่งปรากฏให้เห็นอยู่ 3 สถานะ คือ

1. ของแข็ง - เศษอาหารและมูล
2. ของเหลว - ปัสสาวะและน้ำล้างคอกตกค้าง
3. ก๊าซ - ก๊าซต่าง ๆ และสารระเหยที่มีกลิ่นจากการสลายตัวของมูลและปัสสาวะที่ขับถ่ายแล้ว

ก๊าซที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงสัตว์จำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ (ตารางที่ 2.9) ได้ดังนี้

1) มีเทน/Methane ($CH_4$)
2) แอมโมเนีย/Ammonia ($NH_3$) และก๊าซไนโตรเจนอื่น ๆ
3) ก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นรบกวน/ก๊าซไข่เน่า ($H_2S$) และก๊าซจากสารระเหย (VFAs)ต่าง ๆ

ตารางที่ 2.9 การเกิดและปล่อยก๊าซต่าง ๆ จากสัตว์เลี้ยง (กก./ตัว-ปี)

| ชนิดสัตว์ | นน.ตัว(กก.) | $CH_4$ | $NH_3$ | VEA | อื่น ๆ |
|---|---|---|---|---|---|
| โคนม | 650 | 100 | 8.8 | nd | nd |
| โคเนื้อ | 450 | 50 | 5.7 | nd | nd |
| สุกรแม่พันธุ์ | 200 | - | 5 | nd | nd |
| สุกรรุ่น/ขุน | 75 | 0.3 | 3.0 | 0.14 | 0.012 |
| ไก่ไข่ | 5 | - | 0.2 | nd | nd |
| ไก่เนื้อ | 0.5 | - | 1.0 | nd | nd |

nd = ไม่ได้วิเคราะห์

ที่มา : www.thai.net/biogastech/pol_smell.html

สัตว์ได้รับธาตุไนโตรเจนส่วนใหญ่จากโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนต่าง ๆ ในอาหารที่กิน ส่วนน้อยกักเก็บไว้ใช้ในร่างกายหรือเปลี่ยนเป็นน้ำนม ส่วนใหญ่ขับถ่ายทิ้งออกไปทางมูลและปัสสาวะ (ตารางที่ 2.10) ดังนั้นไนโตรเจนในมูลมาจากอาหารโปรตีนที่ได้กินและจากอาหารที่ย่อยและดูดซึมไม่หมด ตลอดจนส่วนของไนโตรเจนจากการขับหลั่งเอนไซม์และเยื่อบุลำไส้ที่หลุดร่อนในทางเดินอาหารรวมทั้งจากจุลินทรีย์ที่สร้างตัวขึ้นในลำไส้ใหญ่ ไนโตรเจนในจุลินทรีย์เป็นทั้ง

โปรตีนและกรดนิวคลีอิก (15-20%) แต่ไนโตรเจนในปัสสาวะส่วนใหญ่เป็นยูเรีย (ในโค แกะและสุกร) แต่อยู่ในรูปของกรดยูริคในสัตว์ปีก โปรตีนจะแตกตัวออกเป็น peptone, polypeptide, amino acid และปล่อยออกมาเป็นแอมโมเนียในที่สุด

ตารางที่ 2.10 การแปรสภาพของไนโตรเจนที่กินเข้าไปกับอาหารโดยสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ

| ชนิดสัตว์ | โปรตีนในอาหาร (กรัม/กก.วัตถุแห้ง) | กักเก็บในร่างกาย (%) | นม (%) | มูล (%) | ปัสสาวะ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| โคนม | | | | | |
| -เลี้ยงปล่อย | 250 | 2 | 17 | 25 | 56 |
| -เลี้ยงในคอก | 175 | 2 | 25 | 34 | 39 |
| โคเนื้อ | 150 | 22 | | 30 | 48 |
| แม่สุกรเลี้ยงลูก | 160 | 5 | 20 | 20 | 55 |
| ลูกสุกร | 184 | 40 | | 10 | 50 |
| สุกรขุน | 170 | 32 | | 15 | 53 |
| ไก่ไข่ | 170 | 32 | | 12 | 56 |
| ไก่เนื้อ | 217 | 42 | | 10 | 48 |

ที่มา : www.thai.net/biogastech/pol_smell.html

ก๊าซแอมโมเนียเป็นก๊าซที่มีความเป็นด่างจัดpH สูงถึง 11 เมื่อระเหยจากมูลสัตว์ที่พื้นคอกมาสัมผัสหน้าตา ปาก จมูก รวมกับความชื้นที่ผิวหนังและดวงตาเกิดการรวมกับน้ำ $H_2O + NH_4$ เป็น $NH_4OH$ ได้เป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ มีความเป็นด่างแรง $NH^{+4}$ $OH^-$ ทำให้สัตว์เลี้ยงหน้าบวม คันตา เกา บางทีรวมกับเซลล์เยื่อตาทำให้ตาบอด และเมื่อสูดแอมโมเนียเข้าปอดก็จะเกิดการระคายเคืองได้

### 2.2.2 กลิ่นทุเรียน

ทุเรียนหรือ *Durio zibethinus* Merr. เป็นไม้ผลที่ปลูกมากแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ในไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย เป็นต้น เป็นผลไม้ที่มีราคาสูง เป็นที่นิยมบริโภคกันมากองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนที่ก่อให้เกิดปัญหาเป็นพวกซัลไฟด์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้มีงานวิจัยในการวิเคราะห์กลิ่นทุเรียน

Baldry et al, 1972 ได้ทำการวิเคราะห์กลิ่นทุเรียนโดยใช้ Gas chromatography กับ Mass Spectrometry พบว่าประกอบไปด้วยสารเคมีที่เป็นพวกระเหยง่ายถึง 26 ชนิด (ตารางที่ 2.11) ซึ่งพบว่ามี sulfur compounds 7 ชนิด aliphatic esters 12 ชนิด aldehydes 2 ชนิด alcohols 4 ชนิด และ aromatic compound 1 ชนิด

ตารางที่ 2.11 Volatile flavouring compounds of durian

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hydrogen sulphide | | Methyl acetate | (1) |
| Methanethiol | * | Ethyl acetate | (3) |
| Ethanethiol | * | Methyl propionate | (3) |
| Propanethiol | | Ethyl propionate | (1) |
| Dimethylthioether | * | n-Propyl propionate | (1) |
| Diethylthioether | * | Ethyl Iso-butyrate | (1) |
| Diethyldisulphide | (1) | Methyl butyrate | |
| Methanol | (2) | Methyl $\alpha$-methylbutyrate | (2) |
| Ethanol | (5) | Ethyl $\alpha$-methylbutyrate | (5) |
| n-Propanol | (4) | n-Propyl $\alpha$-methylbutyrate | (1) |
| 3-Methylbutan-1-ol | | Ethyl iso-valerate | (1) |
| Acetaldehyde | (1) | Ethyl methacrylate | (1) |
| Propionaldehyde | (2) | Ethyl benzene | (1) |

ความสัมพันธ์มาจากความสูงของ GLC peaks ซึ่งบันทึกเป็นเปอร์เซนต์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย (1)10 ;(2)10-30 ;(3)30-60 ;(4)60-100 ;(5) over 100%. ส่วนเครื่องหมาย * หมายถึงการวิเคราะห์โดยใช้ TLC ในตัวทำละลายหนึ่งชนิด และองค์ประกอบอื่น ๆ ถูกวิเคราะห์โดย MS ซึ่งจะนำไอจาก headspace มาทำการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ครั้งนี้ยืนยันโดยทำการเปรียบเทียบ MS and chromatograms กับตัวอย่างจริง

ที่มา : Baldry et al, 1972

ต่อมา Hugo et al, 1996 ได้ทำการศึกษากลิ่นทุเรียน 3 พันธุ์ของอินโดนีเซียพบว่า กลิ่นทุเรียนมีทั้งส่วนที่เป็น Sulfur compounds และ non-sulfur compounds ซึ่งสามารถวัดปริมาณเป็นเปอร์เซ็นต์ตามพื้นที่ peak โดยใช้ GC-MS ในการ identified (ตารางที่ 2.12 และ 2.13)

ตารางที่ 2.12 Sulfur Compounds in three Durian varieties from Indonesia As Identified by GC-MS

| no | Compd | Durian veriety (% of total int peak area) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Cane | Koclak | Boboko |
| 1 | S-ethyl thioacetate | 0.70% | 0.80% | - |
| 2 | methyl ethyl disulfide | + | + | + |
| 3 | 1-hydroxy-2-methylthioethane | + | + | + |
| 4 | methyl 2-methylthioacetate | + | - | + |
| 5 | dimethyl sulfone | - | + | - |
| 6 | diethyl disulfide | + | + | + |
| 7 | S-ethyl thiobutyrate | + | - | - |
| 8 | ethyl 2-(methylthio) acetate | + | + | + |
| 9 | 2-isopropyl-4-methylthiazole | + | - | + |
| 10 | S-isopropyl 3-(methylthio)-2-butenoate | + | - | - |
| 11 | 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane(I) | + | - | - |
| 12 | 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane(II) | + | - | - |
| 13 | S-methyl thiohexanoate | + | - | - |
| 14 | 5-methyl-4-mercapto-2-hexanone | + | - | - |
| 15 | Benzothiazole | + | - | - |
| 16 | 3,4-dithia-2-ethylthiohexane | + | - | - |
| 17 | S-methyl thiooctanoate | + | - | + |
| 18 | 3,5-dimethyltetrathiane | + | - | - |

+ : >0.01% แต่ <0.1%, - : <0.01% (detection limit 0.01%)

ตารางที่ 2.13 Non-Sulfur Compounds in three Durian varieties from Indonesia As Identified by GC-MS (- : <0.01%)

| No | Compd | Durian veriety (% of total int peak area) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Cane | Koclak | Boboko |
| 1 | 3-hydroxy-2-butanone | 47.0 | 42.0 | 14.0 |
| 2 | ethyl 2-methylbutanoate | 25.0 | 12.0 | 4.5 |
| 3 | Hexadecanol | 0.3 | 9.0 | 21.0 |
| 4 | 9-octadecen-1-ol (cis+trans) | - | 1.9 | 13.0 |
| 5 | Octadecanol | - | 1.7 | 5.4 |
| 6 | ethyl acetate | 2.1 | 4.4 | 2.8 |
| 7 | 2-hydroxy-3-pentanone | 3.0 | 1.4 | 1.5 |
| 8 | ethyl hexanoate | 2.6 | 2.2 | 1.7 |
| 9 | linoleic acid | - | 0.7 | 2.5 |
| 10 | propyl 2-methylbutanoate | 2.3 | 1.3 | 0.4 |
| 11 | ethyl capylate | 1.1 | 0.6 | 2.3 |
| 12 | ethyl hexadecanoate | - | 1.0 | 2.2 |
| 13 | methyl propanoate | 1.4 | 0.5 | 1.7 |
| 14 | Linolenic acid | - | 1.6 | 0.9 |
| 15 | methyl 2-methylbutanoate | 1.3 | 0.9 | 0.9 |
| 16 | Hexadecanyl propanoate | - | 1.1 | 1.0 |
| 17 | isobutyl alcohol | - | 0.8 | 1.2 |
| 18 | Heptadecenoic acid | - | 0.6 | 1.1 |

ผลการทดลองพบว่าในส่วนที่มี sulfur compounds จะพบกลิ่นที่มีมากที่สุด คือ S-ethyl thioacetate (Koclak 0.8% cane 0.7% Boboko <0.1%) กลิ่นที่สกัดออกมาจาก Durian cane พบว่ามี 24 peaks จาก 43 peaks ที่เป็นกลิ่นของซัลเฟอร์ (ตารางที่ 2.14) และเมื่อเจือจาง 50 เท่า จะเหลือ 11 peaks จาก 17 peaks ที่เป็นกลิ่นของซัลเฟอร์ ซึ่งจากตารางพบว่ากลิ่นของ 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane เป็นกลิ่นที่แรงมากเมื่อเจือจางลงกลิ่นนี้ก็ยังคงมีปริมาณที่มากอยู่

ส่วนของ non-sulfur compounds นั้นพบ 3-hydroxy-2-butanone, ethyl 2-methylbutanoate และ hexadecanol มากที่สุด (ตารางที่ 2.13) และกลิ่นของ non-sulfur compounds ที่แรงที่สุดคือ ethyl 2-methyl butanoate (ตารางที่ 2.15)

ตารางที่ 2.14 Sulfury Flavor Substances in Durian Cane Variety,As Analyzed by GC-Sniff Flavor Dillution Analysis

| No | Kovats index | Compd | Dillution factor 5× | Dillution factor 50× | sensory description |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 767/756 | S-ethyl thioacetate | ++ | + | fruity, sulfury |
| 2 | 786 | ? | ++ | - | sulfury, gas, cabbage |
| 3 | 872 | ? | + | - | gas, fruity, thioester |
| 4 | 927/933 | Diethyl disulfide | ++ | + | sulfury, cabbage, roasty |
| 5 | 979 | ethyl 2-(methylthio)-acetate | + | - | sweet, sulfury, onion |
| 6 | 1021/1022 | 2-isopropyl-4-methylthiazole | ++ | + | sulfury, roasty, meaty |
| 7 | 1059/1042 | ? | + | + | Sulfury |
| 8 | 1070 | ? | ++ | - | Cabbage |
| 9 | 1089/1089 | M134/57/43/89/72 | + | + | green, sulfury, snowpeas, earthy |
| 10 | 1136/1143 | 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane(I) | ++ | ++ | sulfury, heavy, cocoa |
| 11 | 1150/1151 | 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane(II) | + | + | sulfury, onion |
| 12 | 1158/1155 | Methyl thiohexanoate | + | + | Sulfury |
| 13 | 1185/1184 | ? | + | + | sweet, sulfury, roasty, meaty, veal |
| 14 | 1224 | ? | + | - | sulfury, cabbage |
| 15 | 1240 | ? | + | - | sulfury, cabbage |
| 16 | 1279 | ? | + | - | sulfury, roasty |
| 17 | 1281 | ? | + | - | sulfury, cabbage |
| 18 | 1291/1292 | ? | ++ | + | sulfury, cheese |
| 19 | 1297 | ? | ++ | - | Cabbage |
| 20 | 1328/1329 | ? | ++ | + | sulfury, fruity |
| 21 | 1351 | ? | + | - | Cabbage |
| 22 | 1355 | ? | ++ | - | buent sugar, sulfury |
| 23 | 1463 | ? | + | - | sulfury, cabbage |
| 24 | 1550/1547 | ? | + | + | sulfury, fruity, meaty |

? : no detectable peaks in GC-MS (TIC)

ตารางที่ 2.15 Non-sulfur Compounds in Durian Cane Variety, As Analyzed by GC-Sniff Flavor Dillution Analysis

| no. | Kovats index | Comd | Dillution factor | | Sensory description |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5× | 50× | |
| 1 | 660 | Hydroxyacetone | + | + | Battery |
| 2 | 751 | ethyl isobutanoate | + | - | sweet, ester-like |
| 3 | 771 | Methyl 2-methyl butanoate | + | + | fruity, ester-like |
| 4 | 844 | ethyl 2-methyl butanoate | ++ | ++ | fruity, ester-like |
| 5 | 943 | propyl 3--methyl butanoate | + | + | fruity, ester-like |
| 6 | 978 | ? | + | - | mushroom-like |
| 7 | 993 | ethyl hexanoate | + | + | fruity, ester-like |
| 8 | 995 | ? | + | - | earthy, musty |
| 9 | 1039 | Limonene | + | - | terpenoid |
| 10 | 1088 | ? | + | + | fruity, ester-like |
| 11 | 1106 | ? | + | - | seasoning-like |
| 12 | 1118 | ? | + | - | pyrazine |
| 13 | 1140 | ? | + | - | soup |
| 14 | 1151 | ? | + | - | fried mushroom |
| 15 | 1190 | ? | + | - | seasoning-like |
| 16 | 1203 | ? | + | - | aldehyde |
| 17 | 1391 | ? | + | - | sweet, boiled, milk-like |
| 18 | 1406 | ? | + | - | mushroom, earthy |
| 19 | 1452 | ? | + | - | juicy, flowery, fruity |

? : no detectable peaks in GC-MS (TIC)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.3 **แชมแพกซ์** (Champex)

คนจำนวนมากมีความกังวลกับกลิ่นปาก กลิ่นตัว และกลิ่นจากระบบขับถ่าย ซึ่งกลิ่นเหล่านี้มีสาเหตุมาจาก

1. กลิ่นปาก เกิดได้จาก 2 สาเหตุใหญ่ ๆ คือ เศษอาหารที่ติดค้างระหว่างฟันหรือเยื่อบุในหลอดอาหาร ซึ่งเมื่อติดค้างเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดกลิ่นในช่องปากได้ อีกสาเหตุคือเกิดกลิ่นทางลมหายใจ ซึ่งกลิ่นนี้มาจากช่องในลำไส้ส่งผ่านมาทางระบบเลือดออกมาทางปอด ดังนั้นกลิ่นปากจึงเป็นกลิ่นที่ผสมมาจากปากและลำไส้

2. กลิ่นตัว เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีในลำไส้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น และถูกดูดซึมมาทางกระแสเลือด ขับถ่ายผ่านมาทางต่อมเหงื่อ

3. กลิ่นจากระบบขับถ่าย ซึ่งเราจะพบว่าในลำไส้มี bacteria อยู่มากกว่า 100 trillion ซึ่ง bacteria เหล่านี้เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยย่อย protein และ fats เพื่อให้ลำไส้ดูดซึมอาหารได้ bacteria ที่สำคัญที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นคือ Welch bacillus และ Eschericia coli ซึ่งทำให้เกิดกลิ่น ammonia, indoles, skatoles, triptamine, mercaptan, hydrogen sulfide และ amines

ทางบริษัทริคอม จำกัด ได้ตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งที่ปลอดภัยต่อการบริโภคและมีสรรพคุณในการดับกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการค้นคว้าทดลองจากสารสกัดของอาหารหลายอย่าง จนกระทั่งได้ค้นพบว่าสารสกัดจากเห็ดแชมปิญอง (Champignon ในภาษาฝรั่งเศส mushroom ในภาษาอังกฤษ) สามารถดับกลิ่นเหม็นต่าง ๆ ได้ หลังจากนั้นก็ได้คิดค้นวิธีสกัดแชมแพกซ์ และวิธีผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งนอกจากจะได้จดทะเบียนสิทธิบัตรที่ญี่ปุ่นแล้ว ยังได้สิทธิบัตรของประเทศอื่น ๆ คือ อังกฤษ เยอรมัน ฝรั่งเศส สวีเดน สวิตเซอร์แลนด์ สเปน สหรัฐอเมริกา แคนาดาและเกาหลีใต้ รวม 9 ประเทศด้วย ปัจจุบันได้มีการส่งออกแชมแพกซ์ในลักษณะของวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุขภาพ ที่มีสรรพคุณสูงไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

ขั้นตอนการผลิตสารสกัดแชมแพกซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประกอบและการทำงานของแชมแพกซ์

แชมแพกซ์มีส่วนผสมของกรดอะมิโน (amino acid), โพลิฟีนอล (Polyphenol), ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid), สารจำพวกน้ำตาลหลายชนิด, วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ กรดอะมิโน นั้นยังมี กลูตามีน อาลานีน และทรีโอนีน เจือปนอยู่ด้วย ส่วนทางด้านแร่ธาตุ ได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก ทองแดง และอื่น ๆ

การย่อยและดูดซึมอาหารที่เกิดในลำไส้นั้นเป็นต้นเหตุของกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นเหม็นชนิดอื่น ๆ ซึ่งจะซึมจากลำไส้ผ่านเข้าไปในเส้นเลือด และระบายออกมาทางปอด ทางต่อมเหงื่อ เป็นกลิ่นปากและกลิ่นตัว ซึ่งองค์ประกอบชนิดต่าง ๆ ของแชมแพกซ์จะช่วยทำหน้าที่ดับกลิ่นโดย กรดอะมิโนทำหน้าที่ช่วยประสานแอมโมเนียและสารจำพวกอามีนอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในลำไส้ให้อยู่ในสภาวะเป็นกลาง โพลิฟีนอล(Polyphenol) และฟลาโวนอยด์(Flavonoid) ทำหน้าที่ดับกลิ่นโดยเข้าไปรวมตัวกับเมอร์แคพทัน (Mercaptan) และสารจำพวกอามีนอื่น ๆ ส่วนสารน้ำตาลนั้น ทำการดับกลิ่นโดยปิดกั้นสารต้นเหตุของกลิ่นเหม็นที่อยู่ในโครงสร้างทางเคมีของกลิ่น นอกจากนั้น แชมแพกซ์ยังควบคุมไม่ให้เกิดสารต้นเหตุของกลิ่นเหม็นขึ้นมา โดยเพิ่มจำนวนแบคทีเรียบิฟิโดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และปรับการทำงานของลำไส้ให้เหมาะสม จะเห็นได้ว่าแชมแพกซ์มีบทบาทในการดับกลิ่นเหม็นได้

ผลการทดลองของแชมแพกซ์โดยวิธี In-Vitro และ In-Vivo Tests

1. ยับยั้งกลิ่นปาก กลิ่นตัว และกลิ่นจากระบบขับถ่าย

1.1 ทดลองการดูดกลิ่น methylmercaptan โดยใช้ GC method ซึ่ง methylmercaptan เป็นกลิ่นที่เกิดมากในกลิ่นปาก โดยในการทดลองใช้แชมแพกซ์มาดูดกลิ่น methylmercaptan ที่ความเข้มข้น 0.5 ppm ซึ่งมากกว่ากลิ่นปกติที่จมูกจะรับได้ถึง 250 เท่า (กลิ่นปกติที่จมูกรับได้คือ 0.002 ppm) พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบผลระหว่างน้ำกลั่นที่เป็น control กับสารละลายที่มีแชมแพกซ์ 1 mg พบว่าที่เวลา 75 นาที หลังจากฉีดเข้าไป control จะมี methylmercaptan อยู่ 0.41 ppm (แสดงว่าน้ำกลั่นสามารถดูดจับ methylmercaptan ได้14%) ส่วนในสารละลายที่มีแชมแพกซ์ที่ 75 นาทีสามารถดูดจับ methylmercaptan ได้ 100% ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณของแชมแพกซ์มากขึ้นจะสามารถจับ methylmercaptan โดยใช้เวลาที่น้อยลง

1.2 ทดลองการดูดกลิ่นปากที่เกิดจากกระเทียมสด โดยใช้ GC method โดยให้ผู้ทดสอบอมกระเทียมสดผสมน้ำไว้ในปาก 1 นาทีแล้วคายออกมา นำไปวัดโดยใช้ GC ทันทีพบว่ามี methylmercaptan และ allylmercaptan ความเข้มข้นค่อนข้างสูงถึง 12.5747 ppmและ13.3007 ppm

ตามลำดับ ส่วน allylmethylsulfide วัดได้ 2.3585 ppm ต่อมาให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยสารละลายแชมแพกซ์หลังจากอมกระเทียมและกลุ่ม control กลั้วปากด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 10 นาที นำมาวัด GC พบว่า ผู้ทดสอบที่กลั้วปากด้วยสารละลายแชมแพกซ์มีความเข้มข้นของ methylmercaptan และ allylmercaptan ลดลงเหลือ 1.4793 ppm และ 1.6830 ppm ส่วน allylmethylsulfide ตรวจไม่พบ และใน control มีความเข้มข้นของ methylmercaptan allylmercaptan และ allylmethylsulfide คือ 5.4433 ppm, 6.2910 ppm และ 0.2080 ppm ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในกลุ่ม control สูงกว่ากลุ่มผู้ทดสอบอย่างมาก แสดงว่าสารละลายแชมแพกซ์สามารถระงับกลิ่นปากได้ดีกว่าน้ำกลั่น

1.3 ทดลองการลดลงของกลิ่นจากระบบขับถ่าย โดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นคนไข้โรงพยายบาล Tsuchizaki ในญี่ปุ่น อายุ 14 ปี รับประทานแชมแพกซ์ 500 mg เป็นเวลา 30 วัน และนำอุจจาระมาตรวจวัดก๊าซ (ammonia, methylmercaptan, hydrogen sulfide และ amine) โดยใช้ Kitagawa gas detector และวัดความเข้มข้น ammonia ในเลือด โดยใช้ Fuji-Okuda modified method โดยวัด 3 ครั้งห่างกันครั้งละ 10 วัน พบว่าความเข้มข้นของ ammonia ในเลือดลดลงเช่นเดียวกับความเข้มข้นของ ammonia จากอุจจาระ โดยเฉลี่ยลดลงจาก 93 μg/dl เหลือ 45 μg/dl ซึ่งลดลงถึง 52% ซึ่งจะเห็นได้ว่านอกจากแชมแพกซ์จะช่วยลดความเข้มข้นของ ammonia ในระบบขับถ่ายแล้วยังสามารถลดความเข้มข้นของ ammonia ในระบบเลือดได้อีกด้วย

2. ทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น

โดยทดลองในคนไข้ที่มีอาการท้องเสีย ท้องร่วง ท้องผูก ถ่ายอุจจาระเหลว ให้รับประทานแชมแพกซ์ปริมาณ 500 mg เป็นเวลา 30 วัน พบว่าอุจจาระมีลักษณะดีขึ้นจนถึงปกติ และกลิ่นที่เกิดขึ้นในการขับถ่ายลดลงอย่างมาก

3. Purification of blood

3.1 ทดลองยับยั้ง indoleacetic acid และ triptamine ในเลือด โดยสัตว์ทดลองคือ กระต่าย ผลการทดลองพบว่ากระต่ายที่ได้กินแชมแพกซ์ตรวจไม่พบ triptamine และตรวจ indoleacetic acid ไม่พบตั้งแต่ 12 ชั่วโมงหลังจากกินเข้าไป จึงพบว่าแชมแพกซ์ช่วยขับของเสียออกจากระบบเลือดได้

3.2 ควบคุม ammonia ในระบบเลือดของผู้สูงอายุ ซึ่งมีผลจากการงานวิจัยว่าเมื่อคนไข้ 9 คนรับประทานแชมแพกซ์ 5 เม็ด/วัน เป็นเวลา 30 วัน เมื่อวัดระดับ ammonia ในเลือดลดลงถึง 40% และอีกงานวิจัยทดลองในผู้ป่วยอายุ 61 ปี ที่มี ammonia ในเลือดสูงถึง 182 μg/dl เมื่อรับประทานแชมแพกซ์แล้ว ammonia ในเลือดลดลงเหลือ 82 μg/dl

4. Physiological functions

แชมแพกซ์ช่วยลดภาระการทำงานของไตและตับ โดยลดปริมาณก๊าซต่าง ๆ ลงทำให้ป้องกันความล้มเหลวของไตและตับได้ และยังช่วยป้องกันไม่ให้ร่างกายมีปริมาณ ammonia ที่มากเกินไป อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการสร้าง active oxygen และการแพ้เซลล์เม็ดเลือดขาว ซึ่งโรคเหล่านี้มักเกิดกับคนสูงอายุ

5. ส่วนผสมของอาหารเพื่อสุขภาพและความงาม

แชมแพกซ์มี amino acid ที่สำคัญต่อร่างกายค่อนข้างสูง ซึ่งมี amino acid มากกว่านมสดถึง 6.5 เท่า มีเกลือแร่มากซึ่งเหมาะสำหรับคนที่ร่างกายขาดแร่ธาตุและ amino acid และยังมี glucide เช่น Nucleic acid, mannitol, hemicellulose ซึ่งช่วยในการเพิ่มภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย และองค์ประกอบเหล่านี้มีผลในการช่วยลด cholesterol ทำให้ความดันเลือดต่ำลง และเพิ่มภูมิคุ้มกันในการต้านไวรัส

ในปัจจุบันแชมเพกซ์ได้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารชนิดต่าง ๆ มากมาย ซึ่งแชมแพกซ์มีสรรพคุณเด่นในด้านการดับกลิ่นเหม็น ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแชมแพกซ์นั้นมีตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ดับกลิ่นเพื่อรักษามารยาทในสังคม อาหารสุขภาพและความงาม อาหารเหลวสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาล อาหารบำรุงรักษาโรคตับและไต เครื่องดื่ม ขนม และอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งเป็นที่นิยมในอาหารแปรรูปของประเทศญี่ปุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sato et al, 2001ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์กลิ่นเหม็นที่เกิดจากของเสียของคน (อุจจาระและปัสสาวะ) โดยในการทดลองได้ทำการวัดก๊าซของเสียจากคนที่บ่อเก็บกักของเสียของชุมชนก่อนนำไปบำบัด ทำการวัดกลิ่นโดยใช้ Thermal-desorption cold-trap injector/ gas chromatography/ mass spectrometry (TCT/GC/MS) พบว่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของกลิ่นเหม็นมาจาก fatty acids, acetic acid, propionic acid และ butyric acid ส่วนอีก 6.5 เปอร์เซ็นต์มาจากแอมโมเนีย และกลิ่นที่เหลือคือ indole, skatole, pyridine, hydrogen sulfide และ methyl mercaptan

วุฒินันท์ คงทัด และสาริมา สุนทรารชุน, 2542 ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเม็ดลูกอมระงับกลิ่นปากจากใบฝรั่งให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและสามารถระงับกลิ่นปากได้ ประกอบด้วยผงฝรั่งบด แป้งมอลโตเด็คตริก น้ำตาลไอร์ซิ่ง แป้งทัลคัม และผงเมนทอล ซึ่งใบฝรั่งสามารถดับกลิ่นสุรา กลิ่นปากและบุหรี่ได้ดีเนื่องจากในใบฝรั่งมีสาร β-sitosterol, Triterpenes, Guajaverin, Leucocyanidin, Amaritoside, Psidiolic acid และ น้ำมันหอมระเหย

Sadami et al, 1998 ได้ทำการศึกษายากำจัดกลิ่นที่สกัดมาจาก Fruiting-bodies ของเห็ดแชมปิญอง วิธีการสกัดจะนำเห็ดแชมปิญองแช่ใน hydrophilic solvent ที่อุณหภูมิประมาณ 60-100 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาทีถึง 2 ชั่วโมง สารที่สกัดออกมาจะทำให้มีลักษณะเป็นผงเพื่อคงคุณภาพของสารและสามารถยืดอายุการเก็บได้ สารสกัดชนิดนี้เมื่อนำมารับประทานสามารถช่วยลดกลิ่นเหม็นจากลมหายใจหรือกลิ่นปาก นอกจากนี้ยังสามารถใช้ผสมในอาหารหรือเครื่องดื่มเพื่อกำจัดกลิ่นเหม็นจากอาหารเช่น กระเทียม เนื้อ เป็นต้น และยังมีผลต่อ metabolism โดยระงับกลิ่นเหม็นจากปัสสาวะและอุจจาระที่ขับออกหลังจากรับประทานอาหาร

จตุพล เจริญไพบูรณ์ และนรภัทร ปีสิริกานต์, 2541 ได้ทำการศึกษาการพัฒนาตำรับไคโตแซนเจลระงับกลิ่นตัว ซึ่งไคตินและไคโตแซนจัดเป็นโพลิเมอร์ทางธรรมชาติที่มีมาก ซึ่งได้จากเปลือกกุ้งและปู ปัจจุบันใช้ทั้งทางการแพทย์และเครื่องสำอางจำนวนมาก มีคุณสมบัติเป็นสารก่อเจลและต้านแบคทีเรีย จึงทดลองนำไคโตแซนมาทำเป็นเจลระงับกลิ่นตัวแบบ roll-on ในการทดลองผงไคโตแซนต้องใช้กรดอินทรีย์เจือจางเป็นตัวทำละลายและปรับให้มี pH ประมาณ 4-5 เมื่อทดสอบคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของไคโตแซนเจล พบว่าสามารถลดเชื้อแบคทีเรียใต้วงแขนได้จึงให้ผลเป็น deodorant ที่ดีได้ระดับหนึ่ง

Moore et al, 1995 ได้ทำการศึกษาการลดก๊าซแอมโมเนียจากมูลของสัตว์ปีกโดยใช้วิธีทางเคมี ซึ่งก๊าซแอมโมเนียที่เกิดในคอกไก่และเป็ดสามารถระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยทำให้เกิดผลเสียคือเกิดฝนกรด ค่า N/P ratio ในมูลสัตว์ต่ำลง และ ฟอสฟอรัสไหลออกสู่แหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียงทำให้แหล่งน้ำมีฟอสฟอรัสที่มากเกินไป ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย จึงได้ทำการเลือกมูลสัตว์ที่ถ่ายทิ้งไว้นาน 42 วัน ซึ่งในการทดลองใช้สารเคมีคือ $Ca(OH)_2$, $Al_2(SO)_4.18H_2O$(Alum), Alum+$CaCO_3$และ $FeSO_4.7H_2O$ ส่วนก๊าซแอมโมเนียที่ใช้มาจากมูลสัตว์โดยถูกจับในสารละลาย boric acid จากผลการศึกษาพบว่าสารเคมีที่มี alum จะลดก๊าซแอมโมเนียได้ (ลดได้มากกว่า control ถึง 99%) ลดสารละลายไนโตรเจนในมูลสัตว์ อีกทั้งเพิ่มค่า N/P ratio นอกจากนี้อนุภาคของ alum ยังช่วยลดการละลายน้ำของฟอสฟอรัส ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารเคมีที่มี alum สามารถแก้ไขปัญหาก๊าซแอมโมเนียที่มีในคอกสัตว์ปีกได้

Sutton et al, 1999 ได้ทำการศึกษาการลดกลิ่นในฟาร์มสุกรโดยการเปลี่ยนแปลงอาหาร จุดสำคัญในงานวิจัยคือเปลี่ยนแปลงอาหารให้เหมาะสมโดย 1) เพิ่มธาตุอาหารที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หมดเพื่อลดการขับถ่ายของเสีย 2) เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยอาหารเพื่อลดการขับถ่าย และ3) เปลี่ยนสมบัติทางกายภาพของของเสียเพื่อลดการแพร่กระจายของกลิ่น ซึ่งสาเหตุของกลิ่นเกิดจากโปรตีนส่วนเกินและขาดจุลินทรีย์ในการ fermentation carbohydrates ในงานวิจัยได้เติม oligosaccharides และ nonstarch polysaccharides ลงไปเพื่อเปลี่ยนแปลง pathway ของการขับถ่ายไนโตรเจนของสัตว์และลดการกระจายของกลิ่น การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและจุลินทรีย์จะช่วยลดโปรตีนส่วนเกิน ลดสารอินทรีย์ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบและการ fermentation carbohydrates ในลำไส้ต่ำลงทำให้ควบคุมกลิ่นได้

สุมาลัย ศรีกำไลทอง และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2521 โดยทำการศึกษาการกำจัดกลิ่นทุเรียนพันธุ์กระดุมและชะนี เพื่อการส่งออก โดยใช้ granular activated carbon ชนิดต่าง ๆ ที่มีชื่อทางการค้า Kuricoal A, WV-W, WV-H, Hydrasine LS และ BPL หุ้มผลทุเรียนใส่ในถุง polypropylene แล้วบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูก activated carbon ชนิด Kuricoal A, WV-W และ WV-H จำนวน 50 กรัม สามารถป้องกันกลิ่นทุเรียนไม่ให้เล็ดลอดออกมาได้เมื่อเก็บไว้นานถึง 24 ชั่วโมง

Baldry et al, 1972 ได้ศึกษาการกำจัดกลิ่นทุเรียนซึ่งแยกเป็น 2 กลิ่นด้วยกันคือกลิ่นแรงจะเป็นกลิ่น onion-like และกลิ่นอ่อนเป็นกลิ่น fruity โดยการกลั่นเอาน้ำทุเรียน (distillate) จากเนื้อแล้วใช้สารต่าง ๆ ดูด คือ mercuric chloride จะแยกกลิ่น onion ได้ทันทีแต่ก็มีกลิ่น fruity เหลืออยู่ ถ้าใช้กรดและด่างจะแยกกลิ่น fruity ได้ช้า ๆ แต่สาร hydroxylamine ใน alkaline solution แยกกลิ่น fruity ได้ทันที และยังพบว่าทุเรียนจากสิงคโปร์นั้นกลิ่น onion-like ประกอบด้วย diethyl thioether เป็นส่วนใหญ่ dimethyl thioether และ thiol เป็นส่วนน้อย ขณะเดียวกันทุเรียนจากมาเลเซียจะมี thiol เป็นส่วนใหญ่

Moser et al, 1980 ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบของกลิ่นและ fatty acid ของไขมันในทุเรียน พบว่ากลิ่นของทุเรียนเป็นกลิ่นผสมซึ่งประกอบด้วยกลิ่นของ hydrogen sulfide, ethyl hydrodisulfide และ dialkyl polysulfides หลายชนิด โดยเฉพาะพวก $(C_2H_5)_2S_n$ เมื่อ n=2 หรือ 3 และยังมีกลิ่นของ ethyl acetate, 1,1-diethoxyethane และ ethyl 2-methylbutanoate ส่วน fatty acid ของ lipids ใน pericarp, pulp และ seed จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูกาลเก็บเกี่ยว ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญคือ oleic และ palmitic acid หรือ arachidic acid

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 3

# ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

## 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 ศึกษาวิธีและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดสารจากเห็ดฟาง

3.1.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง

3.1.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางกับสารดูดกลิ่นที่มาจากเห็ดแชมปิญองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (แชมแพกซ์)

3.1.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์

3.1.5 ศึกษาเอกลักษณ์ของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์

## 3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

3.2.1 วัตถุดิบ

เห็ดฟางที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

<u>รูปที่ 3.1</u> ลักษณะของเห็ดฟาง

สารสกัดจากเห็ดแชมปิญองยี่ห้อแชมแพกซ์

รูปที่ 3.2 แชมแพกซ์

3.2.2 สารเคมี

| ลำดับ | สารเคมี | คุณภาพ |
|---|---|---|
| 1 | ethanol 99.8% ($C_2H_5OH$) | A.R. |
| 2. | ammonia solution 30% ($NH_4OH$) | A.R. |
| 3. | กลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ | - |
| 4. | citric acid | A.R. |
| 5. | boric acid | A.R. |
| 6. | mix indicator ซึ่งประกอบไปด้วย | |
| | 6.1 methyl red | A.R. |
| | 6.2 bromocresol green | A.R. |
| 7. | Sulfuric acid 95-97%($H_2SO_4$) | A.R. |
| 8. | Hexane | A.R. |
| 9. | Diethyl sulfide | A.R. |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย

| ลำดับ | เครื่องมือ | ยี่ห้อ : รุ่น |
|---|---|---|
| 1 | Rotary vacuum evaporator | Biuchi |
| 2 | Centrifuge | IEC clinical |
| 3 | Water bath | Memmert |
| 4 | freeze dry | Labconco |
| 5 | Oven | Memmert : Model 500 |
| 6 | Kjeldahl digestion/distillation | Foss : 2020 |
| 7 | Muffle furnace | Vulcan : 3-1750 |
| 8 | GC-MS | Fisons : Trio 2000 |

## 3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ได้เลือกค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

| ลำดับ | ปัจจัยต่าง ๆ | ชนิด/ช่วงที่ทำการศึกษา |
|---|---|---|
| 1 | ตัวทำละลาย | 30%เอทานอล, 0.5%สารละลายกรดซิตริก |
| 2 | อุณหภูมิ | 60-90 องศาเซลเซียส |
| 3 | เวลา | 2-6 ชั่วโมง |
| 4 | กลิ่น | แอมโมเนีย, ทุเรียนสังเคราะห์ |
| 5 | เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดกลิ่น | เห็ดฟาง, เห็ดแชมปิญอง |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.1 การสกัดสารจากเห็ดฟาง

ขั้นตอนโดยทั่วไปในการสกัดสารจากเห็ดฟาง ดัดแปลงตามวิธีของ Sadami และคณะ (1998) มีดังนี้

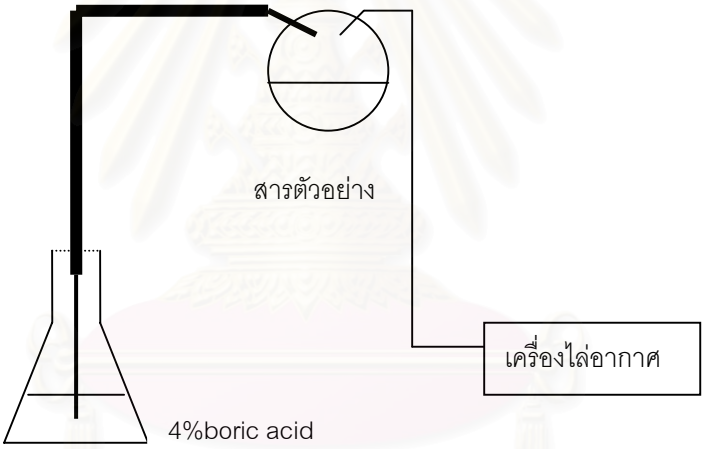
<u>รูปที่ 3.3</u> การสกัดสารจากเห็ดฟาง

3.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง

3.4.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียโดยวิธีการไล่อากาศ

3.4.2.1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการวัดกลิ่นแอมโมเนีย

นำสารสกัดจากเห็ดฟางมา 50 ml ใส่สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 6 M ลงไป 1 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปต่อกับเครื่องไล่อากาศและปลายอีกข้างจุ่มอยู่ใน 4% กรดบอริก ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งจะไล่ก๊าซแอมโมเนียที่ไม่ได้ถูกดูดไว้ในสารสกัดออกไป โดยก๊าซแอมโมเนียนี้จะถูกจับไว้ด้วย 4% กรดบอริก ทำการจับเวลาที่ใช้ในการไล่ก๊าซแอมโมเนียตั้งแต่ 1-5 ชั่วโมง และหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียโดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N โดยใช้ mix indicator คำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนีย และทำการเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมซึ่งสามารถไล่ก๊าซแอมโมเนียออกไปได้หมด




รูปที่ 3.4 ลักษณะอุปกรณ์ในการวัดก๊าซแอมโมเนีย

3.4.2.1.2 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดกลิ่นแอมโมเนียของสารสกัดจากเห็ดฟาง

นำสารสกัดจากเห็ดฟางมา 50 ml ใส่สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 6 M ลงไป 1 ml เขย่าให้เข้ากันและใช้อากาศไล่ก๊าซแอมโมเนียที่ไม่ได้ถูกดูดไว้ในสารสกัดออกไป โดยก๊าซแอมโมเนียนี้จะถูกจับไว้ด้วย 4% กรดบอริก ทำการจับเวลาตามผลของข้อ 3.4.2.1.1 และหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียโดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N โดยใช้อินดิเคเตอร์ผสมและคำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนีย

3.4.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์โดยใช้วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี

3.4.2.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

นำกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิก GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

3.4.2.2.2 ศึกษาปริมาณกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ที่เหมาะสม

นำแซมแพกซ์ที่สกัดโดยใช้ ethanol มา 10 mg เติมน้ำลงไป 3 ml ใส่ในขวดแก้วขนาด 25 ml ปิดจุกให้สนิท และฉีดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ลงไป 1, 5, 10 และ 20 µl เขย่าและใช้ syring ดูดอากาศที่อยู่ในขวดทันที 3 ml แล้วฉีดเข้าเครื่อง GC-MS เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ที่เหมาะสม

3.4.2.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดกลิ่นทุเรียนของสารสกัดจากเห็ดฟาง

นำสารสกัดจากเห็ดฟางมา 10 และ 20 mg เติมน้ำลงไป 3 ml ใส่ในขวดแก้วขนาด 25 ml ปิดจุกให้สนิท ฉีดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ลงไปปริมาณตามผลที่ได้จากข้อ 3.4.2.2.2 และใส่ diethyl sulfide ซึ่งเป็น Internal standard เข้มข้น 3.4 µM ลงไป 10 µl เขย่าและใช้ syring ดูดอากาศที่อยู่ในขวดมา 3 ml หลังจากทิ้งไว้ 10 และ 40 นาที แล้วฉีดเข้าเครื่อง GC-MS และพิจารณาปริมาณกลิ่นทุเรียนโดยอินทิเกรตจากพื้นที่ใต้พีก และทำ blank คือน้ำกลั่น 3 ml

<u>การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph – Mass Spectrometer</u>

สำหรับการวิเคราะห์กลิ่นทุเรียน โดยใช้

Column : DB-5MS
25 m × 0.2 mm I.D., 0.33 µm

Carrier flow rate : Helium at 24 cm/sec

เลือกและตั้งสภาวะโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ดังนี้

Oven : 45 °C for 1 min
45-200 °C at 10 °C/min
200 °C for 2 min

Injection : Spiltless

Detector : MS

GC Interface : 220

MS source temp : 180

Volume of sample injected : 3 ml

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางกับสารดูดกลิ่นที่มาจากเห็ดแชมปิญองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (แชมแพกซ์)

3.4.3.1 นำสารดูดกลิ่นที่สกัดมาจากเห็ดแชมปิญองมาดูดกลิ่นแอมโมเนีย ตามวิธีในข้อ 3.4.2.1.2 และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นกับสารสกัดจากเห็ดฟาง

3.4.3.2 นำสารดูดกลิ่นที่สกัดมาจากเห็ดแชมปิญองมาดูดกลิ่นทุเรียน ตามวิธีในข้อ 3.4.2.2.3 และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นกับสารสกัดจากเห็ดฟาง

3.4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์

- ความชื้น วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก.1)
- โปรตีน วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก.2)
- ไขมัน วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก.3)
- เส้นใย วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก.4)
- เถ้า วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (ภาคผนวก ก.5)
- คาร์โบไฮเดรต ได้จากการคำนวณผลต่างขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดกับผลรวมของปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าที่วิเคราะห์ได้

3.4.5 ศึกษาเอกลักษณ์ของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์

นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatograph) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้

column : C-18

mobile phase : 10% methanol

หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่มีอยู่ในตัวอย่างด้วยเทคนิก Gel electrophoresis

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

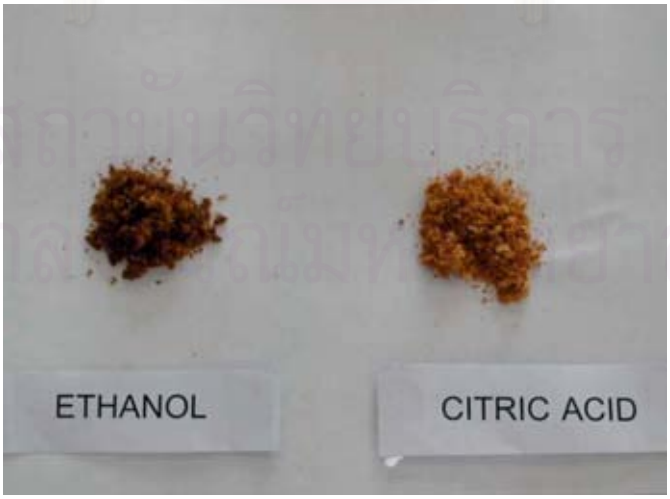
# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 ผลการสกัดสารจากเห็ดฟาง

ลักษณะสารตัวอย่างที่ได้จากการสกัดเห็ดฟางมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด และเป็นสีเหลืองเมื่อใช้สารละลายกรดซิตริกในการสกัด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และเมื่อนำไป freeze dry จะมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลโดยสารสกัดจากเอทานอลจะมีสีน้ำตาลที่เข้มกว่าสารที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 ลักษณะของสารสกัดที่ได้จากเห็ดฟาง (ของเหลว)




รูปที่ 4.2 ลักษณะของสารสกัดที่ได้จากเห็ดฟาง (ผง)

จากรูปจะพบว่าสารสกัดจะมีสีน้ำตาลเนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymatic browning) ซึ่งปฏิกิริยาชนิดนี้พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิดรวมทั้งเห็ดด้วย เมื่อเราหั่น ปอก หรือแช่แข็ง จะทำให้ส่วนของเนื้อเยื่อถูกกับอากาศและย่อยสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compounds) เกิดเป็นสารประกอบพวกเมลานิน (melanin) ซึ่งมีสีน้ำตาล โดยใช้เอนไซม์ phenolase ในสารสกัดที่ใช้เอทานอลจึงเกิดเป็นสีน้ำตาลเข้มเกิดขึ้น ส่วนสารสกัดที่ใช้สารละลายกรดซิตริกจะยังคงมีสีเหลืองอยู่เพราะกรดซิตริกช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้แต่ไม่มาก ถ้าทิ้งสารสกัด (ของเหลว) ไว้นานขึ้นสีของสารสกัดก็จะเข้มขึ้นแต่ยังไม่เท่ากับที่ใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด

เปอร์เซนต์ผลผลิตของสารสกัดแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซนต์ผลผลิตของสารสกัดจากเห็ดฟาง

| อุณหภูมิที่ใช้สกัด (°C) | เปอร์เซนต์ ผลผลิต | |
|---|---|---|
| | 30%เอทานอล | 0.5%กรดซิตริก |
| 60 | $2.6^{a} \pm 0.1$ | $3.7^{b} \pm 0.2$ |
| 70 | $3.1^{a} \pm 0.1$ | $3.2^{b} \pm 0.1$ |
| 80 | $3.0^{a} \pm 0.2$ | $3.7^{b} \pm 0.1$ |
| 90 | $3.0^{a} \pm 0.2$ | $3.2^{b} \pm 0.0$ |

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซนต์ผลผลิตของสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายจะได้ปริมาณของสารสกัดมากกว่าที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อาจเกิดจากสารตัวอย่างที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีการนำสารตัวอย่างไประเหยเอทานอลออกไปก่อน ด้วยวิธี evaporation แต่สารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายนั้น นำไป freeze dry เลย ทำให้ปริมาณของสารสกัดมีส่วนของกรดซิตริกปนอยู่ในตัวอย่างที่แห้งด้วย น้ำหนักของตัวอย่างจึงมากกว่าสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

และจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังแสดงในภาคผนวก ง.1 พบว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์ผลผลิต โดย 0.5%สารละลายกรดซิตริกจะให้เปอร์เซนต์ผลผลิตที่มากกว่าจริง และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิจะไม่มีผลต่อเปอร์เซนต์ผลผลิตในแต่ละตัวทำละลายและเมื่อเปรียบเทียบแต่ละอุณหภูมิของตัวทำละลายแต่ละชนิด โดยใช้ LSD

จะพบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะให้เปอร์เซนต์ผลผลิตที่น้อยที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายจะให้เปอร์เซนต์ผลผลิตมากที่สุด

## 4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง

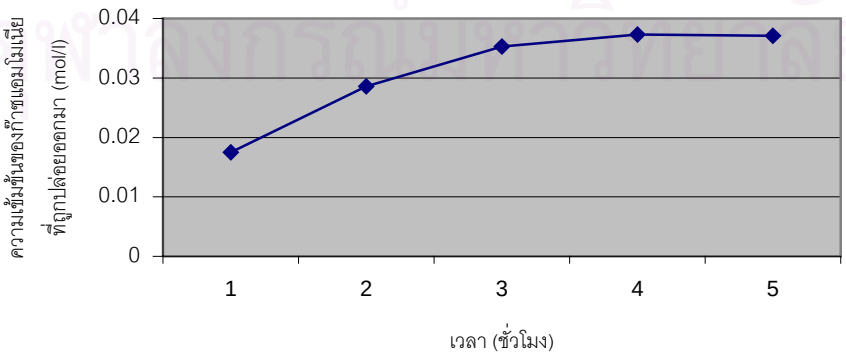
4.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียของสารสกัดจากเห็ดฟาง

4.2.1.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสม

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการไล่อากาศที่มีผลต่อการไล่ก๊าซแอมโมเนียที่ไม่ได้ถูกดูดซับไว้ในสารสกัดจากเห็ดฟางออกมาให้หมด โดยในการทดลองใช้เห็ดฟางที่ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเวลา 2 ชั่วโมงโดยใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริก เป็นตัวทำละลาย ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซแอมโมเนียที่ใส่ในสารสกัด คือ 0.1176 M และได้ทำการวัดปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ไม่ได้ถูกจับไว้ในสารสกัด ได้ผลดังตารางที่ 4.2 และเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการวัดก๊าซแอมโมเนีย

| เวลา (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียที่ถูกปล่อยออกมา (mol/l) |
|---|---|
| 1 | 0.0175 |
| 2 | 0.0286 |
| 3 | 0.0353 |
| 4 | 0.0373 |
| 5 | 0.0371 |




รูปที่ 4.3 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียที่ถูกปล่อยออกมา

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาที่ 1 และ 2 ชั่วโมง ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียที่ถูกไล่ออกมาจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูง แต่เมื่อเวลาที่ 3 ชั่วโมง ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อเวลาที่ 4 ชั่วโมง ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียที่พบสูงที่สุดและเริ่มคงที่ แสดงว่า อากาศได้ไล่ก๊าซแอมโมเนียที่ไม่ได้ถูกดูดไว้ในสารสกัดออกมาหมดแล้วที่เวลา 4 ชั่วโมง จึงได้เลือกระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการวัดกลิ่นแอมโมเนียที่ 4 ชั่วโมง

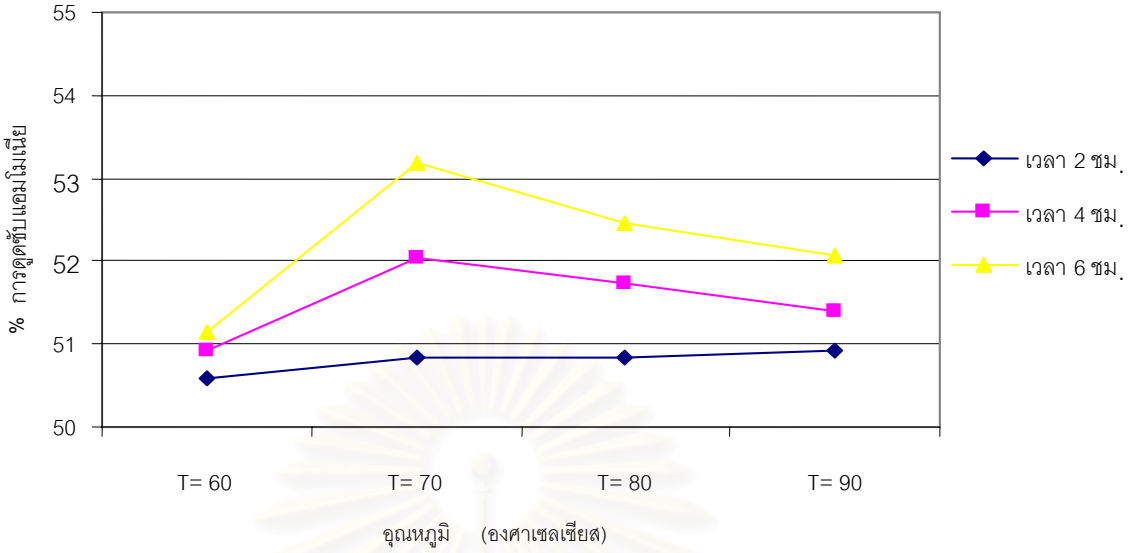
4.2.1.2 ผลการดูดกลิ่นแอมโมเนียของสารสกัดจากเห็ดฟาง

4.2.1.2.1 ใช้สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายมา 50 ml มาดูดก๊าซแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1176 M (เตรียม $NH_3$ 6 M มา 1 ml) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งสารสกัดมีค่า pH ~ 6.7 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 และ 4.5

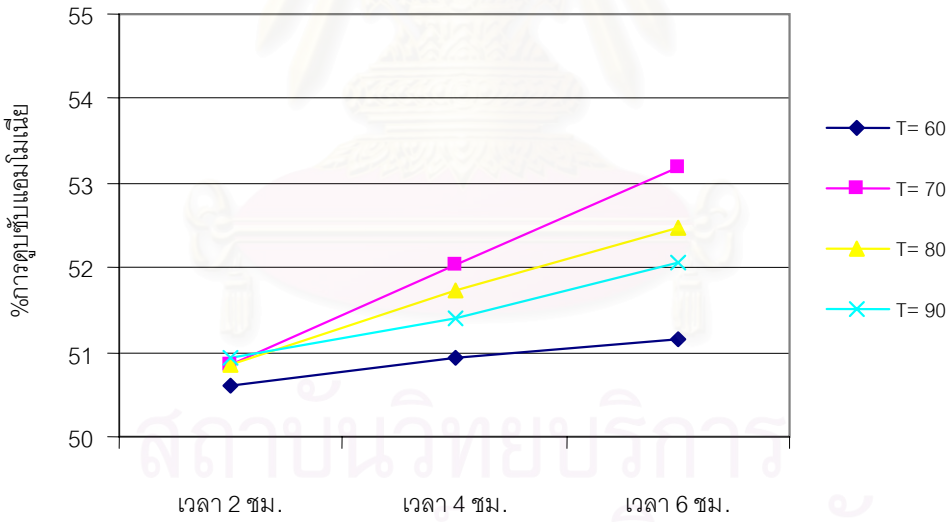
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียของสารสกัดที่ใช้ 30% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (ชั่วโมง) | %การดูดซับของทั้งหมด | %การดูดซับของสารสกัด |
|---|---|---|---|
| 60 | 2 | $50.6^{a}$ ±1.3 | 20.7 |
| | 4 | $50.9^{ab}$ ± 0.5 | 21.0 |
| | 6 | $51.5^{b}$ ± 0.9 | 21.3 |
| 70 | 2 | $50.9^{a}$ ± 0.6 | 21.0 |
| | 4 | $52.0^{ab}$ ± 1.1 | 22.1 |
| | 6 | $53.2^{b}$ ± 2.0 | 23.3 |
| 80 | 2 | $50.9^{a}$ ± 0.4 | 21.5 |
| | 4 | $51.7^{ab}$ ± 1.3 | 21.9 |
| | 6 | $52.4^{b}$ ± 0.4 | 22.6 |
| 90 | 2 | $50.9^{a}$ ± 1.1 | 21.1 |
| | 4 | $51.4^{ab}$ ± 1.5 | 21.6 |
| | 6 | $52.0^{b}$ ± 0.2 | 22.2 |

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)




รูปที่ 4.4 ผลของเปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามอุณหภูมิ




รูปที่ 4.5 ผลของเปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองที่ได้ของสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่าเปอร์เซนต์การดูดซับที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะสูงกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสในทุก ๆ เวลาที่ทำการทดลอง แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สามารถสกัดสารจากเห็ดฟางออกมาได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เปอร์เซนต์การดูดซับมากกว่าแต่ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เปอร์เซนต์การดูดซับจะค่อย ๆ ลดต่ำลงแต่ยังคงมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะในการสกัดไม่เหมาะสมคือในการทดลองใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด ซึ่งจุดเดือดของเอทานอลคือ 78 องศาเซลเซียส เมื่อเราให้ความร้อนที่มากกว่าจุดเดือดของเอทานอลคือ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ทำให้เอทานอลระเหยออกไปในระหว่างทำการสกัดมีผลทำให้เอทานอลที่ใช้ในการสกัดเหลือปริมาณน้อยลง จึงทำการสกัดได้ไม่ดีพอ สารที่ออกมาจากเห็ดที่ใช้ในการดูดซับมีปริมาณน้อยลง ทำให้เปอร์เซนต์การดูดซับลดต่ำลง ส่วนเวลาที่ใช้ในการสกัดพบว่ายิ่งใช้เวลาในการสกัดมากทำให้เปอร์เซนต์การดูดซับดีขึ้น แสดงว่าสามารถสกัดสารที่มีผลต่อการดูดซับออกมาได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังแสดงในภาคผนวก ง.2 พบว่าอุณหภูมิในการสกัดไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ เพราะฉะนั้นสภาวะที่ใช้ในการสกัดจะใช้ที่อุณหภูมิใดก็ได้ตั้งแต่ 60-90 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบผลของเวลาที่สภาวะต่าง ๆ พบว่าเวลาก็มีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ โดยเวลาในการสกัดที่ 2 และ 6 ชั่วโมง จะมีความแตกต่างกันจริง แต่ที่ 4 ชั่วโมงจะไม่มีความแตกต่างกันกับทั้ง 2 และ 6 ชั่วโมง แสดงว่าเวลาที่ 6 ชั่วโมงจะมีเปอร์เซนต์การดูดซับที่ดีที่สุด และที่ 2 ชั่วโมงจะมีเปอร์เซนต์การดูดซับที่น้อยที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2.2 ใช้สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายมา 50 ml มาดูดก๊าซแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1176 M (เตรียม $NH_3$ 6 M มา 1 ml) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งสารสกัดมีค่า pH ~ 5.0 ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.6 และ 4.7

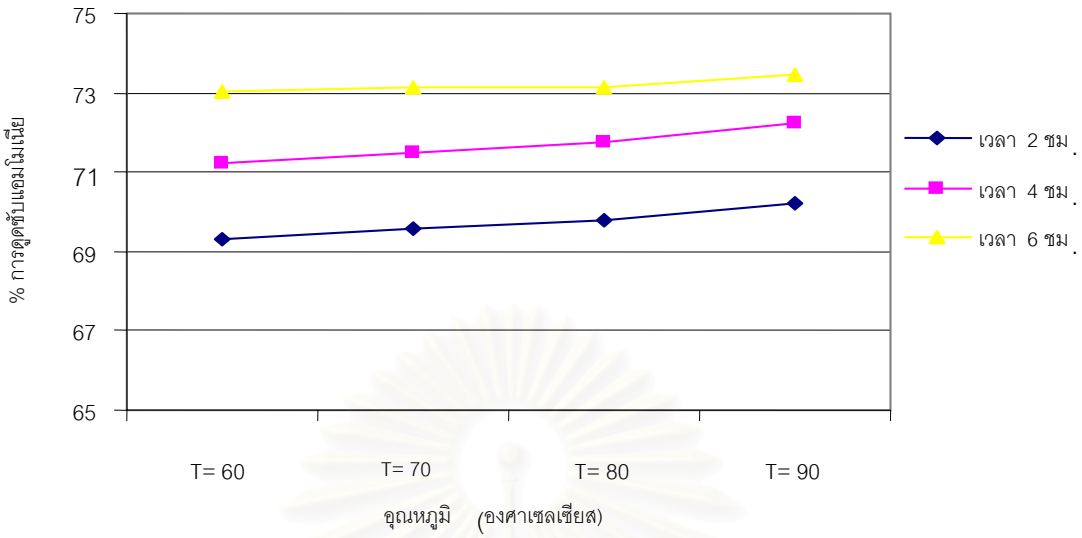
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียของสารสกัดที่ใช้ 0.5% สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (ชั่วโมง) | %การดูดซับของทั้งหมด | %การดูดซับของสารสกัด |
|---|---|---|---|
| 60 | 2 | $69.3^{a} \pm 1.4$ | - |
| | 4 | $71.2^{b} \pm 0.7$ | 1.6 |
| | 6 | $73.0^{c} \pm 0.6$ | 3.4 |
| 70 | 2 | $69.6^{a} \pm 0.6$ | - |
| | 4 | $71.5^{b} \pm 1.9$ | 1.8 |
| | 6 | $73.1^{c} \pm 0.3$ | 3.4 |
| 80 | 2 | $69.8^{a} \pm 1.2$ | - |
| | 4 | $71.7^{b} \pm 2.2$ | 2.1 |
| | 6 | $73.1^{c} \pm 0.7$ | 3.5 |
| 90 | 2 | $70.2^{a} \pm 0.5$ | 0.5 |
| | 4 | $72.2^{b} \pm 0.3$ | 2.6 |
| | 6 | $73.5^{c} \pm 1.2$ | 3.8 |

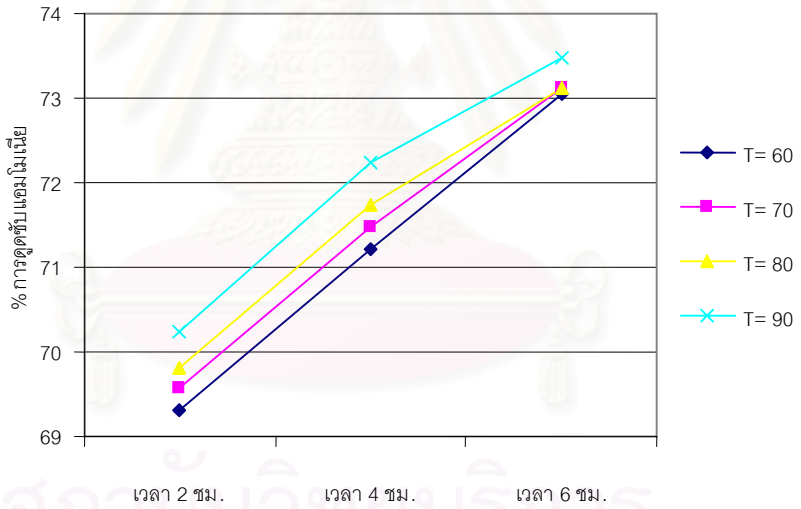
a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- : ไม่สามารถดูดซับกลิ่นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4.6 ผลของเปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามอุณหภูมิ




รูปที่ 4.7 ผลของเปอร์เซนต์การดูดซับแอมโมเนียเมื่อแปรผันตามเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองที่ได้ของสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย พบว่า เปอร์เซนต์การดูดซับจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นในทุก ๆ เวลาที่ทำการทดลอง แสดงว่ายิ่งอุณหภูมิสูง (ความร้อน) จะช่วยทำให้กรดซิตริกซึ่งเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารออกมากจากเห็ดฟางได้มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เปอร์เซนต์การดูดซับสูงขึ้นไปด้วย ส่วนเวลาที่ใช้ในการสกัดพบว่ายิ่งใช้เวลาในการสกัดมากทำให้เปอร์เซนต์การดูดซับดีขึ้น แสดงว่าสามารถสกัดสารที่มีผลต่อการดูดซับออกมาได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังแสดงในภาคผนวก ง.3 พบว่าเวลามีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ โดยที่เวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมงจะมีความแตกต่างกันจริง แสดงว่าที่เวลา 6 ชั่วโมง จะมีเปอร์เซนต์การดูดซับที่ดีที่สุด และที่เวลา 2 ชั่วโมง จะมีเปอร์เซนต์การดูดซับที่น้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่สภาวะต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ เพราะฉะนั้นสภาวะที่ใช้ในการสกัดที่เวลา 6 ชั่วโมง จะให้ผลของเปอร์เซนต์ของการดูดซับที่ดีที่สุดไม่ว่าจะใช้อุณหภูมิใดก็ตาม

4.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ของสารสกัดจากเห็ดฟาง

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

จากการวิเคราะห์กลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS จะได้โครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัม จากการเปรียบเทียบกับข้อมูลแมสสเปกตรัมมาตรฐาน สามารถระบุสารและสูตรโครงสร้างที่อาจเป็นไปได้ขององค์ประกอบแต่ละชนิด ดังแสดงในรายละเอียดในตารางที่ 4.5

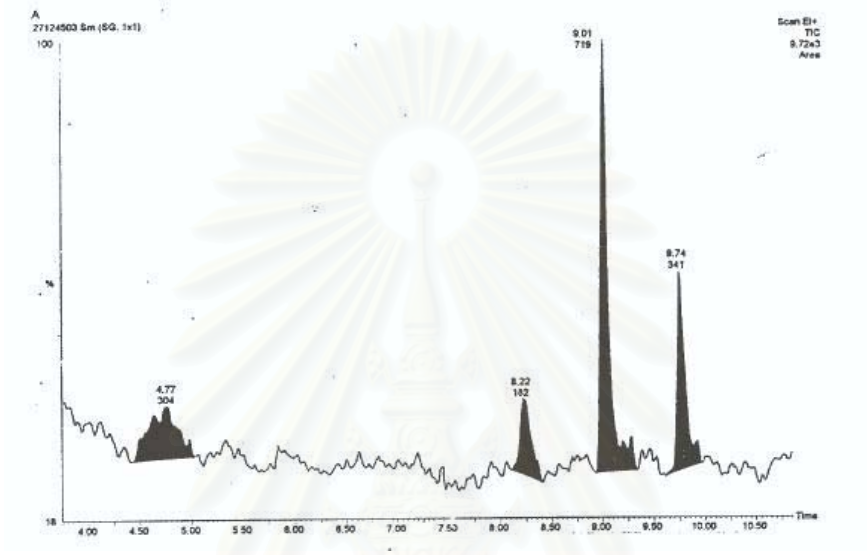
ตารางที่ 4.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

| สูตร | น้ำหนักโมเลกุล | สารที่อาจเป็นไปได้ |
|---|---|---|
| $C_7H_{14}O_2$ | 130 | Butanoic acid,1-Methyl ethyl ester |
| $C_6H_{14}S_2$ | 150 | Disulfide, bis(1-methylethyl) |
| $C_6H_{14}S_2$ | 150 | Disulfide, bis(1-methylethyl) |
| $C_6H_{14}S_2$ | 150 | Disulfide, dipropyl |

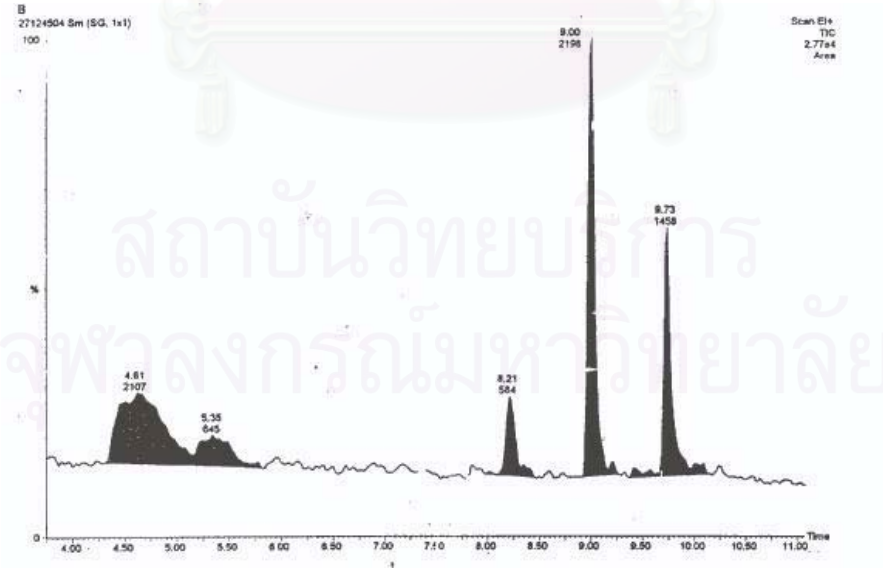
สำหรับแก๊สโครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัม แสดงไว้ภาคผนวก ข.

4.2.2.2 ผลการศึกษาปริมาณกลิ่นที่เหมาะสม

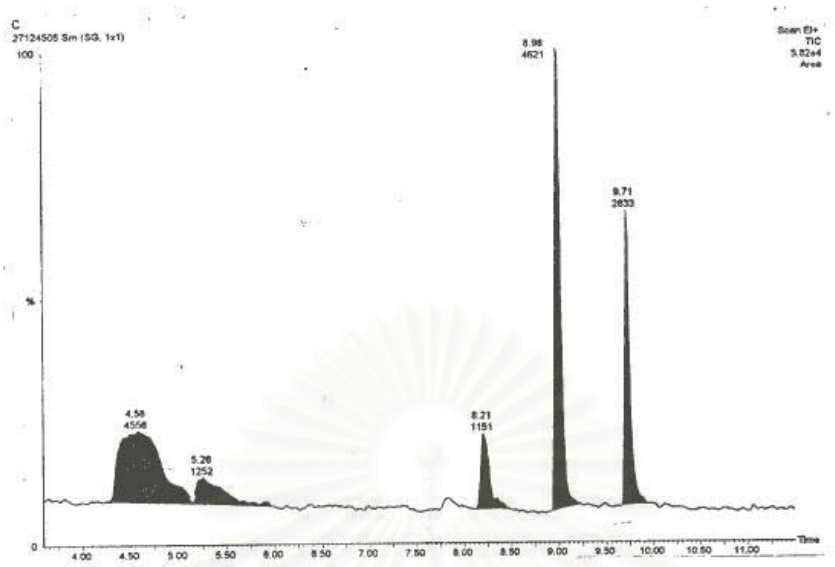
กลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ที่เหมาะสมที่จะใส่ลงในสารสกัดและทำให้ได้โครมาโทแกรมที่มีพื้นที่ใต้พีกที่มากพอที่เครื่อง GC-MS จะสามารถอ่านได้ และลด base line ให้คงที่ ซึ่งปริมาณของกลิ่นจะต้องพอเหมาะที่สารสกัดจะสามารถดูดซับได้ด้วย ดังนั้นจึงทำการศึกษาปริมาณกลิ่นที่เหมาะสมที่แตกต่างกันคือ 1, 5, 10 และ 20 µl ต่อสารสกัด 10 mg ได้ผลดังรูปที่ 4.8-4.12



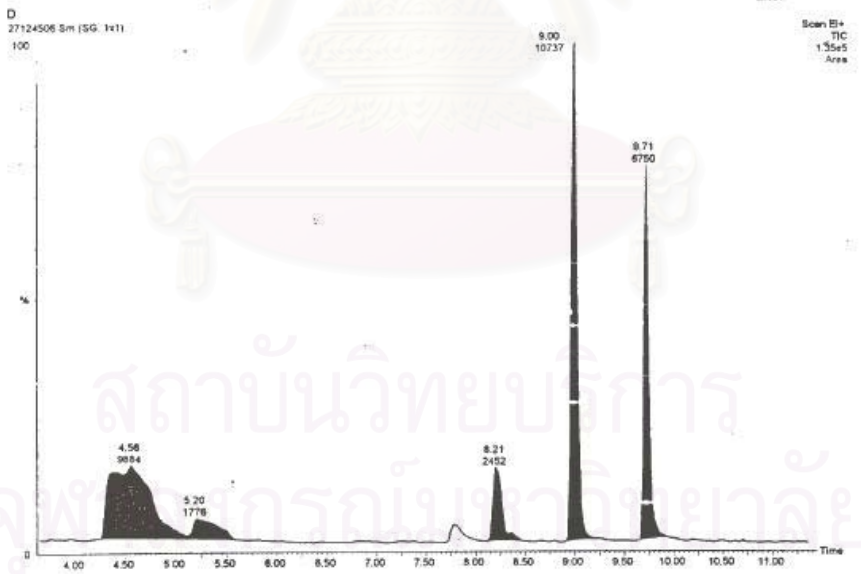

รูปที่ 4.8 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 1 µl ฉีดทันที



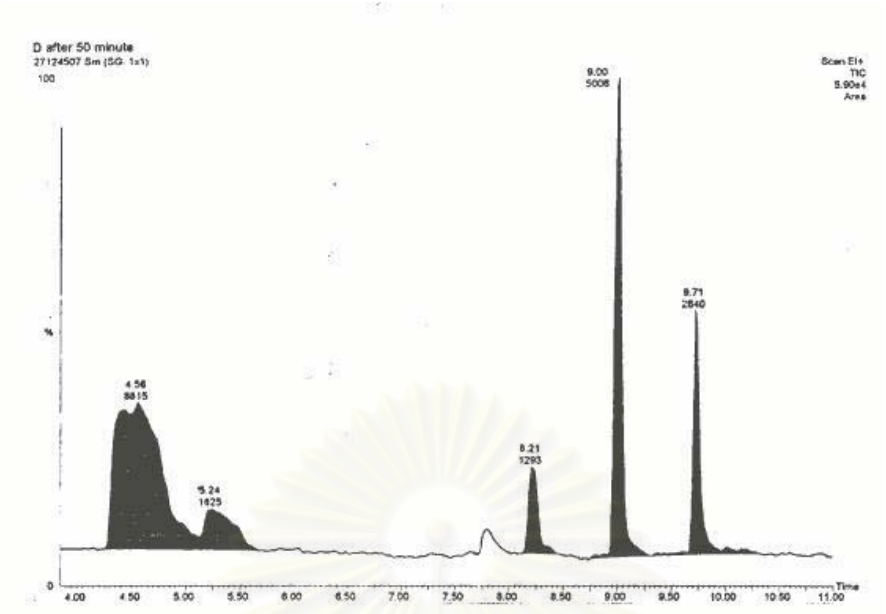

รูปที่ 4.9 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 5 µl ฉีดทันที




<u>รูปที่ 4.10</u> แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 10 µl ฉีดทันที




<u>รูปที่ 4.11</u> แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 20 µl ฉีดทันที




รูปที่ 4.12 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ 20 µl หลังจากทิ้งไว้ 50 นาที

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละโครมาโทแกรมจะพบว่า เมื่อเราเติมปริมาณกลิ่นที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้พื้นที่ใต้พีกของแต่ละพีกมีเพิ่มมากขึ้น แต่ที่รูป 4.8-4.10 base line ค่อนข้างไม่คงที่เพราะมีปริมาณของกลิ่นน้อยเกินไป เครื่องสามารถอ่านพื้นที่ใต้พีกได้แต่ค่อนข้างมีปริมาณน้อยเกินไป ซึ่งในการทดลองขั้นต่อไปเราต้องใช้ปริมาณสารสกัดที่มากกว่านี้และใช้เวลาในการดูดซับที่เพิ่มมากขึ้นอาจทำให้มองไม่เห็นพีกของสารบางชนิดได้หรืออินทิเกรตพื้นที่ใต้พีกไม่ได้ จึงเลือกปริมาณกลิ่นที่ 20 µl (รูปที่ 4.11) เพราะมีพื้นที่ใต้พีกค่อนข้างสูง ทำให้ base line คงที่ และเมื่อทดลองให้สารสกัด (D) ดูดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์เป็นเวลา 50 นาที พบว่าพื้นที่ใต้พีกลดลงเกินครึ่งหนึ่ง (ดังรูปที่ 4.12) และยังสามารถอ่านโครมาโทแกรมได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

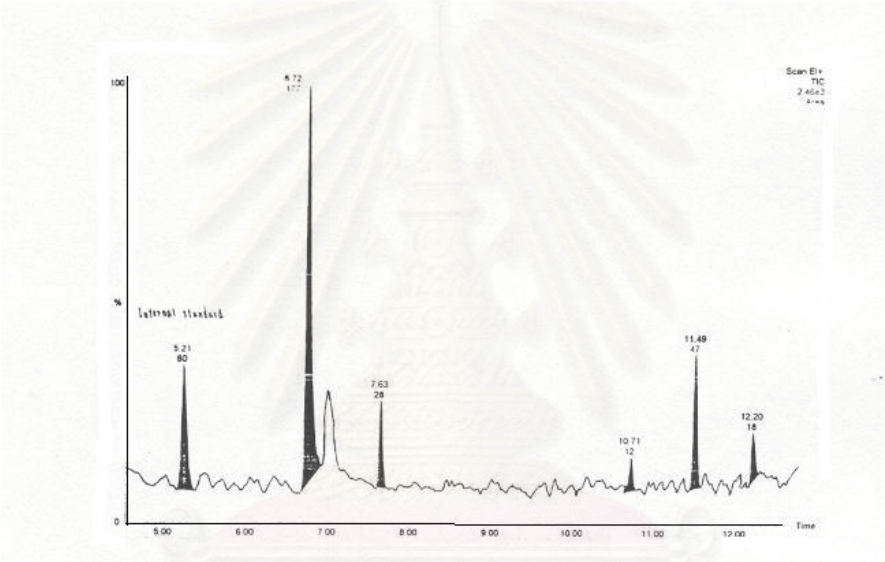
4.2.2.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดกลิ่นทุเรียนของสารสกัดจากเห็ดฟาง

จากการวิเคราะห์การดูดกลิ่นทุเรียน จะพบว่าตัวที่เราสนใจคือสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายชนิดต่าง ๆ ซึ่งพบในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ทั้งหมด 3 ชนิด ที่รีเทนชั่นไทม์แตกต่างกัน (ดังรูปที่ 4.13) โดย

-ซัลไฟด์ชนิดที่ 1 จะออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ 10.71 (พีกที่ 1) ซึ่งจะมีปริมาณน้อยที่สุด

-ซัลไฟด์ชนิดที่ 2 จะออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ 11.49 (พีกที่ 2) ซึ่งพีกสูงที่สุดและมีพื้นที่ใต้พีกมากที่สุด แสดงว่าซัลไฟด์ชนิดนี้เป็นซัลไฟด์ที่มีปริมาณมากที่สุดในกลิ่นทุเรียน

-ซัลไฟด์ชนิดที่ 3 จะออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ 12.20 (พีกที่ 3) จะมีปริมาณน้อยกว่าพีกที่ 2 แต่มากกว่าพีกที่ 1




รูปที่ 4.13 ลักษณะแก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS

ในการทดลองใช้เทคนิค Internal standardization ในการวิเคราะห์หาปริมาณ โดยเติม Internal standard ลงในสารละลายในปริมาณที่เท่ากัน โดยเลือก diethyl sulfide เป็น internal standard (โครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัมในภาคผนวก ค.) เนื่องมาจาก โครงสร้างมี sulfide ซึ่งเป็นสารที่คล้ายกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ และมี M.W = 90 ซึ่งต่ำกว่าซัลไฟด์ที่มีในกลิ่นทุเรียน (M.W=150) ทำให้พีกที่ได้ออกมาจากการวิเคราะห์ไม่ซ้อนกัน โดย internal standard จะออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ = 5.21 (รูปที่ 4.13) โดยจะออกมาเร็วกว่าซัลไฟด์ชนิดอื่น เพราะ diethyl sulfide มีมวลโมเลกุลต่ำกว่าจึงกลายเป็นไอได้เร็วกว่า และเมื่อได้ผลจากโครมาโทแกรมแล้วนำไปหาอัตราส่วนของพื้นที่พีกของสารตัวอย่างต่อพื้นที่พีกของ internal standard ต่อไป

ตัวอย่างของสารสกัดจากเห็ดฟางที่เรานำมาใช้ในการดูดกลิ่นทุเรียนนั้น เราเลือกสภาวะของสารสกัดที่ดูดก๊าซแอมโมเนียได้ดีที่สุดคือ สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายเลือกสภาวะอุณหภูมิ 70 °C เวลา 6 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายเลือกสภาวะอุณหภูมิ 90 °C เวลา 6 ชั่วโมง และนำมาแปรผันปริมาณเป็น 10 และ 20 mg เพื่อพิจารณาถึงความสามารถในการดูดซับก๊าซซัลไฟด์ชนิดต่าง ๆ ในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ ได้ผลเปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายจากกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซนต์การดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายชนิดต่าง ๆ จากกลิ่นทุเรียนโดยสารสกัดจากเห็ดฟาง

| ชนิดของสาร | เปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ | | |
|---|---|---|---|
| | พีกที่ 1 | พีกที่ 2 | พีกที่ 3 |
| สารสกัดเห็ดฟางด้วยเอทานอล 10 mg | 28.81 | 42.76 | 39.19 |
| สารสกัดเห็ดฟางด้วยเอทานอล 20 mg | 69.23 | 65.79 | 54.55 |
| สารสกัดเห็ดฟางด้วยสารละลายกรดซิตริก 10 mg | - | 27.19 | 27.35 |
| สารสกัดเห็ดฟางด้วยสารละลายกรดซิตริก 20 mg | - | 32.99 | 48.54 |

หมายเหตุ : - ไม่สามารถหาค่าได้

จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางที่สกัดโดยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด สามารถดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ได้ โดยสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายปริมาณ 10 mg ดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายพีกที่ 2 ได้มากที่สุด รองลงมาคือพีกที่ 3 และพีกที่ 1 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 mg สารสกัดก็สามารถดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้เพิ่มขึ้น โดยสารสกัดดูดซับซัลไฟด์พีกที่ 1 ได้เพิ่มขึ้นถึง 2.4 เท่าส่วนพีกที่ 2 และ 3 ได้ 1.5 และ 1.4 เท่าตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายนั้น เปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายจะต่ำกว่าที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 20 mg ความสามารถในการดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยพีกที่ 2 เพิ่มขึ้น 1.2 เท่า ส่วนในพีกที่ 3 เพิ่มขึ้น 1.8 เท่า ส่วนซัลไฟด์ในพีกที่ 1 ไม่สามารถหาค่าได้เพราะพีกต่ำมากจนใกล้เคียงกับ base line ไม่สามารถอินทิเกรตพื้นที่ใต้พีกได้จึงไม่สามารถบอกได้ว่ามีปริมาณเท่าใด

**4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางกับสารดูดกลิ่นที่มาจากเห็ดแชมปิญองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (แชมแพกซ์)**

4.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนีย

โดยในสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ได้ทำการเลือกสภาวะของสารสกัดที่สามารถดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีที่สุด (อุณหภูมิ 70 °C เวลา 6 ชั่วโมง) มาเปรียบเทียบ และเทียบกับ control คือน้ำกลั่น ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียที่ใช้ 30% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

| ชนิดตัวอย่าง | pH | สภาวะ | | % การดูดซับ |
|---|---|---|---|---|
| | | อุณหภูมิ (°C) | เวลา (ชั่วโมง) | |
| สารสกัดเห็ดฟาง | 6.70 | 70 | 6 | $53.2^{a} \pm 2.0$ |
| แชมแพกซ์ | 3.30 | 60 | 6 | $41.2^{b} \pm 3.9$ |
| Control (น้ำกลั่น) | 7.00 | - | - | $29.9^{c} \pm 0.6$ |

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายนั้น สารสกัดจากเห็ดฟางมีเปอร์เซนต์การดูดซับที่ดีที่สุดคือ 53.2 ± 2.0% ซึ่งมากกว่าแชมแพกซ์ โดยแชมแพกซ์มีเปอร์เซนต์การดูดซับคือ 41.2± 3.9% และเมื่อเปรียบเทียบกับ control คือน้ำกลั่นจะพบว่ากลิ่นแอมโมเนียสามารถละลายในน้ำได้ 29.9% ดังนั้นแสดงว่าสารสกัดจากเห็ดฟางสามารถดูดแอมโมเนียได้จริง 23.3% และแชมแพกซ์ดูดแอมโมเนียได้จริง 11.3% และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังแสดงในภาคผนวก ง.4 พบว่าสารสกัดจากเห็ดทั้งสองชนิดมีความสามารถในการดูดกลิ่นแอมโมเนียได้แตกต่างกัน โดยสารสกัดจากเห็ดฟางสามารถดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีว่าสารสกัดจากเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์)

และในสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย ได้ทำการเลือกสภาวะของสารสกัดที่สามารถดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีที่สุด (อุณหภูมิ 90 °C เวลา 6 ชั่วโมง) มาเปรียบเทียบ และเทียบกับ control คือสารละลายกรดซิตริก ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นแอมโมเนียที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย

| ชนิดตัวอย่าง | pH | สภาวะ | | % การดูดซับ |
|---|---|---|---|---|
| | | อุณหภูมิ (°C) | เวลา (ชั่วโมง) | |
| สารสกัดเห็ดฟาง | 5.00 | 90 | 6 | $73.5^{ab} \pm 1.2$ |
| แชมแพกซ์ | 3.20 | 80 | 2 | $73.6^{a} \pm 0.9$ |
| control (สารละลายกรดซิตริก) | 3.20 | - | - | $69.7^{b} \pm 0.2$ |

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายนั้นจะมีเปอร์เซนต์การดูดซับก๊าซแอมโมเนียค่อนข้างสูงถึง 70% ซึ่งมากกว่าที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เนื่องมาจากกรดซิตริกเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรดค่อนข้างสูง ซึ่งจะรวมตัวได้ดีกับแอมโมเนียซึ่งมีสภาพเป็นเบส จึงทำให้มีเปอร์เซนต์การดูดซับที่สูงกว่า และจากตารางที่ 4.8 พบว่าแชมแพกซ์มีเปอร์เซนต์การดูดซับที่มากที่สุดคือ 73.6 ± 0.9 % ซึ่งมากกว่าเห็ดฟางเพียงเล็กน้อย โดยเห็ดฟางมีเปอร์เซนต์การดูดซับคือ 73.5 ± 1.2 % และเมื่อเปรียบเทียบกับ control คือ สารละลายกรดซิตริก (pH= 3.2) พบว่า สารละลายกรดซิตริกสามารถจับก๊าซแอมโมเนียได้ 69.7 ± 0.2 % ซึ่งแตกต่างจากที่ใช้สารสกัดดูดซับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังแสดงในภาคผนวก ง.5 พบว่า สารสกัดจากเห็ดทั้งสองชนิดมีความสามารถในการดูดกลิ่นแอมโมเนียไม่แตกต่างกัน แต่แชมแพกซ์มีความสามารถในการดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีกว่าcontrol แสดงว่าสารในแชมแพกซ์มีผลต่อการดูดก๊าซแอมโมเนียร่วมกับกรดซิตริกแต่สารสกัดจากเห็ดฟางนั้นความสามารถในการดูดซับแอมโมเนียไม่ต่างจาก control ทั้งที่ค่าเปอร์เซนต์การดูดซับนั้นต่างกันเป็นเพราะค่า SD ของสารสกัดจากเห็ดฟางค่อนข้างสูง ทำให้เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติออกมาแล้วไม่แตกต่างกับ control แสดงว่าสารที่มีอยู่ในสารสกัดจากเห็ดฟางนั้นไม่มีผลต่อการดูดซับก๊าซแอมโมเนีย โดยสารที่ดูดก๊าซแอมโมเนียคือกรดซิตริกที่ละลายอยู่เพียงอย่างเดียว

4.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

โดยทำการเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายของสารสกัดจากเห็ดฟาง (ตารางที่ 4.6) กับเปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายของแชมแพกซ์ (ตารางที่ 4.9) และเทียบกับ control คือน้ำกลั่น

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายชนิดต่าง ๆ จากกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์โดยแชมแพกซ์

| ชนิดของสาร | เปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ | | |
|---|---|---|---|
| | พีกที่ 1 | พีกที่ 2 | พีกที่ 3 |
| แชมแพกซ์ด้วยเอทานอล 10 mg | 20.93 | 40.74 | 34.48 |
| แชมแพกซ์ด้วยเอทานอล 20 mg | 30.19 | 51.00 | 38.94 |
| แชมแพกซ์ด้วยสารละลายกรดซิตริก 10 mg | 26.67 | 42.25 | 32.33 |
| แชมแพกซ์ด้วยสารละลายกรดซิตริก 20 mg | 43.06 | 55.71 | 48.26 |
| control (น้ำกลั่น) | 12.40 | 6.53 | 9.70 |

จะพบว่าจากผลการทดลองแชมแพกซ์ที่สกัดโดย 30%เอทานอลจะมีเปอร์เซนต์การดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้ต่ำกว่าของสารสกัดจากเห็ดฟางในทุกพีก และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 mg ก็สามารถดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้เพิ่มขึ้น 1.4, 1.3 และ 1.1เท่าตามลำดับ แต่ก็ยังต่ำกว่าของสารสกัดจากเห็ดฟาง แต่ความสัมพันธ์ของการดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายเหมือนกันคือที่ 10 mg ดูดซับสารประกอบซัลไฟด์พีกที่ 2 มากที่สุด รองลงมาคือพีกที่ 3 และพีกที่ 1 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 mg พีกที่ 1 ดูดซับสารประกอบซัลไฟด์เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือพีกที่ 2 และ3 ซึ่งสอดคล้องกับสารสกัดจากเห็ดฟาง ส่วนของแชมแพกซ์ที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายนั้นพบว่าสามารถดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้ดีกว่าของสารสกัดจากเห็ดฟางในทุกพีก และเมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 20 mg ก็สามารถดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้เพิ่มขึ้น 1.6, 1.3 และ 1.5 เท่าตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสารสกัดจากเห็ดฟางเช่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับ control คือน้ำกลั่น จะพบว่าสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายสามารถละลายอยู่ในน้ำได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

**4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์)**

ในการทดลองได้ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีของสารสกัดแต่ละอุณหภูมิ โดยหาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

| ชนิดของสารตัวอย่าง | % moisture | % protein | % fat | % fiber | % ash | % carbohydrate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สารสกัดจากเห็ดฟาง | | | | | | |
| 30%เอทานอล | | | | | | |
| T = 60 °C | 5.9$^{a}$±0.01 | 33.9$^{a}$±0.30 | 0.3$^{a}$±0.01 | 0.2$^{a}$±0.01 | 18.2$^{a}$±0.13 | 41.6$^{a}$±0.19 |
| T = 70 °C | 6.6$^{b}$±0.02 | 26.9$^{b}$±0.04 | 0.8$^{db}$±0.01 | 0.1$^{a}$±0.00 | 19.1$^{b}$±0.01 | 46.6$^{b}$±0.06 |
| T = 80 °C | 6.7$^{b}$±0.01 | 27.7$^{bc}$±0.19 | 1.8$^{c}$±0.02 | 0.2$^{a}$±0.02 | 19.1$^{b}$±0.01 | 44.5$^{c}$±0.21 |
| T = 90 °C | 6.8$^{b}$±0.02 | 28.4$^{c}$±0.10 | 1.5$^{c}$±0.03 | 0.1$^{a}$±0.03 | 20.1$^{c}$±0.02 | 43.2$^{c}$±0.16 |
| 0.5%กรดซิตริก | | | | | | |
| T = 60 °C | 10.8$^{c}$±0.01 | 33.3$^{a}$±0.25 | 1.0$^{d}$±0.04 | 0.3$^{a}$±0.03 | 15.1$^{d}$±0.15 | 39.6$^{d}$±0.07 |
| T = 70 °C | 9.0$^{d}$±0.02 | 32.9$^{a}$±0.17 | 1.5$^{c}$±0.01 | 0.2$^{a}$±0.01 | 16.4$^{e}$±0.15 | 40.0$^{d}$±0.30 |
| T = 80 °C | 8.8$^{d}$±0.01 | 30.1$^{d}$±0.22 | 0.7$^{b}$±0.03 | 0.3$^{a}$±0.03 | 16.6$^{e}$±0.04 | 43.5$^{c}$±0.18 |
| T = 90 °C | 8.0$^{e}$±0.05 | 26.2$^{b}$±0.16 | 1.1$^{d}$±0.01 | 0.8$^{b}$±0.10 | 17.5$^{f}$±0.19 | 46.4$^{b}$±0.18 |
| สารสกัดแชมแพกซ์ | | | | | | |
| 30%เอทานอล | 7.4$^{f}$±0.16 | 1.7$^{e}$±0.37 | 4.8$^{e}$±0.20 | 13.0$^{c}$±0.17 | 1.7$^{g}$±0.16 | 71.6$^{e}$±0.32 |
| 0.5%กรดซิตริก | 11.6$^{g}$±0.15 | 3.5$^{f}$±0.13 | 0.8$^{db}$±0.02 | 0.1$^{a}$±0.02 | 5.2$^{h}$±0.23 | 78.8$^{f}$±0.56 |

a,b,c,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองเราจะพบว่าสารสกัดจากเห็ดฟาง (%โดยน้ำหนักแห้ง) โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีคาร์โบไฮเดรต 46-39% ส่วนแชมแพกซ์ซึ่งมาจากเห็ดแชมปิญองมีคาร์โบไฮเดรตสูงมากถึง 78-71% ซึ่งตามที่ Crisan and Sands, 1978 ได้รายงานว่าเห็ดฟางจะมีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 58.6% ส่วนเห็ดแชมปิญองมี 61.1% แต่ในการทดลองเราไม่ได้ใช้เห็ดฟางแห้งมาหา แต่นำสารซึ่งสกัดมาจากเห็ดดังนั้นคาร์โบไฮเดรตอาจลดน้อยลงไปจากเดิมได้ ส่วนแชมแพกซ์ที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่านั้นเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ได้ใส่เดกซ์ทรินลงไปเพื่อช่วยในการลดการจับน้ำในอากาศ ซึ่งเมื่อทดลองนำแชมแพกซ์และสารสกัดจากเห็ดฟางมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะพบว่าแชมแพกซ์แทบจะไม่ดูดความชื้นในอากาศเลยผลิตภัณฑ์ยังคงแห้งเป็นผง แต่สารสกัดจากเห็ดฟางจะมีลักษณะเริ่ม

เหนียวหนืดขึ้น เพราะจับน้ำในอากาศไว้ในตัวมันเอง เมื่อแชมแพกซ์มีส่วนผสมของเดกซ์ทรินปนอยู่ด้วยจึงมีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่วิเคราะห์ได้ค่อนข้างสูงตามไปด้วย

รองลงมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตแล้วจะเป็น ปริมาณโปรตีนซึ่งจะมีมากถึง 33-26% ในสารสกัดจากเห็ดฟาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีโปรตีนค่อนข้างสูงอยู่แล้ว รองลงมาคือ เถ้า 20-16%, ความชื้น 8-10% และมีปริมาณของ ไขมันและเส้นใยน้อยมาก ส่วนสารสกัดแชมแพกซ์พบว่ามีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในสารสกัดจากเห็ดฟางคือมีเพียง 3.5-1.6%

เมื่อพิจารณาถึงผลการทดลองจะพบว่าในการดูดซับก๊าซแอมโมเนียนั้น สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายนั้นสภาวะที่ดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ดีที่สุด คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดและที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายสภาวะที่ดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ดีที่สุด คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก็จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดประมาณ 46% ด้วยเช่นกัน และสารแชมแพกซ์ที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายก็มีความสามารถในการดูดซับก๊าซแอมโมเนียและสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายได้ดี ก็มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จึงเป็นไปได้ว่าสารที่เป็นตัวดูดจับกลิ่นคือสารพวกคาร์โบไฮเดรต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4.5 ผลการศึกษาเอกลักษณ์ของสารสกัดจากเห็ดฟางและเห็ดแชมปิญอง (แชมแพกซ์)

จากการวิเคราะห์สารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์ ด้วยเทคนิค HPLC (High Perfprmance Liquid Chromatography) ซึ่งใช้ 10% methanol เป็น mobile phase จะได้โครมาโทแกรมดังแสดงในภาคผนวก จ. ซึ่งสามารถระบุสารที่มีอยู่ในสารสกัดจากเห็ดฟางออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงสารที่มีอยู่ในสารสกัดโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC

| เห็ดฟาง+ethanol | | เห็ดฟาง+citric | | แชมแพกซ์+ethanol | | แชมแพกซ์+citric | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rt (min) | Conc (%) | Rt (min) | Conc (%) | Rt (min) | Conc (%) | Rt (min) | Conc (%) |
| 2.68 | 27.5 | 2.54 | 6.4 | 2.63 | 23.0 | 2.81 | 6.2 |
| 3.00 | 25.9 | 2.74 | 4.0 | 3.18 | 17.4 | 3.13 | 10.7 |
| 3.57 | 12.5 | 2.99 | 13.6 | 3.68 | 8.5 | 3.39 | 5.0 |
| 4.18 | 13.6 | 3.29 | 4.3 | 4.37 | 20.5 | 3.66 | 12.0 |
| 4.70 | 4.7 | 3.40 | 3.2 | 4.82 | 8.8 | 4.33 | 28.3 |
| 5.22 | 3.3 | 3.52 | 6.5 | 5.48 | 3.7 | 4.84 | 3.7 |
| 5.85 | 2.3 | 4.20 | 19.0 | 5.68 | 0.7 | 5.13 | 11.8 |
| 6.52 | 4.3 | 4.65 | 6.9 | 6.12 | 4.4 | 6.14 | 4.7 |
| 8.12 | 0.5 | 5.35 | 3.2 | 6.73 | 4.5 | 6.79 | 4.8 |
| 8.45 | 0.2 | 5.87 | 2.2 | 8.40 | 1.9 | 8.41 | 3.5 |
| 13.90 | 0.3 | 6.57 | 14.4 | 15.08 | 6.3 | 18.53 | 9.5 |
| 14.73 | 4.6 | 7.90 | 0.7 | Total | 100.0 | Total | 100.0 |
| Total | 100.0 | 8.40 | 1.6 | | | | |
| | | 15.42 | 13.9 | | | | |
| | | Total | 100.0 | | | | |

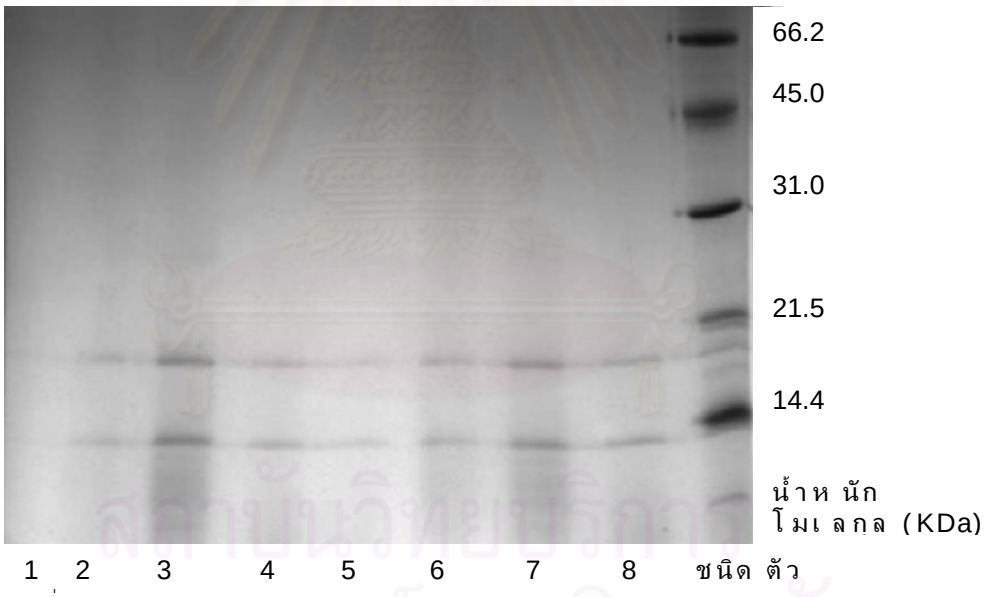
หมายเหตุ : ปริมาณสารสกัดที่ฉีดเข้า HPLC ของเห็ดฟางคือ 15 µl และแชมแพกซ์คือ 100 µl

Rt = Retention time

Conc = Concentation

จากตารางที่ 4.11 และรูปที่ภาคผนวก จ. จะพบว่า โครมาโทแกรมของสารสกัดทั้ง 4 ชนิดจะคล้ายคลึงกัน โดยมีพีกของสารชนิดต่าง ๆ ออกมาค่อนข้างมากในช่วงรีเทนชั่นไทม์ตั้งแต่ 2.50-8.45 หลังจากนั้นพีกจะหายไปและพบอีกครั้งที่รีเทนชั่นไทม์ประมาณ 15 และพื้นที่ใต้พีกจะพบมากที่สุดในพีกแรก ๆ แสดงว่าสารที่ออกที่รีเทนชั่นไทม์ประมาณ 2.50-5.00 มีปริมาณของสารสูงกว่าตัวอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของสารที่ฉีดเข้าไปใน HPLC พบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางใช้เพียง 15 μl ก็สามารถที่จะอ่านโครมาโทแกรมได้ แต่แชมแพกซ์ต้องใช้ปริมาณของสารถึง 100 μl ถึงจะสามารถอ่านโครมาโทแกรมได้ แสดงว่าปริมาณสารชนิดต่าง ๆ ที่มีในแชมแพกซ์มีปริมาณน้อยกว่าในสารสกัดจากเห็ดฟางค่อนข้างมาก แต่จากที่เราวิเคราะห์ด้วย HPLC บอกได้เพียงว่าสารสกัดทั้ง 4 ชนิดมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่คล้ายกันและมีปริมาณของสารแต่ละชนิดแตกต่างกันเท่านั้น แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าสารที่ออกมาที่รีเทนชั่นไทม์ต่าง ๆ เป็นสารชนิดใด

จากการวิเคราะห์สารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์ ด้วยเทคนิค SDS-PAGE Gel electrophoresis เพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่มีอยู่ในสารสกัดทั้ง 4 ชนิด ได้ผลดังรูปที่ 4.14




รูปที่ 4.14 ลักษณะ SDS-PAGE Gel electrophoresis ของสารสกัดทั้ง 4 ชนิด

หมายเหตุ :

1,5 = แชมแพกซ์ที่สกัดด้วย 30%เอทานอล

2,6 = แชมแพกซ์ที่สกัดด้วย 0.5%สารละลายกรดซิตริก

3,7 = สารสกัดเห็ดฟางที่สกัดด้วย 30%เอทานอล

4,8 = สารสกัดเห็ดฟางที่สกัดด้วย 0.5%สารละลายกรดซิตริก

จากรูปจะพบว่าสารสกัดทั้ง 4 ชนิดมีแถบขึ้นใน gel อยู่ 2 แถบ และขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันหมดแสดงว่าสารสกัดทั้ง 4 ชนิดนี้ประกอบไปด้วยโปรตีนอยู่ 2 ชนิดด้วยกันซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ที่ประมาณ 12, 18 KDa ซึ่งโปรตีนที่พบในสารสกัดทั้ง 4 ชนิดนี้น่าจะเป็นโปรตีนชนิดเดียวกันทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสารระงับกลิ่นจากเห็ดฟาง สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของสารสกัดที่ได้จากเห็ดฟางเป็นผงสีน้ำตาล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแชมแพกซ์จะพบว่ามีสีน้ำตาลที่เข้มกว่าแชมแพกซ์ เมื่อทำการคำนวณเปอร์เซนต์ผลผลิตที่สภาวะต่าง ๆ เปอร์เซนต์ผลผลิตของสารสกัดจะได้มากที่สุดคือ 3.7 ± 0.1% ที่ทำการสกัดที่สภาวะอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย

2. ประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟางนั้น พบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ค่อนข้างสูง โดยสภาวะในการสกัดอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง สามารถดูดกลิ่นแอมโมเนียได้มากที่สุด 73.5 ±1.2% ซึ่งสูงมากกว่าสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งสภาวะที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีที่สุด ที่สภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง สามารถดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ 53.2 ± 2.0% สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายนั้นดูดกลิ่นแอมโมเนียได้ดีเพราะกรดซิตริกเป็นกรดจะรวมตัวกับแอมโมเนียซึ่งเป็นด่างได้ดี ทำให้เปอร์เซนต์ดูดซับค่อนข้างสูง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่ว่าจะทำการสกัดที่อุณหภูมิใดก็ตามไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ แต่เวลาจะมีผลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับ คือเมื่อใช้เวลา 6 ชั่วโมงจะให้ผลของเปอร์เซนต์การดูดซับกลิ่นแอมโมเนียที่ดีที่สุด

ส่วนสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์นั้นพบว่า สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ดีกว่าสารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย โดยดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 30-42% แต่สารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 27% โดยใช้ปริมาณของสารสกัด 10 mg แต่ถ้าที่ปริมาณสารสกัด 20 mg พบว่าสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 54-69% ส่วนที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 30-51% แสดงว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดขึ้นจะสามารถดูดสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์ได้เพิ่มมากขึ้น

3. เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของสารสกัดจากเห็ดฟาง และแชมแพกซ์จะพบว่า

กลิ่นแอมโมเนีย - สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ 53.2 ±2.0% แต่แชมแพกซ์ดูดซับได้ 41.2 ± 3.9% ซึ่งพบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ดีกว่า เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ก็พบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ดีกว่าจริง

- สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย จะดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ 73.5 ±1.2% แต่แชมแพกซ์ดูดซับได้ 73.6 ± 0.9% ซึ่งพบว่าแชมแพกซ์ดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ดีกว่า เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ก็พบว่าแชมแพกซ์และสารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับก๊าซแอมโมเนียได้ไม่แตกต่างกัน

สารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายในกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

- ที่ปริมาณของสารสกัด 10 mg พบว่าสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30% เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 30-42% แชมแพกซ์ดูดซับได้ 20-40% และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 20 mg สารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 54-69% ส่วนแชมแพกซ์ดูดซับได้ 30-51% ซึ่งแสดงว่าสารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ดีกว่า

- ที่ปริมาณของสารสกัด 10 mg พบว่า สารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5% สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายจะดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 27% แชมแพกซ์ดูดซับได้ 27-42% และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 20 mg สารสกัดจากเห็ดฟางดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ 33-48% ส่วนแชมแพกซ์ดูดซับได้ 43-56% ซึ่งแสดงว่าแชมแพกซ์ดูดซับสารประกอบซัลไฟด์ที่กลายเป็นไอได้ง่ายได้ดีกว่า

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากเห็ดฟางและแชมแพกซ์พบว่า สารสกัดจากเห็ดฟางมี คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดคือ 39-46% รองลงมาคือ โปรตีน 26-33% เถ้า 15-20% ความชื้น 8-10% ไขมัน 0.3-1.8% และเส้นใย 0.09-0.83% ส่วนของแชมแพกซ์พบคาร์โบไฮเดรตสูงมากที่สุด 71-78% โปรตีน 1.6-3.5% เถ้า 1.68-5.2% ความชื้น 7.37-11.56% ไขมัน 0.7-4.7% และเส้นใย 0.1-13%

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากสรุปผลการทดลองเราจะ พบว่าสารสกัดที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลายนั้นได้เปอร์เซนต์การดูดซับกลิ่นที่ดีกว่าแซมแพกซ์ แต่สารสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายให้เปอร์เซนต์การดูดซับกลิ่นที่ต่ำกว่า แสดงว่าวิธีในการสกัดที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลายอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ควรมีการแปรผันค่า pH ที่ใช้ในการสกัดเพื่อหาสภาวะอื่นที่เหมาะสม

2. สารสกัดจากเห็ดฟางค่อนข้างดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อทิ้งไว้ในอากาศไม่นานจะเหนียวและเริ่มหนืด ดังนั้นถ้าจะทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ควรเติมสารที่ช่วยลดการดูดความชื้นในอากาศเข้าไปด้วย เพื่อให้สารสกัดมีอายุการเก็บได้นานและคงสภาพลักษณะเป็นผงที่แห้งได้ดีกว่าเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


จตุพล เจริญไพบูลย์ และนรภัทร ปีสิริกานต์. การพัฒนาตำรับไคโตแซนเจลระงับกลิ่นตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2541.

จำรูญศรี พุ่มเทียน. การวิเคราะห์เรสทริกชั่นแฟคเมนท์ดีเอ็นเอของสายใยเห็ดโคน เห็ดฟางและเห็ดลูกผสมจากการรวมเซลล์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ฒาลิศา ยุวอมรพิทักษ์ และเกศสุคนธ์ มณีวรรณ. รายงานการวิจัยเรื่องศึกษาอนุกรมวิธานและความหลากหลายของเห็ดกินได้บางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2541.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2544.

นิรันดร โพธิกานนท์. ก๊าซและมลภาวะกลิ่นในฟาร์มเลี้ยงสัตว์[Online]. (n.d.). Available from: http://www.thai.net/biogastech/pol_smell.html[2002, February 5]

นัทธีรา สรรมณี. เคมีสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาวิทยาสาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2541.

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รั้วเขียว, 2538.

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รั้วเขียว, 2538.

วุฒินันท์ คงทัด และสาริมา สุนทรารชุน. การพัฒนาเม็ดลูกอมเพื่อระงับกลิ่นปากจากใบฝรั่ง. กรุงเทพมหานคร: รายงานผลการวิจัย ทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

วัลลภ พิเชฐกุล. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในการผลิตเห็ดฟางเพื่อการค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการบัญชี บัณฑิตวิยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

สาทิส อินทรกำแหง. ปั้นชีวิตใหม่ด้วยชีวจิต. ไทยรัฐ (4 พฤศจิกายน 2544): 16.

สุนันท์ พงษ์สามารถ และคณะ. รายงานการวิจัยการสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด. ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง และอมรรัตน์ สวัสดิทัต. การกำจัดกลิ่นทุเรียนเพื่อการส่งออก. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายพัฒนาโครงการ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2521.

สุรพล รักปทุม. โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, 2543.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. เห็ดเมืองไทย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2541.

อานนท์ เอื้อตระดูล. การเพาะเห็ดฟาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: แสงทวีการพิมพ์, 2531.

**ภาษาอังกฤษ**

AOAC Official Methods of Analysis. Washington: The Association of Official Analytical Chemists, 2000.

Baldry, J.; Dougan, J.; and Howard, G.E. Volatile flavouring constituents of durian. Phytochemistry 11 (1972): 2081-2084.

Boelens, M.; van der Linde, L. M.; de Valois, P. J.; van Dort, H. M.; and Tankken, H. J. Organic sulfur compounds from fatty aldehydes, hydrogen sulfide, thiols and ammonia as flavor constituents. Journal of Agricultural and Food Chemistry 22 No.6 (1974): 1071-1076.

Burini, G.; Curini, M.; Marcotullic, MC.; and Policicichio, P. Determination of agaritine in Cultivated mushrooms using high performance liquid chromatography with fluorometric detection. Italian Journal of Food Science 11 No.1 (1999): 39-46.

Chemical Data Bank [Online]. (n.d.). Available from: http://msds.pcd.go.th [2002, February 5]

Crisan, E. V.; and Sands, A. Nutrition value: In the Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. New York: Academic Press, 1978.

Food and Agriculture Organization: Food composition table for use in East Asia. Rome,1972.

Hidenobu, S.; Sachiko, S.; and Yasue, S. Precolume *o*-Phthaladehyde Derivatization and Reversed-Phase Liquid Chromatography of *S*-Methylmethioninesulfonium in Satsuma Mandarin Juice. Journal of AOAC International 75 No.1 (1992): 77-79.

Hine, Me. Emissions of Biogenic Sulfur gases from Alaskan Tundra. Journal of Geophysical Research-Atmospheres 97 No.D15 (October 1992): 16703-16707.

Hwang, Y.; Matsuo, T.; Hanaki, K.; and Suzuki, N. Removal of Odorous Compounds in waste-water by using Activated Carbon, Ozonation and Aerated Biofilter. Water Research 28 No.11 (November 1994): 2309-2319.

Lin, G. S. F.; and Chang, S. T. In Tropical Mushroom Biological Nature and Cultivation Methods: Nutritive value of *Volvariella volvaceae*. HongKong: The Chinese University Press, 1982.

Moore, P.A.; Daniel, T.C.; Edwards, D.R.; and Miller, D.M. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. Journal of Environmental Quality 24 No.2 (March 1995): 293-300.

Moser, R.; Duvel, D.; and Greve, D. Volatile constituents and fatty acid composition of lipids in durian (*Durio zibethinus* Murr). Phytochemistry 19 (1980): 79-81.

Norton, C.F. Microbiology. Affison-wesley Publishing Company, 1981.

Raper, C.A. Sexuality and Breeding: In the Biology and cultivation of Edible Mushrooms. New York: Academic Press, 1978

Sadami, I.; Tadao, H.; Tadashi, I.; and Masao, I. Deodorizer. United States Patent 5804174. (September 1998).

Sato, H.; Hirose, T.; Kimura, T.; Moriyama, Y.; and Nakashima, Y. Analysis of malodorous volatile substances of human waste: Feces and Urine. Journal of Health Science 47 No.5 (October 2001): 483-490.

Sutton, A.L.; Kephart, K.B.; Verstegen, M.W.A.; Canh, T.T.; and Hobbs, P.J. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. Journal of Animal Science 77 No.2 (February 1999): 430-439.

Tatsuo, S. Efficacy of Champex on Severe Cases of Renal failure. Ricom corporation, 1998.

Thaiagro team[Online]. 2001. Available from: http://www.Thaiagro.com[2001, April 26]

Weenen, H.; Koolhaas, W.E.; and Apriyantono, A. Sulfur-containing volatiles of durian fruits (*Durio zibethinus Merr*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 44 No.10 (October 1996): 3291-3293.

Wong, K. C.; and Tie, D. Y. Volatile constituents of durian (*Durio zibethinus* Merr). Flavour and Fragrance Journal 10(1995): 79-83.

Yentongchai, W. Analysis of some Chlorinated Hydrocarbons in Water by Headspace Techique. Master's Thesis, Department of Chemistry, Graduate School, Chulalongkorn University, 1992.

# ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก.

## การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ตามวิธีของ AOAC, 2000

<u>อุปกรณ์</u>

ตู้อบลมร้อนของ Memmert รุ่น Model 500

<u>วิธีทดลอง</u>

2.1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบอุณหภูมิ 102±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้นจนกระทั่งภาชนะอุณหภูมิถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2.1.2 นำไปอบอีกครั้งจนผลต่างของน้ำหนักต่างกันไม่มากกว่า 0.001 กรัม

2.1.3 ชั่งตัวอย่างหนัก 3 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนในภาชนะสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

2.1.4 นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 102±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.1.5 นำออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถดูดความชื้นจนกระทั่งอุณหภูมิถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2.1.6 นำไปอบซ้ำอีกครั้งครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ ผลต่างของน้ำหนักไม่มากกว่า 0.001 กรัม และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

$$\% \text{ ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC, 2000

<u>อุปกรณ์</u>

Foss Kjeldahl digestion และ distillation

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1N
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40%
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4%
5. คะตะลิสท์ (ส่วนผสมของ $CuSO_4.5H_2O$ 0.5 กรัม และ anhydrous $Na_2SO_4$ 10 กรัม)
6. อินดิเคเตอร์ (สารละลายเมธิลเรดและสารละลายโบโมครีซอลกรีนในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในอัตราส่วน 1: 5)

<u>วิธีทดลอง</u>

2.2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมใส่ในขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask)

2.2.2 เติมสารเร่งปฏิกริยา $CuSO_4.5H_2O$ 0.5 กรัม และ anhydrous $Na_2SO_4$ 10 กรัม

2.2.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำ Kjeldahl flask ไปตั้งบนเตาย่อยเริ่มจากไฟอ่อน ๆ ก่อน รอจนควันจางจึงใช้ไปแรงขึ้น ย่อยจนได้สารละลายใส

2.2.4 นำตัวอย่างที่ย่อยเสร็จแล้วทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำ 200 มิลลิลิตร

2.2.5 ต่อ Kjeldahl flask เข้ากับชุดกลั่น ให้ปลายด้านหนึ่งของ condenser จุ่มใน 4% boric acid 50 มิลลิลิตร

2.2.6 เติม 40% NaOH ลงใน Kjeldahl flask 70 มิลลิลิตร

2.2.7 กลั่นจนได้แอมโมเนียออกมาประมาณ 150 มิลลิลิตร ใน boric acid

2.2.8 นำตัวอย่างที่กลั่นได้มาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.01N โดยใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีม่วงน้ำเงิน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ ปริมาณโปรตีน} = \frac{(a-b) \times N \times 14.007 \times 6.25 \times 100}{W}$$

เมื่อ a = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

b = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.01 N

W = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC, 2000

<u>อุปกรณ์</u>

Soxhlet apparatus

<u>วิธีทดลอง</u>

2.3.1 นำขวดก้นกลม (soxhlet flask) ไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 102±3 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่

2.3.2 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 102±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

2.3.3 นำตัวอย่างจากข้อ 2.3.2 ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ใส่ใน thimble ปิดด้วยสำลีที่สกัดไขมันออกแล้ว

2.3.4 นำ thimble ใส่ใน extraction unit ของ extraction apparatus เติมเฮกเซนใน soxhlet flask ประมาณ 150 มิลลิลิตร ต่อ flask กับ extraction unit เข้ากับ condenser สกัดโดยใช้อัตราเร็ว 5-6 หยด/วินาที ประมาณ 4 ชั่วโมง

2.3.5 นำ soxhlet flask ไประเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ออกโดยใช้เครื่อง evaporator

2.3.7 นำ soxhlet flask ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ทิ้งให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักของ soxhlet flask ที่ได้และทำการอบซ้ำจนได้น้ำหนักที่คงที่ และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไขมันของตัวอย่าง

$$\% \text{ ปริมาณไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ AOAC, 2000

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25%
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25%

<u>วิธีทดลอง</u>

2.4.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม (ใช้ตัวอย่างที่เหลือหลังจากการสกัดไขมัน) ใส่บีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร

2.4.2 เติมสารละลาย 1.25% $H_2SO_4$ ที่ต้มเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงไปในบีกเกอร์

2.4.3 ย่อยตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที โดยให้สารละลายเดือดตลอดเวลา

2.4.4 กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 41 ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดกรด

2.4.5 นำกากที่กรองได้มาย่อยต่อด้วย 1.25% NaOH ที่ต้มเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร 30 นาที

2.4.6 กรองผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง

2.4.5 นำกระดาษกรองและตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 102±3 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก อบซ้ำจนได้น้ำหนักที่คงที่

2.4.6 นำตัวอย่างพร้อมกระดาษกรองไปเผาที่อุณหภูมิ 600±15 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนักคำนวณปริมาณเถ้า

$$\% \text{ ปริมาณเส้นใย} = \frac{(a - b - c) \times 100}{W}$$

เมื่อ a = **น้ำหนักตัวอย่างหลังย่อยด่าง** (กรัม)

b = น้ำหนักเถ้า (กรัม)

c = น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ AOAC, 2000

<u>อุปกรณ์</u>

Muffle fernace

<u>วิธีทดลอง</u>

2.5.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องสาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.5.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปเผาในตู้ควัน จนหมดควันสีดำ แล้วนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาวหรือเทาอ่อน นำออกมาปล่อยให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก

2.5.3 เผาตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเถ้าของตัวอย่าง

$$\% \text{ ปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

ก.6 วิเคราะห์หาปริมาณสตาร์ชและคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

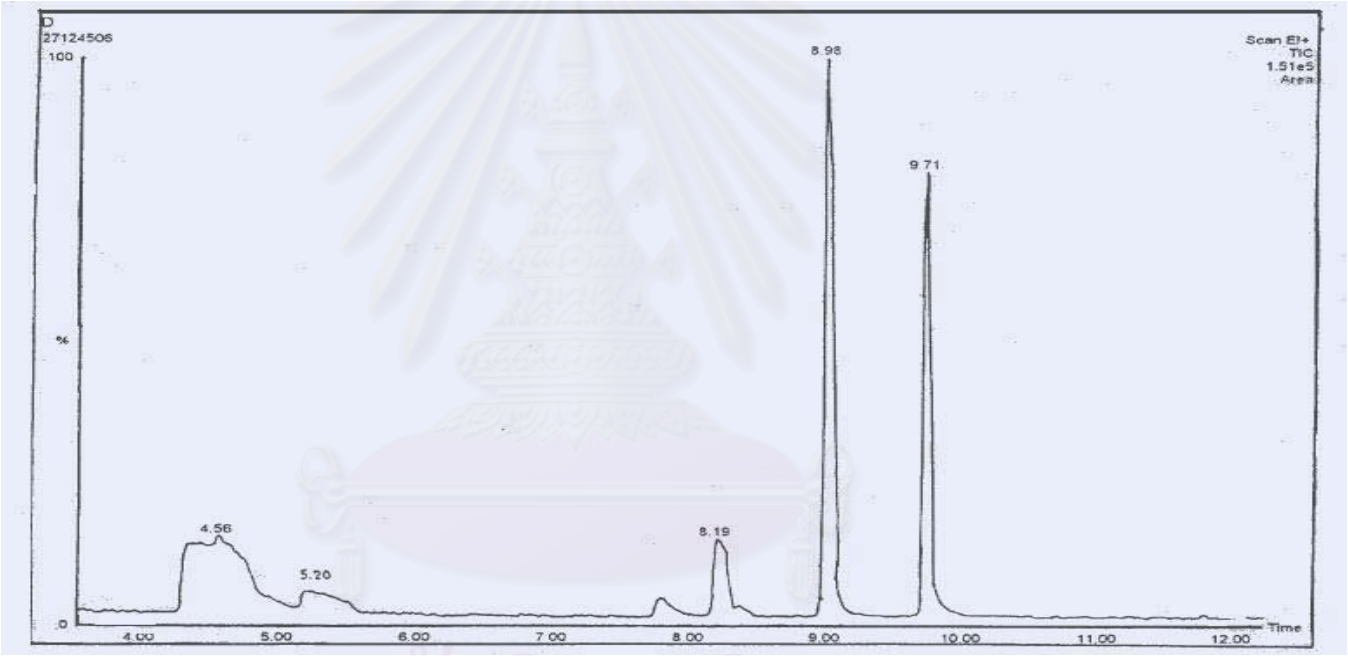
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นค่าที่ได้จากการนำร้อยละของปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยและเถ้ามารวมกัน นำไปหักออกจาก 100

$$\% \text{ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = 100 - \text{ร้อยละของ (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+กากใย+เถ้า)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

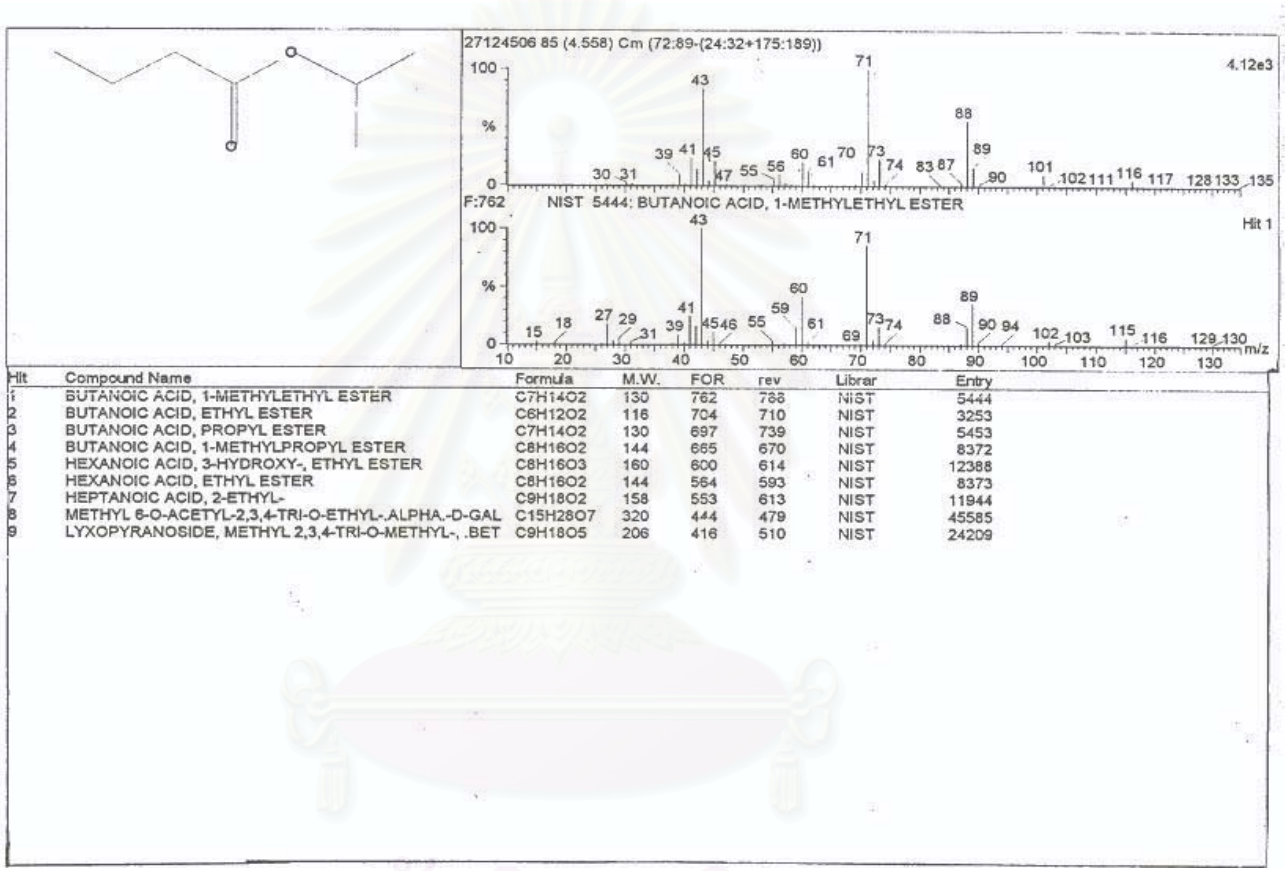
## ภาคผนวก ข.

## แก๊สโครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัมของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์




รูปที่ 1 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของกลิ่นทุเรียนสังเคราะห์

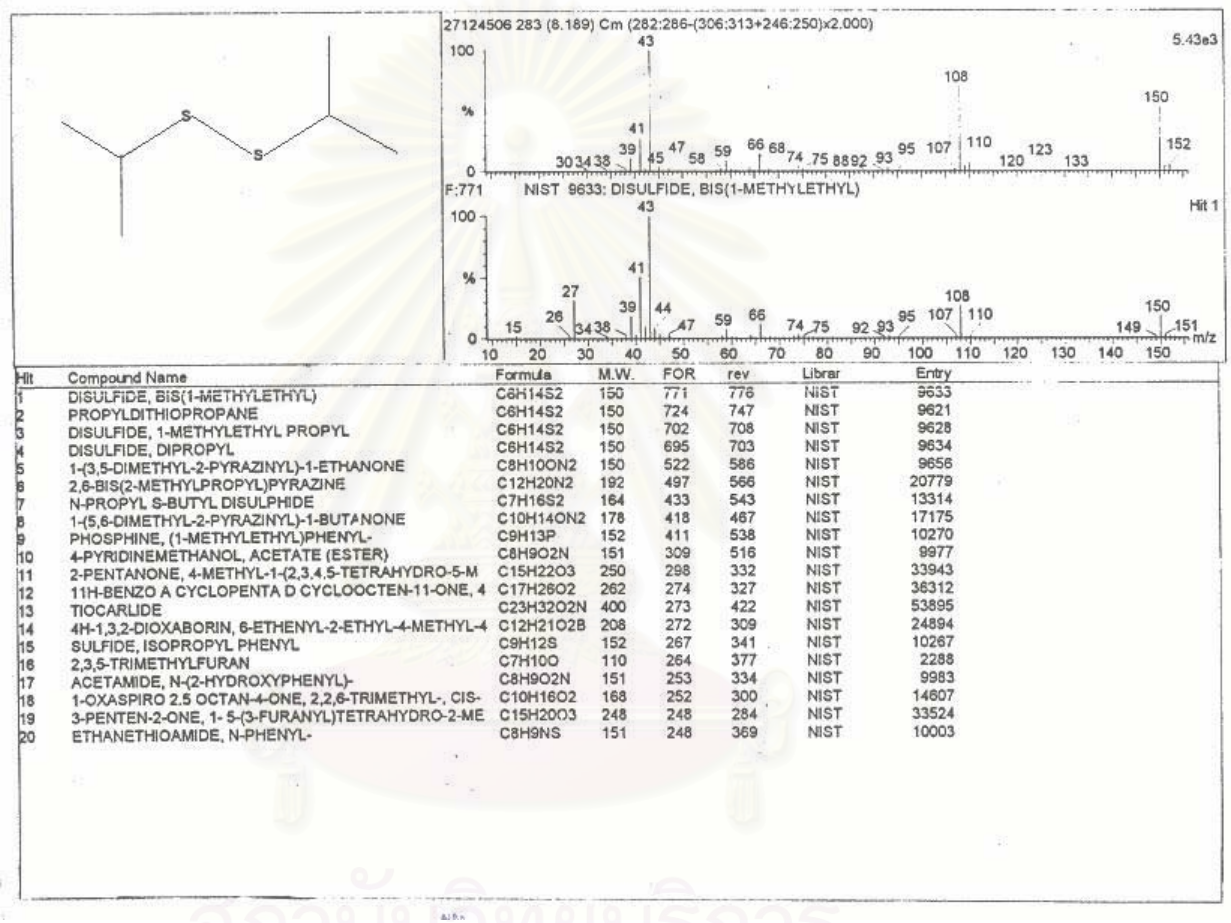
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| Hit | Compound Name | Formula | M.W. | FOR | rev | Librar | Entry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | BUTANOIC ACID, 1-METHYLETHYL ESTER | C7H14O2 | 130 | 762 | 788 | NIST | 5444 |
| 2 | BUTANOIC ACID, ETHYL ESTER | C6H12O2 | 116 | 704 | 710 | NIST | 3253 |
| 3 | BUTANOIC ACID, PROPYL ESTER | C7H14O2 | 130 | 697 | 739 | NIST | 5453 |
| 4 | BUTANOIC ACID, 1-METHYLPROPYL ESTER | C8H16O2 | 144 | 665 | 670 | NIST | 8372 |
| 5 | HEXANOIC ACID, 3-HYDROXY-, ETHYL ESTER | C8H16O3 | 160 | 600 | 614 | NIST | 12388 |
| 6 | HEXANOIC ACID, ETHYL ESTER | C8H16O2 | 144 | 564 | 593 | NIST | 8373 |
| 7 | HEPTANOIC ACID, 2-ETHYL- | C9H18O2 | 158 | 553 | 613 | NIST | 11944 |
| 8 | METHYL 6-O-ACETYL-2,3,4-TRI-O-ETHYL-.ALPHA.-D-GAL | C15H28O7 | 320 | 444 | 479 | NIST | 45585 |
| 9 | LYXOPYRANOSIDE, METHYL 2,3,4-TRI-O-METHYL-, .BET | C9H18O5 | 206 | 416 | 510 | NIST | 24209 |

รูปที่ 2 แมสสเปกตรัมและโครงสร้างของสารที่อาจเป็นไปได้ขององค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราห์ (peak ที่1)

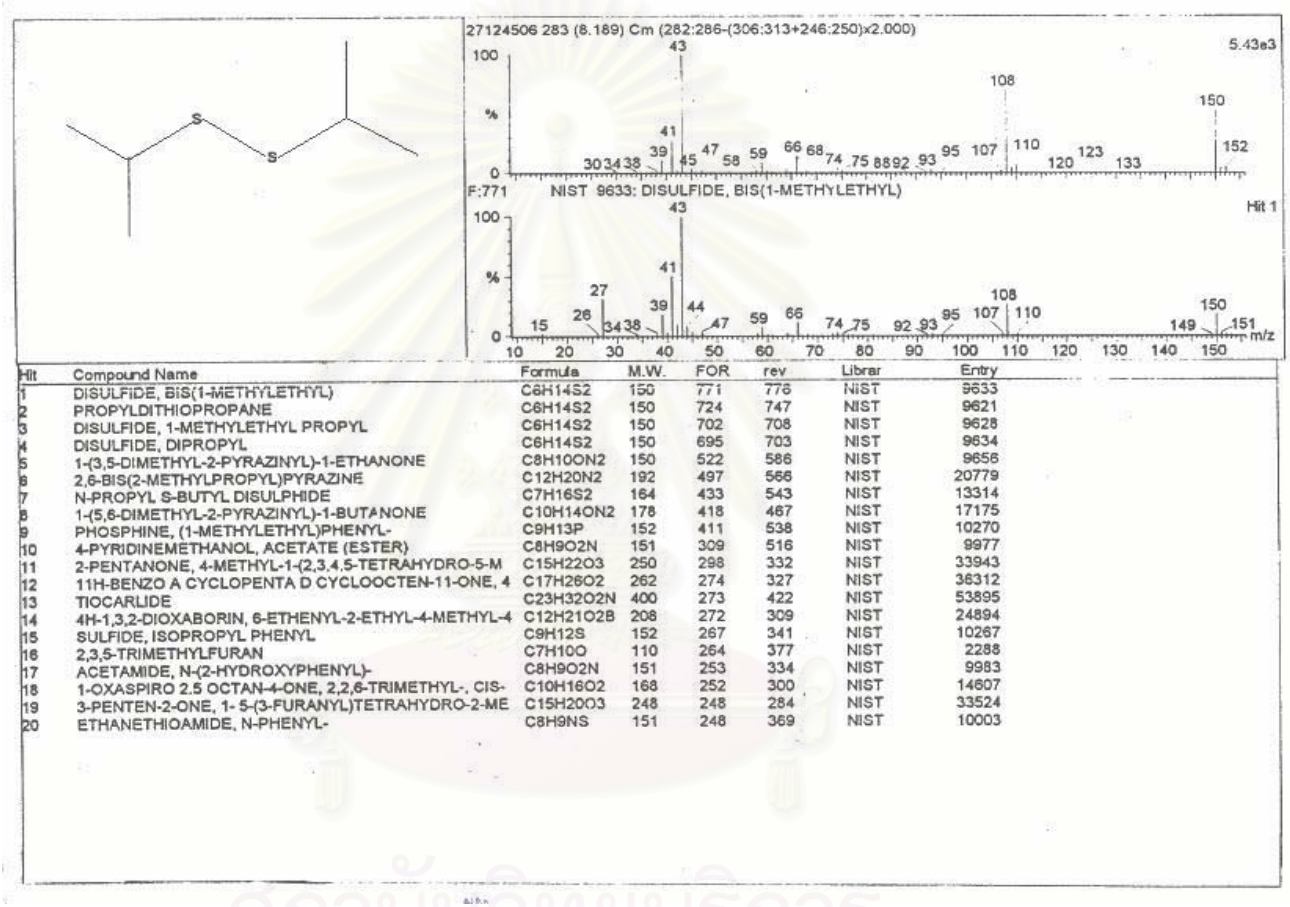
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| Hit | Compound Name | Formula | M.W. | FOR | rev | Librar | Entry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DISULFIDE, BIS(1-METHYLETHYL) | C6H14S2 | 150 | 771 | 776 | NIST | 9633 |
| 2 | PROPYLDITHIOPROPANE | C6H14S2 | 150 | 724 | 747 | NIST | 9621 |
| 3 | DISULFIDE, 1-METHYLETHYL PROPYL | C6H14S2 | 150 | 702 | 708 | NIST | 9628 |
| 4 | DISULFIDE, DIPROPYL | C6H14S2 | 150 | 695 | 703 | NIST | 9634 |
| 5 | 1-(3,5-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-ETHANONE | C8H10ON2 | 150 | 522 | 586 | NIST | 9656 |
| 6 | 2,6-BIS(2-METHYLPROPYL)PYRAZINE | C12H20N2 | 192 | 497 | 566 | NIST | 20779 |
| 7 | N-PROPYL S-BUTYL DISULPHIDE | C7H16S2 | 164 | 433 | 543 | NIST | 13314 |
| 8 | 1-(5,6-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-BUTANONE | C10H14ON2 | 178 | 418 | 467 | NIST | 17175 |
| 9 | PHOSPHINE, (1-METHYLETHYL)PHENYL- | C9H13P | 152 | 411 | 538 | NIST | 10270 |
| 10 | 4-PYRIDINEMETHANOL, ACETATE (ESTER) | C8H9O2N | 151 | 309 | 516 | NIST | 9977 |
| 11 | 2-PENTANONE, 4-METHYL-1-(2,3,4,5-TETRAHYDRO-5-M | C15H22O3 | 250 | 298 | 332 | NIST | 33943 |
| 12 | 11H-BENZO A CYCLOPENTA D CYCLOOCTEN-11-ONE, 4 | C17H26O2 | 262 | 274 | 327 | NIST | 36312 |
| 13 | TIOCARLIDE | C23H32O2N | 400 | 273 | 422 | NIST | 53895 |
| 14 | 4H-1,3,2-DIOXABORIN, 6-ETHENYL-2-ETHYL-4-METHYL-4 | C12H21O2B | 208 | 272 | 309 | NIST | 24894 |
| 15 | SULFIDE, ISOPROPYL PHENYL | C9H12S | 152 | 267 | 341 | NIST | 10267 |
| 16 | 2,3,5-TRIMETHYLFURAN | C7H10O | 110 | 264 | 377 | NIST | 2288 |
| 17 | ACETAMIDE, N-(2-HYDROXYPHENYL)- | C8H9O2N | 151 | 253 | 334 | NIST | 9983 |
| 18 | 1-OXASPIRO 2.5 OCTAN-4-ONE, 2,2,6-TRIMETHYL-, CIS- | C10H16O2 | 168 | 252 | 300 | NIST | 14607 |
| 19 | 3-PENTEN-2-ONE, 1- 5-(3-FURANYL)TETRAHYDRO-2-ME | C15H20O3 | 248 | 248 | 284 | NIST | 33524 |
| 20 | ETHANETHIOAMIDE, N-PHENYL- | C8H9NS | 151 | 248 | 369 | NIST | 10003 |

รูปที่ 3 แมสสเปกตรัมและโครงสร้างของสารที่อาจเป็นไปได้ขององค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราห์ (peak ที่2)

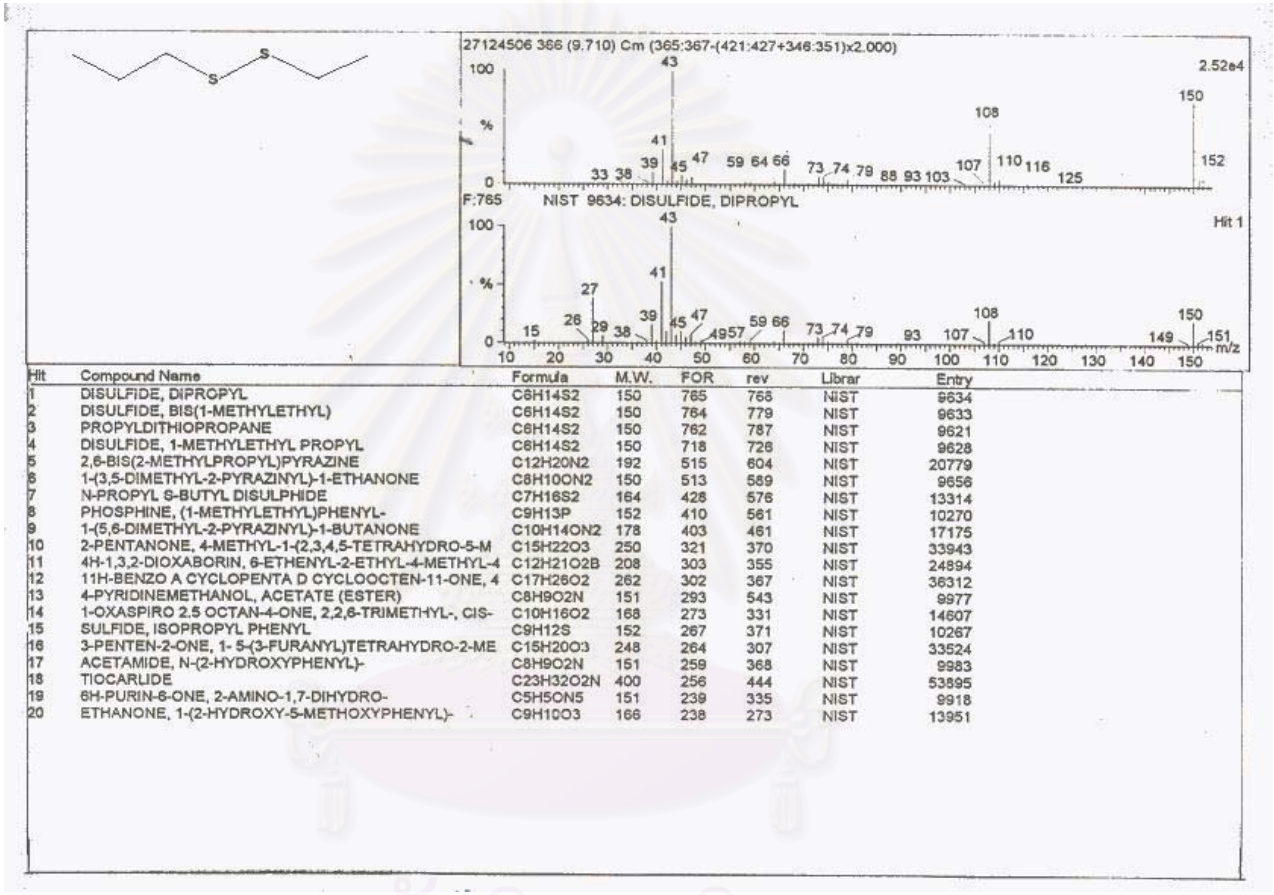
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| Hit | Compound Name | Formula | M.W. | FOR | rev | Librar | Entry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DISULFIDE, BIS(1-METHYLETHYL) | C6H14S2 | 150 | 771 | 776 | NIST | 9633 |
| 2 | PROPYLDITHIOPROPANE | C6H14S2 | 150 | 724 | 747 | NIST | 9621 |
| 3 | DISULFIDE, 1-METHYLETHYL PROPYL | C6H14S2 | 150 | 702 | 708 | NIST | 9628 |
| 4 | DISULFIDE, DIPROPYL | C6H14S2 | 150 | 695 | 703 | NIST | 9634 |
| 5 | 1-(3,5-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-ETHANONE | C8H10ON2 | 150 | 522 | 586 | NIST | 9656 |
| 6 | 2,6-BIS(2-METHYLPROPYL)PYRAZINE | C12H20N2 | 192 | 497 | 566 | NIST | 20779 |
| 7 | N-PROPYL S-BUTYL DISULPHIDE | C7H16S2 | 164 | 433 | 543 | NIST | 13314 |
| 8 | 1-(5,6-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-BUTANONE | C10H14ON2 | 178 | 418 | 467 | NIST | 17175 |
| 9 | PHOSPHINE, (1-METHYLETHYL)PHENYL- | C9H13P | 152 | 411 | 538 | NIST | 10270 |
| 10 | 4-PYRIDINEMETHANOL, ACETATE (ESTER) | C8H9O2N | 151 | 309 | 516 | NIST | 9977 |
| 11 | 2-PENTANONE, 4-METHYL-1-(2,3,4,5-TETRAHYDRO-5-M | C15H22O3 | 250 | 298 | 332 | NIST | 33943 |
| 12 | 11H-BENZO A CYCLOPENTA D CYCLOOCTEN-11-ONE, 4 | C17H26O2 | 262 | 274 | 327 | NIST | 36312 |
| 13 | TIOCARLIDE | C23H32O2N | 400 | 273 | 422 | NIST | 53895 |
| 14 | 4H-1,3,2-DIOXABORIN, 6-ETHENYL-2-ETHYL-4-METHYL-4 | C12H21O2B | 208 | 272 | 309 | NIST | 24894 |
| 15 | SULFIDE, ISOPROPYL PHENYL | C9H12S | 152 | 267 | 341 | NIST | 10267 |
| 16 | 2,3,5-TRIMETHYLFURAN | C7H10O | 110 | 264 | 377 | NIST | 2288 |
| 17 | ACETAMIDE, N-(2-HYDROXYPHENYL)- | C8H9O2N | 151 | 253 | 334 | NIST | 9983 |
| 18 | 1-OXASPIRO 2.5 OCTAN-4-ONE, 2,2,6-TRIMETHYL-, CIS- | C10H16O2 | 168 | 252 | 300 | NIST | 14607 |
| 19 | 3-PENTEN-2-ONE, 1- 5-(3-FURANYL)TETRAHYDRO-2-ME | C15H20O3 | 248 | 248 | 284 | NIST | 33524 |
| 20 | ETHANETHIOAMIDE, N-PHENYL- | C8H9NS | 151 | 248 | 369 | NIST | 10003 |

รูปที่ 4 แมสสเปกตรัมและโครงสร้างของสารที่อาจเป็นไปได้ขององค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราห์ (peak ที่3)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

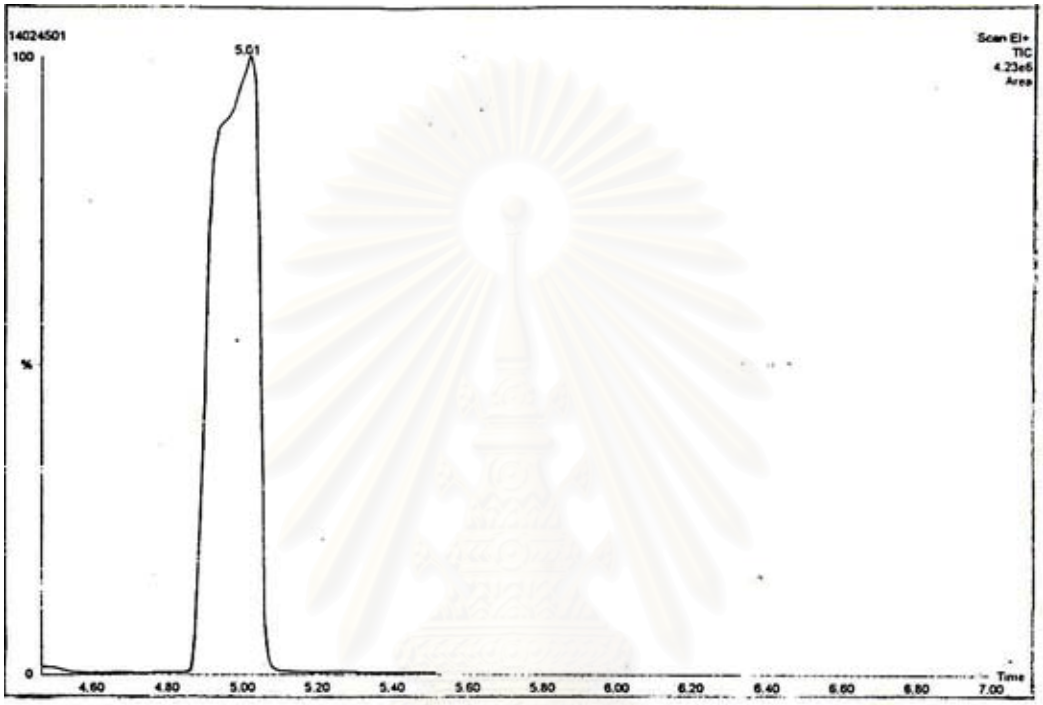



| Hit | Compound Name | Formula | M.W. | FOR | rev | Librar | Entry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DISULFIDE, DIPROPYL | C6H14S2 | 150 | 765 | 768 | NIST | 9634 |
| 2 | DISULFIDE, BIS(1-METHYLETHYL) | C6H14S2 | 150 | 764 | 779 | NIST | 9633 |
| 3 | PROPYLDITHIOPROPANE | C6H14S2 | 150 | 762 | 787 | NIST | 9621 |
| 4 | DISULFIDE, 1-METHYLETHYL PROPYL | C6H14S2 | 150 | 718 | 726 | NIST | 9628 |
| 5 | 2,6-BIS(2-METHYLPROPYL)PYRAZINE | C12H20N2 | 192 | 515 | 604 | NIST | 20779 |
| 6 | 1-(3,5-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-ETHANONE | C8H10ON2 | 150 | 513 | 589 | NIST | 9656 |
| 7 | N-PROPYL S-BUTYL DISULPHIDE | C7H16S2 | 164 | 428 | 576 | NIST | 13314 |
| 8 | PHOSPHINE, (1-METHYLETHYL)PHENYL- | C9H13P | 152 | 410 | 561 | NIST | 10270 |
| 9 | 1-(5,6-DIMETHYL-2-PYRAZINYL)-1-BUTANONE | C10H14ON2 | 178 | 403 | 461 | NIST | 17175 |
| 10 | 2-PENTANONE, 4-METHYL-1-(2,3,4,5-TETRAHYDRO-5-M | C15H22O3 | 250 | 321 | 370 | NIST | 33943 |
| 11 | 4H-1,3,2-DIOXABORIN, 6-ETHENYL-2-ETHYL-4-METHYL-4 | C12H21O2B | 208 | 303 | 355 | NIST | 24894 |
| 12 | 11H-BENZO A CYCLOPENTA D CYCLOOCTEN-11-ONE, 4 | C17H26O2 | 262 | 302 | 367 | NIST | 36312 |
| 13 | 4-PYRIDINEMETHANOL, ACETATE (ESTER) | C8H9O2N | 151 | 293 | 543 | NIST | 9977 |
| 14 | 1-OXASPIRO 2.5 OCTAN-4-ONE, 2,2,6-TRIMETHYL-, CIS- | C10H16O2 | 168 | 273 | 331 | NIST | 14607 |
| 15 | SULFIDE, ISOPROPYL PHENYL | C9H12S | 152 | 267 | 371 | NIST | 10267 |
| 16 | 3-PENTEN-2-ONE, 1- 5-(3-FURANYL)TETRAHYDRO-2-ME | C15H20O3 | 248 | 264 | 307 | NIST | 33524 |
| 17 | ACETAMIDE, N-(2-HYDROXYPHENYL)- | C8H9O2N | 151 | 259 | 368 | NIST | 9983 |
| 18 | TIOCARLIDE | C23H32O2N | 400 | 256 | 444 | NIST | 53895 |
| 19 | 6H-PURIN-6-ONE, 2-AMINO-1,7-DIHYDRO- | C5H5ON5 | 151 | 239 | 335 | NIST | 9918 |
| 20 | ETHANONE, 1-(2-HYDROXY-5-METHOXYPHENYL)- | C9H10O3 | 166 | 238 | 273 | NIST | 13951 |

รูปที่ 5 แมสสเปกตรัมและโครงสร้างของสารที่อาจเป็นไปได้ขององค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนสังเคราห์ (peak ที่4)

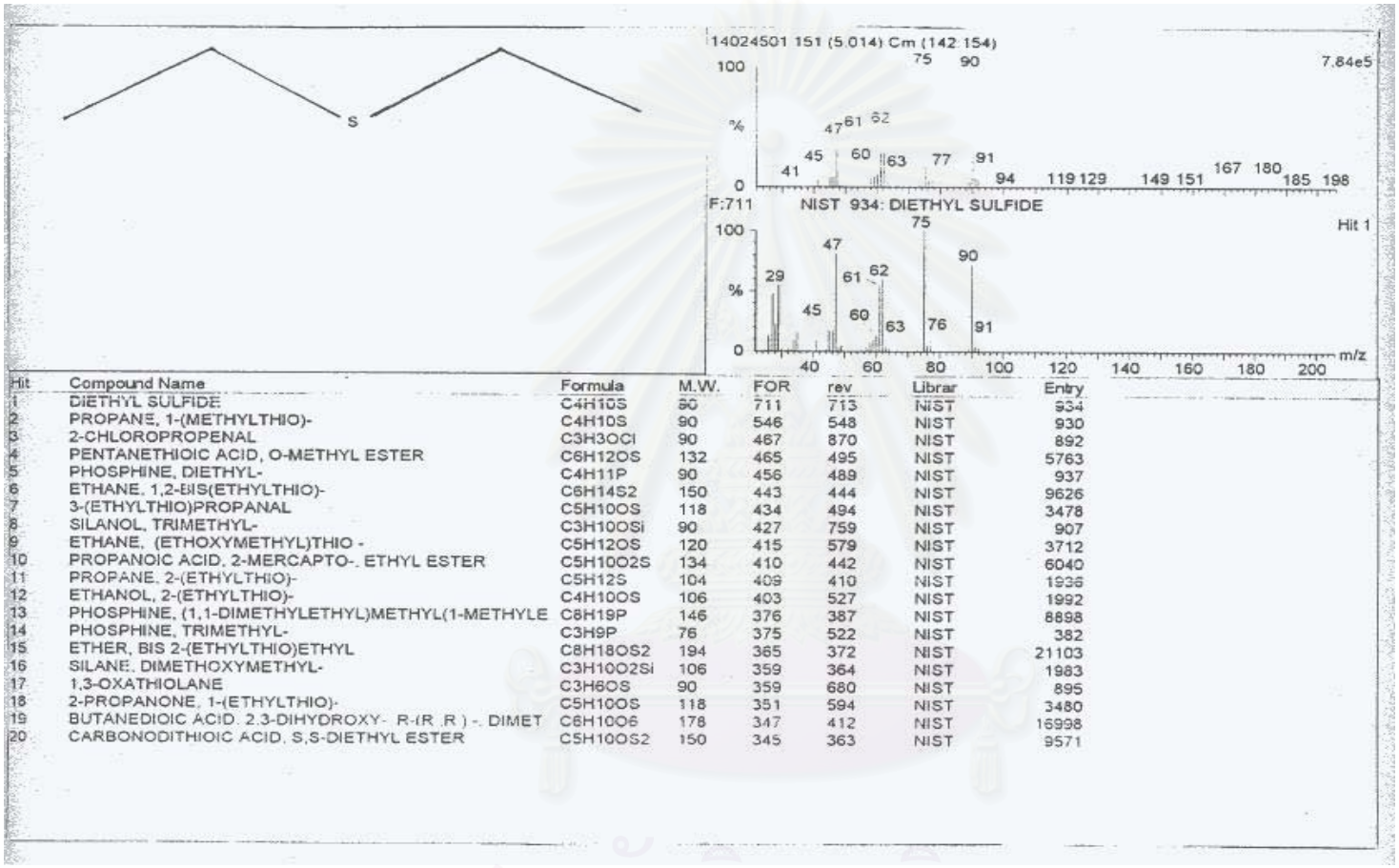
# ภาคผนวก ค.

## แก๊สโครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัมของ Internal standard




รูปที่ 1 แก๊สโครมาโทแกรมจาก GC-MS ของ Internal standard

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| Hit | Compound Name | Formula | M.W. | FOR | rev | Librar | Entry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DIETHYL SULFIDE | C4H10S | 90 | 711 | 713 | NIST | 934 |
| 2 | PROPANE, 1-(METHYLTHIO)- | C4H10S | 90 | 546 | 548 | NIST | 930 |
| 3 | 2-CHLOROPROPENAL | C3H3OCl | 90 | 467 | 870 | NIST | 892 |
| 4 | PENTANETHIOIC ACID, O-METHYL ESTER | C6H12OS | 132 | 465 | 495 | NIST | 5763 |
| 5 | PHOSPHINE, DIETHYL- | C4H11P | 90 | 456 | 489 | NIST | 937 |
| 6 | ETHANE, 1,2-BIS(ETHYLTHIO)- | C6H14S2 | 150 | 443 | 444 | NIST | 9626 |
| 7 | 3-(ETHYLTHIO)PROPANAL | C5H10OS | 118 | 434 | 494 | NIST | 3478 |
| 8 | SILANOL, TRIMETHYL- | C3H10OSi | 90 | 427 | 759 | NIST | 907 |
| 9 | ETHANE, (ETHOXYMETHYL)THIO - | C5H12OS | 120 | 415 | 579 | NIST | 3712 |
| 10 | PROPANOIC ACID, 2-MERCAPTO-, ETHYL ESTER | C5H10O2S | 134 | 410 | 442 | NIST | 6040 |
| 11 | PROPANE, 2-(ETHYLTHIO)- | C5H12S | 104 | 409 | 410 | NIST | 1936 |
| 12 | ETHANOL, 2-(ETHYLTHIO)- | C4H10OS | 106 | 403 | 527 | NIST | 1992 |
| 13 | PHOSPHINE, (1,1-DIMETHYLETHYL)METHYL(1-METHYLE | C8H19P | 146 | 376 | 387 | NIST | 8898 |
| 14 | PHOSPHINE, TRIMETHYL- | C3H9P | 76 | 375 | 522 | NIST | 382 |
| 15 | ETHER, BIS 2-(ETHYLTHIO)ETHYL | C8H18OS2 | 194 | 365 | 372 | NIST | 21103 |
| 16 | SILANE, DIMETHOXYMETHYL- | C3H10O2Si | 106 | 359 | 364 | NIST | 1983 |
| 17 | 1,3-OXATHIOLANE | C3H6OS | 90 | 359 | 680 | NIST | 895 |
| 18 | 2-PROPANONE, 1-(ETHYLTHIO)- | C5H10OS | 118 | 351 | 594 | NIST | 3480 |
| 19 | BUTANEDIOIC ACID, 2,3-DIHYDROXY-, R-(R*,R*)-, DIMET | C6H10O6 | 178 | 347 | 412 | NIST | 16998 |
| 20 | CARBONODITHIOIC ACID, S,S-DIETHYL ESTER | C5H10OS2 | 150 | 345 | 363 | NIST | 9571 |

รูปที่ 2 แมสสเปกตรัมและโครงสร้างของสารที่เป็น Internal standard

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ง.

## ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ง.1 ผลวิเคราะห์ %yield ของสารสกัดจากเห็ดฟาง โดยใช้โปรแกรม SPSS

Oneway

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: YIELD

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 1.929[a] | 4 | .482 | 7.490 | .001 |
| Intercept | 193.050 | 1 | 193.050 | 2998.473 | .000 |
| TEMP | .299 | 3 | 9.956E-02 | 1.546 | .239 |
| TYPE | 1.503 | 1 | 1.503 | 23.340 | .000 |
| Error | 1.095 | 17 | 6.438E-02 | | |
| Total | 211.540 | 22 | | | |
| Corrected Total | 3.023 | 21 | | | |

a. R Squared = .638 (Adjusted R Squared = .553)

Post Hoc Tests

TEMP

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: YIELD

LSD

| (I) TEMP | (J) TEMP | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 60.00 | 70.00 | -.2775 | .1554 | .092 | -.6053 | 5.033E-02 |
| | 80.00 | -.3275* | .1370 | .029 | -.6166 | -3.84E-02 |
| | 90.00 | -.1725 | .1554 | .282 | -.5003 | .1553 |
| 70.00 | 60.00 | .2775 | .1554 | .092 | -5.03E-02 | .6053 |
| | 80.00 | -5.000E-02 | .1638 | .764 | -.3956 | .2956 |
| | 90.00 | .1050 | .1794 | .566 | -.2735 | .4835 |
| 80.00 | 60.00 | .3275* | .1370 | .029 | 3.838E-02 | .6166 |
| | 70.00 | 5.000E-02 | .1638 | .764 | -.2956 | .3956 |
| | 90.00 | .1550 | .1638 | .357 | -.1906 | .5006 |
| 90.00 | 60.00 | .1725 | .1554 | .282 | -.1553 | .5003 |
| | 70.00 | -.1050 | .1794 | .566 | -.4835 | .2735 |
| | 80.00 | -.1550 | .1638 | .357 | -.5006 | .1906 |

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ง.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิและเวลาต่อเปอร์เซนต์การดูดซับที่ใช้ 0.5%เอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยใช้โปรแกรม SPSS

**Univariate Analysis of Variance**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ADS

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 11.837[a] | 5 | 2.367 | 2.735 | .052 |
| Intercept | 63668.009 | 1 | 63668.009 | 73555.443 | .000 |
| TEMP | 4.078 | 3 | 1.359 | 1.570 | .231 |
| TIME | 7.759 | 2 | 3.880 | 4.482 | .026 |
| Error | 15.580 | 18 | .866 | | |
| Total | 63695.426 | 24 | | | |
| Corrected Total | 27.417 | 23 | | | |

a. R Squared = .432 (Adjusted R Squared = .274)

**Post Hoc Tests**

TEMP

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

LSD

| (I) TEMP | (J) TEMP | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 60.00 | 70.00 | -1.1340* | .5371 | .049 | -2.2625 | -5.50E-03 |
| | 80.00 | -.7923 | .5371 | .157 | -1.9208 | .3362 |
| | 90.00 | -.5810 | .5371 | .294 | -1.7095 | .5475 |
| 70.00 | 60.00 | 1.1340* | .5371 | .049 | 5.497E-03 | 2.2625 |
| | 80.00 | .3417 | .5371 | .533 | -.7868 | 1.4702 |
| | 90.00 | .5530 | .5371 | .317 | -.5755 | 1.6815 |
| 80.00 | 60.00 | .7923 | .5371 | .157 | -.3362 | 1.9208 |
| | 70.00 | -.3417 | .5371 | .533 | -1.4702 | .7868 |
| | 90.00 | .2113 | .5371 | .699 | -.9172 | 1.3398 |
| 90.00 | 60.00 | .5810 | .5371 | .294 | -.5475 | 1.7095 |
| | 70.00 | -.5530 | .5371 | .317 | -1.6815 | .5755 |
| | 80.00 | -.2113 | .5371 | .699 | -1.3398 | .9172 |

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

**TIME**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

LSD

| (I) TIME | (J) TIME | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 2.00 | 4.00 | -.7006 | .4652 | .149 | -1.6779 | .2767 |
| | 6.00 | -1.3928* | .4652 | .008 | -2.3701 | -.4154 |
| 4.00 | 2.00 | .7006 | .4652 | .149 | -.2767 | 1.6779 |
| | 6.00 | -.6921 | .4652 | .154 | -1.6694 | .2852 |
| 6.00 | 2.00 | 1.3928* | .4652 | .008 | .4154 | 2.3701 |
| | 4.00 | .6921 | .4652 | .154 | -.2852 | 1.6694 |

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิและเวลาต่อเปอร์เซนต์การดูดซับที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย โดยใช้โปรแกรม SPSS

Univariate Analysis of Variance

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ADS

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 50.533[a] | 5 | 10.107 | 11.569 | .000 |
| Intercept | 122751.5 | 1 | 122751.5 | 140518.0 | .000 |
| TEMP | 1.931 | 3 | .644 | .737 | .544 |
| TIME | 48.602 | 2 | 24.301 | 27.818 | .000 |
| Error | 15.724 | 18 | .874 | | |
| Total | 122817.7 | 24 | | | |
| Corrected Total | 66.257 | 23 | | | |

a. R Squared = .763 (Adjusted R Squared = .697)

Post Hoc Tests

TEMP

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

LSD

| (I) TEMP | (J) TEMP | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 60.00 | 70.00 | -.1852 | .5396 | .735 | -1.3189 | .9485 |
| | 80.00 | -.3688 | .5396 | .503 | -1.5025 | .7649 |
| | 90.00 | -.7663 | .5396 | .173 | -1.9000 | .3674 |
| 70.00 | 60.00 | .1852 | .5396 | .735 | -.9485 | 1.3189 |
| | 80.00 | -.1837 | .5396 | .738 | -1.3174 | .9500 |
| | 90.00 | -.5812 | .5396 | .296 | -1.7149 | .5525 |
| 80.00 | 60.00 | .3688 | .5396 | .503 | -.7649 | 1.5025 |
| | 70.00 | .1837 | .5396 | .738 | -.9500 | 1.3174 |
| | 90.00 | -.3975 | .5396 | .471 | -1.5312 | .7362 |
| 90.00 | 60.00 | .7663 | .5396 | .173 | -.3674 | 1.9000 |
| | 70.00 | .5812 | .5396 | .296 | -.5525 | 1.7149 |
| | 80.00 | .3975 | .5396 | .471 | -.7362 | 1.5312 |

Based on observed means.

TIME

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

LSD

| (I) TIME | (J) TIME | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 2.00 | 4.00 | -1.9568* | .4673 | .001 | -2.9386 | -.9749 |
| | 6.00 | -3.4766* | .4673 | .000 | -4.4584 | -2.4948 |
| 4.00 | 2.00 | 1.9568* | .4673 | .001 | .9749 | 2.9386 |
| | 6.00 | -1.5199* | .4673 | .004 | -2.5017 | -.5381 |
| 6.00 | 2.00 | 3.4766* | .4673 | .000 | 2.4948 | 4.4584 |
| | 4.00 | 1.5199* | .4673 | .004 | .5381 | 2.5017 |

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของชนิดตัวอย่างต่อเปอร์เซนต์การดูดซับที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้โปรแกรม SPSS

Oneway

**ANOVA**

ADS

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 545.163 | 2 | 272.581 | 40.795 | .007 |
| Within Groups | 20.045 | 3 | 6.682 | | |
| Total | 565.208 | 5 | | | |

Post Hoc Tests

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1.00 | 2.00 | 12.0335* | 2.5849 | .042 | .7353 | 23.3317 |
| | 3.00 | 23.3450* | 2.5849 | .007 | 12.0468 | 34.6432 |
| 2.00 | 1.00 | -12.0335* | 2.5849 | .042 | -23.3317 | -.7353 |
| | 3.00 | 11.3115* | 2.5849 | .050 | 1.327E-02 | 22.6097 |
| 3.00 | 1.00 | -23.3450* | 2.5849 | .007 | -34.6432 | -12.0468 |
| | 2.00 | -11.3115* | 2.5849 | .050 | -22.6097 | -1.33E-02 |

*. The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของชนิดตัวอย่างต่อเปอร์เซนต์การดูดซับที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย โดยใช้โปรแกรม SPSS

**Oneway**

**ANOVA**

ADS

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 20.341 | 2 | 10.171 | 12.582 | .035 |
| Within Groups | 2.425 | 3 | .808 | | |
| Total | 22.766 | 5 | | | |

**Post Hoc Tests**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: ADS

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1.00 | 2.00 | -.1700 | .8991 | .982 | -4.0998 | 3.7598 |
| | 3.00 | 3.8181 | .8991 | .054 | -.1117 | 7.7479 |
| 2.00 | 1.00 | .1700 | .8991 | .982 | -3.7598 | 4.0998 |
| | 3.00 | 3.9881* | .8991 | .048 | 5.833E-02 | 7.9179 |
| 3.00 | 1.00 | -3.8181 | .8991 | .054 | -7.7479 | .1117 |
| | 2.00 | -3.9881* | .8991 | .048 | -7.9179 | -5.83E-02 |

*. The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

**Oneway**

**ANOVA**

MOISTURE

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 63.237 | 9 | 7.026 | 1328.538 | .000 |
| Within Groups | 5.289E-02 | 10 | 5.289E-03 | | |
| Total | 63.290 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MOISTURE

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | -0.6760 | 7.27E-02 | 0.001 | -1.0552 | -0.2968 |
| | 3 | -0.8385 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.2177 | -0.4593 |
| | 4 | -0.8730 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.2522 | -0.4938 |
| | 5 | -4.8605 | 7.27E-02 | 0.000 | -5.2397 | -4.4813 |
| | 6 | -3.0655 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.4447 | -2.6863 |
| | 7 | -2.8605 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.2397 | -2.4813 |
| | 8 | -2.1295 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.5087 | -1.7503 |
| | 9 | -1.4825 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.8617 | -1.1033 |
| | 10 | -5.6755 | 7.27E-02 | 0.000 | -6.0547 | -5.2963 |
| 2 | 1 | 0.6760 | 7.27E-02 | 0.001 | 0.2968 | 1.0552 |
| | 3 | -0.1625 | 7.27E-02 | 0.805 | -0.5417 | 0.2167 |
| | 4 | -0.1970 | 7.27E-02 | 0.615 | -0.5762 | 0.1822 |
| | 5 | -4.1845 | 7.27E-02 | 0.000 | -4.5637 | -3.8053 |
| | 6 | -2.3895 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.7687 | -2.0103 |
| | 7 | -2.1845 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.5637 | -1.8053 |
| | 8 | -1.4535 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.8327 | -1.0743 |
| | 9 | -0.8065 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.1857 | -0.4273 |
| | 10 | -4.9995 | 7.27E-02 | 0.000 | -5.3787 | -4.6203 |
| 3 | 1 | 0.8385 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.4593 | 1.2177 |
| | 2 | 0.1625 | 7.27E-02 | 0.805 | -0.2167 | 0.5417 |
| | 4 | -0.0345 | 7.27E-02 | 1.000 | -0.4137 | 0.3447 |
| | 5 | -4.0220 | 7.27E-02 | 0.000 | -4.4012 | -3.6428 |
| | 6 | -2.2270 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.6062 | -1.8478 |
| | 7 | -2.0220 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.4012 | -1.6428 |
| | 8 | -1.2910 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.6702 | -0.9118 |
| | 9 | -0.6440 | 7.27E-02 | 0.001 | -1.0232 | -0.2648 |
| | 10 | -4.8370 | 7.27E-02 | 0.000 | -5.2162 | -4.4578 |
| 4 | 1 | 0.8730 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.4938 | 1.2522 |
| | 2 | 0.1970 | 7.27E-02 | 0.615 | -0.1822 | 0.5762 |
| | 3 | 0.0345 | 7.27E-02 | 1.000 | -0.3447 | 0.4137 |
| | 5 | -3.9875 | 7.27E-02 | 0.000 | -4.3667 | -3.6083 |
| | 6 | -2.1925 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.5717 | -1.8133 |
| | 7 | -1.9875 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.3667 | -1.6083 |
| | 8 | -1.2565 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.6357 | -0.8773 |
| | 9 | -0.6095 | 7.27E-02 | 0.002 | -0.9887 | -0.2303 |
| | 10 | -4.8025 | 7.27E-02 | 0.000 | -5.1817 | -4.4233 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | 4.8605 | 7.27E-02 | 0.000 | 4.4813 | 5.2397 |
| | 2 | 4.1845 | 7.27E-02 | 0.000 | 3.8053 | 4.5637 |
| | 3 | 4.0220 | 7.27E-02 | 0.000 | 3.6428 | 4.4012 |
| | 4 | 3.9875 | 7.27E-02 | 0.000 | 3.6083 | 4.3667 |
| | 6 | 1.7950 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.4158 | 2.1742 |
| | 7 | 2.0000 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.6208 | 2.3792 |
| | 8 | 2.7310 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.3518 | 3.1102 |
| | 9 | 3.3780 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.9988 | 3.7572 |
| | 10 | -0.8150 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.1942 | -0.4358 |
| 6 | 1 | 3.0655 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.6863 | 3.4447 |
| | 2 | 2.3895 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.0103 | 2.7687 |
| | 3 | 2.2270 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.8478 | 2.6062 |
| | 4 | 2.1925 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.8133 | 2.5717 |
| | 5 | -1.7950 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.1742 | -1.4158 |
| | 7 | 0.2050 | 7.27E-02 | 0.569 | -0.1742 | 0.5842 |
| | 8 | 0.9360 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.5568 | 1.3152 |
| | 9 | 1.5830 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.2038 | 1.9622 |
| | 10 | -2.6100 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.9892 | -2.2308 |
| 7 | 1 | 2.8605 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.4813 | 3.2397 |
| | 2 | 2.1845 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.8053 | 2.5637 |
| | 3 | 2.0220 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.6428 | 2.4012 |
| | 4 | 1.9875 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.6083 | 2.3667 |
| | 5 | -2.0000 | 7.27E-02 | 0.000 | -2.3792 | -1.6208 |
| | 6 | -0.2050 | 7.27E-02 | 0.569 | -0.5842 | 0.1742 |
| | 8 | 0.7310 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.3518 | 1.1102 |
| | 9 | 1.3780 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.9988 | 1.7572 |
| | 10 | -2.8150 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.1942 | -2.4358 |
| 8 | 1 | 2.1295 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.7503 | 2.5087 |
| | 2 | 1.4535 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.0743 | 1.8327 |
| | 3 | 1.2910 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.9118 | 1.6702 |
| | 4 | 1.2565 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.8773 | 1.6357 |
| | 5 | -2.7310 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.1102 | -2.3518 |
| | 6 | -0.9360 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.3152 | -0.5568 |
| | 7 | -0.7310 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.1102 | -0.3518 |
| | 9 | 0.6470 | 7.27E-02 | 0.001 | 0.2678 | 1.0262 |
| | 10 | -3.5460 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.9252 | -3.1668 |
| 9 | 1 | 1.4825 | 7.27E-02 | 0.000 | 1.1033 | 1.8617 |
| | 2 | 0.8065 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.4273 | 1.1857 |
| | 3 | 0.6440 | 7.27E-02 | 0.001 | 0.2648 | 1.0232 |
| | 4 | 0.6095 | 7.27E-02 | 0.002 | 0.2303 | 0.9887 |
| | 5 | -3.3780 | 7.27E-02 | 0.000 | -3.7572 | -2.9988 |
| | 6 | -1.5830 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.9622 | -1.2038 |
| | 7 | -1.3780 | 7.27E-02 | 0.000 | -1.7572 | -0.9988 |
| | 8 | -0.6470 | 7.27E-02 | 0.001 | -1.0262 | -0.2678 |
| | 10 | -4.1930 | 7.27E-02 | 0.000 | -4.5722 | -3.8138 |
| 10 | 1 | 5.6755 | 7.27E-02 | 0.000 | 5.2963 | 6.0547 |
| | 2 | 4.9995 | 7.27E-02 | 0.000 | 4.6203 | 5.3787 |
| | 3 | 4.8370 | 7.27E-02 | 0.000 | 4.4578 | 5.2162 |
| | 4 | 4.8025 | 7.27E-02 | 0.000 | 4.4233 | 5.1817 |
| | 5 | 0.8150 | 7.27E-02 | 0.000 | 0.4358 | 1.1942 |
| | 6 | 2.6100 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.2308 | 2.9892 |
| | 7 | 2.8150 | 7.27E-02 | 0.000 | 2.4358 | 3.1942 |
| | 8 | 3.5460 | 7.27E-02 | 0.000 | 3.1668 | 3.9252 |
| | 9 | 4.1930 | 7.27E-02 | 0.000 | 3.8138 | 4.5722 |

The mean difference is significant at the .05 level.

**Oneway**

**ANOVA**

PROTEIN

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 2524.391 | 9 | 280.488 | 6166.800 | .000 |
| Within Groups | .455 | 10 | 4.548E-02 | | |
| Total | 2524.846 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PROTEIN

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | 6.9643 | 2.13E-01 | 0.000 | 5.8524 | 8.0762 |
| | 3 | 6.1702 | 2.13E-01 | 0.000 | 5.0582 | 7.2821 |
| | 4 | 5.4888 | 2.13E-01 | 0.000 | 4.3769 | 6.6007 |
| | 5 | 0.5990 | 2.13E-01 | 0.574 | -0.5129 | 1.7109 |
| | 6 | 0.8982 | 2.13E-01 | 0.153 | -0.2137 | 2.0102 |
| | 7 | 3.7001 | 2.13E-01 | 0.000 | 2.5881 | 4.8120 |
| | 8 | 7.6369 | 2.13E-01 | 0.000 | 6.5249 | 8.7488 |
| | 9 | 32.1983 | 2.13E-01 | 0.000 | 31.0864 | 33.3102 |
| | 10 | 30.3064 | 2.13E-01 | 0.000 | 29.1944 | 31.4183 |
| 2 | 1 | -6.9643 | 2.13E-01 | 0.000 | -8.0762 | -5.8524 |
| | 3 | -0.7941 | 2.13E-01 | 0.255 | -1.9061 | 0.3178 |
| | 4 | -1.4755 | 2.13E-01 | 0.008 | -2.5874 | -0.3636 |
| | 5 | -6.3653 | 2.13E-01 | 0.000 | -7.4772 | -5.2534 |
| | 6 | -6.0661 | 2.13E-01 | 0.000 | -7.1780 | -4.9541 |
| | 7 | -3.2643 | 2.13E-01 | 0.000 | -4.3762 | -2.1523 |
| | 8 | 0.6726 | 2.13E-01 | 0.436 | -0.4394 | 1.7845 |
| | 9 | 25.2340 | 2.13E-01 | 0.000 | 24.1221 | 26.3459 |
| | 10 | 23.3421 | 2.13E-01 | 0.000 | 22.2301 | 24.4540 |
| 3 | 1 | -6.1702 | 2.13E-01 | 0.000 | -7.2821 | -5.0582 |
| | 2 | 0.7941 | 2.13E-01 | 0.255 | -0.3178 | 1.9061 |
| | 4 | -0.6814 | 2.13E-01 | 0.421 | -1.7933 | 0.4306 |
| | 5 | -5.5712 | 2.13E-01 | 0.000 | -6.6831 | -4.4592 |
| | 6 | -5.2719 | 2.13E-01 | 0.000 | -6.3838 | -4.1600 |
| | 7 | -2.4701 | 2.13E-01 | 0.000 | -3.5820 | -1.3582 |
| | 8 | 1.4667 | 2.13E-01 | 0.008 | 0.3548 | 2.5786 |
| | 9 | 26.0282 | 2.13E-01 | 0.000 | 24.9162 | 27.1401 |
| | 10 | 24.1362 | 2.13E-01 | 0.000 | 23.0243 | 25.2481 |
| 4 | 1 | -5.4888 | 2.13E-01 | 0.000 | -6.6007 | -4.3769 |
| | 2 | 1.4755 | 2.13E-01 | 0.008 | 0.3636 | 2.5874 |
| | 3 | 0.6814 | 2.13E-01 | 0.421 | -0.4306 | 1.7933 |
| | 5 | -4.8898 | 2.13E-01 | 0.000 | -6.0017 | -3.7779 |
| | 6 | -4.5906 | 2.13E-01 | 0.000 | -5.7025 | -3.4786 |
| | 7 | -1.7888 | 2.13E-01 | 0.002 | -2.9007 | -0.6768 |
| | 8 | 2.1481 | 2.13E-01 | 0.000 | 1.0361 | 3.2600 |
| | 9 | 26.7095 | 2.13E-01 | 0.000 | 25.5976 | 27.8214 |
| | 10 | 24.8176 | 2.13E-01 | 0.000 | 23.7056 | 25.9295 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | -0.5990 | 2.13E-01 | 0.574 | -1.7109 | 0.5129 |
| | 2 | 6.3653 | 2.13E-01 | 0.000 | 5.2534 | 7.4772 |
| | 3 | 5.5712 | 2.13E-01 | 0.000 | 4.4592 | 6.6831 |
| | 4 | 4.8898 | 2.13E-01 | 0.000 | 3.7779 | 6.0017 |
| | 6 | 0.2993 | 2.13E-01 | 0.984 | -0.8127 | 1.4112 |
| | 7 | 3.1011 | 2.13E-01 | 0.000 | 1.9891 | 4.2130 |
| | 8 | 7.0379 | 2.13E-01 | 0.000 | 5.9259 | 8.1498 |
| | 9 | 31.5993 | 2.13E-01 | 0.000 | 30.4874 | 32.7112 |
| | 10 | 29.7074 | 2.13E-01 | 0.000 | 28.5954 | 30.8193 |
| 6 | 1 | -0.8982 | 2.13E-01 | 0.153 | -2.0102 | 0.2137 |
| | 2 | 6.0661 | 2.13E-01 | 0.000 | 4.9541 | 7.1780 |
| | 3 | 5.2719 | 2.13E-01 | 0.000 | 4.1600 | 6.3838 |
| | 4 | 4.5906 | 2.13E-01 | 0.000 | 3.4786 | 5.7025 |
| | 5 | -0.2993 | 2.13E-01 | 0.984 | -1.4112 | 0.8127 |
| | 7 | 2.8018 | 2.13E-01 | 0.000 | 1.6899 | 3.9137 |
| | 8 | 6.7386 | 2.13E-01 | 0.000 | 5.6267 | 7.8505 |
| | 9 | 31.3001 | 2.13E-01 | 0.000 | 30.1881 | 32.4120 |
| | 10 | 29.4081 | 2.13E-01 | 0.000 | 28.2962 | 30.5200 |
| 7 | 1 | -3.7001 | 2.13E-01 | 0.000 | -4.8120 | -2.5881 |
| | 2 | 3.2643 | 2.13E-01 | 0.000 | 2.1523 | 4.3762 |
| | 3 | 2.4701 | 2.13E-01 | 0.000 | 1.3582 | 3.5820 |
| | 4 | 1.7888 | 2.13E-01 | 0.002 | 0.6768 | 2.9007 |
| | 5 | -3.1011 | 2.13E-01 | 0.000 | -4.2130 | -1.9891 |
| | 6 | -2.8018 | 2.13E-01 | 0.000 | -3.9137 | -1.6899 |
| | 8 | 3.9368 | 2.13E-01 | 0.000 | 2.8249 | 5.0487 |
| | 9 | 28.4983 | 2.13E-01 | 0.000 | 27.3863 | 29.6102 |
| | 10 | 26.6063 | 2.13E-01 | 0.000 | 25.4944 | 27.7182 |
| 8 | 1 | -7.6369 | 2.13E-01 | 0.000 | -8.7488 | -6.5249 |
| | 2 | -0.6726 | 2.13E-01 | 0.436 | -1.7845 | 0.4394 |
| | 3 | -1.4667 | 2.13E-01 | 0.008 | -2.5786 | -0.3548 |
| | 4 | -2.1481 | 2.13E-01 | 0.000 | -3.2600 | -1.0361 |
| | 5 | -7.0379 | 2.13E-01 | 0.000 | -8.1498 | -5.9259 |
| | 6 | -6.7386 | 2.13E-01 | 0.000 | -7.8505 | -5.6267 |
| | 7 | -3.9368 | 2.13E-01 | 0.000 | -5.0487 | -2.8249 |
| | 9 | 24.5615 | 2.13E-01 | 0.000 | 23.4495 | 25.6734 |
| | 10 | 22.6695 | 2.13E-01 | 0.000 | 21.5576 | 23.7814 |
| 9 | 1 | -32.1983 | 2.13E-01 | 0.000 | -33.3102 | -31.0864 |
| | 2 | -25.2340 | 2.13E-01 | 0.000 | -26.3459 | -24.1221 |
| | 3 | -26.0282 | 2.13E-01 | 0.000 | -27.1401 | -24.9162 |
| | 4 | -26.7095 | 2.13E-01 | 0.000 | -27.8214 | -25.5976 |
| | 5 | -31.5993 | 2.13E-01 | 0.000 | -32.7112 | -30.4874 |
| | 6 | -31.3001 | 2.13E-01 | 0.000 | -32.4120 | -30.1881 |
| | 7 | -28.4983 | 2.13E-01 | 0.000 | -29.6102 | -27.3863 |
| | 8 | -24.5615 | 2.13E-01 | 0.000 | -25.6734 | -23.4495 |
| | 10 | -1.8920 | 2.13E-01 | 0.001 | -3.0039 | -0.7800 |
| 10 | 1 | -30.3064 | 2.13E-01 | 0.000 | -31.4183 | -29.1944 |
| | 2 | -23.3421 | 2.13E-01 | 0.000 | -24.4540 | -22.2301 |
| | 3 | -24.1362 | 2.13E-01 | 0.000 | -25.2481 | -23.0243 |
| | 4 | -24.8176 | 2.13E-01 | 0.000 | -25.9295 | -23.7056 |
| | 5 | -29.7074 | 2.13E-01 | 0.000 | -30.8193 | -28.5954 |
| | 6 | -29.4081 | 2.13E-01 | 0.000 | -30.5200 | -28.2962 |
| | 7 | -26.6063 | 2.13E-01 | 0.000 | -27.7182 | -25.4944 |
| | 8 | -22.6695 | 2.13E-01 | 0.000 | -23.7814 | -21.5576 |
| | 9 | 1.8920 | 2.13E-01 | 0.001 | 0.7800 | 3.0039 |

The mean difference is significant at the .05 level.

**Oneway**

**ANOVA**

FAT

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 28.185 | 9 | 3.132 | 719.273 | .000 |
| Within Groups | 4.354E-02 | 10 | 4.354E-03 | | |
| Total | 28.228 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FAT

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | -0.4635 | 6.60E-02 | 0.007 | -0.8075 | -0.1195 |
| | 3 | -1.5110 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.8550 | -1.1670 |
| | 4 | -1.1825 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.5265 | -0.8385 |
| | 5 | -0.7310 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0750 | -0.3870 |
| | 6 | -1.2025 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.5465 | -0.8585 |
| | 7 | -0.3840 | 6.60E-02 | 0.025 | -0.7280 | -0.0400 |
| | 8 | -0.8260 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.1700 | -0.4820 |
| | 9 | -4.4400 | 6.60E-02 | 0.000 | -4.7840 | -4.0960 |
| | 10 | -0.4555 | 6.60E-02 | 0.008 | -0.7995 | -0.1115 |
| 2 | 1 | 0.4635 | 6.60E-02 | 0.007 | 0.1195 | 0.8075 |
| | 3 | -1.0475 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.3915 | -0.7035 |
| | 4 | -0.7190 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0630 | -0.3750 |
| | 5 | -0.2675 | 6.60E-02 | 0.181 | -0.6115 | 0.0765 |
| | 6 | -0.7390 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0830 | -0.3950 |
| | 7 | 0.0795 | 6.60E-02 | 0.994 | -0.2645 | 0.4235 |
| | 8 | -0.3625 | 6.60E-02 | 0.036 | -0.7065 | -0.0185 |
| | 9 | -3.9765 | 6.60E-02 | 0.000 | -4.3205 | -3.6325 |
| | 10 | 0.0080 | 6.60E-02 | 1.000 | -0.3360 | 0.3520 |
| 3 | 1 | 1.5110 | 6.60E-02 | 0.000 | 1.1670 | 1.8550 |
| | 2 | 1.0475 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.7035 | 1.3915 |
| | 4 | 0.3285 | 6.60E-02 | 0.065 | -0.0155 | 0.6725 |
| | 5 | 0.7800 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.4360 | 1.1240 |
| | 6 | 0.3085 | 6.60E-02 | 0.092 | -0.0355 | 0.6525 |
| | 7 | 1.1270 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.7830 | 1.4710 |
| | 8 | 0.6850 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.3410 | 1.0290 |
| | 9 | -2.9290 | 6.60E-02 | 0.000 | -3.2730 | -2.5850 |
| | 10 | 1.0555 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.7115 | 1.3995 |
| 4 | 1 | 1.1825 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.8385 | 1.5265 |
| | 2 | 0.7190 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.3750 | 1.0630 |
| | 3 | -0.3285 | 6.60E-02 | 0.065 | -0.6725 | 0.0155 |
| | 5 | 0.4515 | 6.60E-02 | 0.008 | 0.1075 | 0.7955 |
| | 6 | -0.0200 | 6.60E-02 | 1.000 | -0.3640 | 0.3240 |
| | 7 | 0.7985 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.4545 | 1.1425 |
| | 8 | 0.3565 | 6.60E-02 | 0.040 | 0.0125 | 0.7005 |
| | 9 | -3.2575 | 6.60E-02 | 0.000 | -3.6015 | -2.9135 |
| | 10 | 0.7270 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.3830 | 1.0710 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | 0.7310 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.3870 | 1.0750 |
| | 2 | 0.2675 | 6.60E-02 | 0.181 | -0.0765 | 0.6115 |
| | 3 | -0.7800 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.1240 | -0.4360 |
| | 4 | -0.4515 | 6.60E-02 | 0.008 | -0.7955 | -0.1075 |
| | 6 | -0.4715 | 6.60E-02 | 0.006 | -0.8155 | -0.1275 |
| | 7 | 0.3470 | 6.60E-02 | 0.048 | 0.0030 | 0.6910 |
| | 8 | -0.0950 | 6.60E-02 | 0.981 | -0.4390 | 0.2490 |
| | 9 | -3.7090 | 6.60E-02 | 0.000 | -4.0530 | -3.3650 |
| | 10 | 0.2755 | 6.60E-02 | 0.159 | -0.0685 | 0.6195 |
| 6 | 1 | 1.2025 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.8585 | 1.5465 |
| | 2 | 0.7390 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.3950 | 1.0830 |
| | 3 | -0.3085 | 6.60E-02 | 0.092 | -0.6525 | 0.0355 |
| | 4 | 0.0200 | 6.60E-02 | 1.000 | -0.3240 | 0.3640 |
| | 5 | 0.4715 | 6.60E-02 | 0.006 | 0.1275 | 0.8155 |
| | 7 | 0.8185 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.4745 | 1.1625 |
| | 8 | 0.3765 | 6.60E-02 | 0.029 | 0.0325 | 0.7205 |
| | 9 | -3.2375 | 6.60E-02 | 0.000 | -3.5815 | -2.8935 |
| | 10 | 0.7470 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.4030 | 1.0910 |
| 7 | 1 | 0.3840 | 6.60E-02 | 0.025 | 0.0400 | 0.7280 |
| | 2 | -0.0795 | 6.60E-02 | 0.994 | -0.4235 | 0.2645 |
| | 3 | -1.1270 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.4710 | -0.7830 |
| | 4 | -0.7985 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.1425 | -0.4545 |
| | 5 | -0.3470 | 6.60E-02 | 0.048 | -0.6910 | -0.0030 |
| | 6 | -0.8185 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.1625 | -0.4745 |
| | 8 | -0.4420 | 6.60E-02 | 0.010 | -0.7860 | -0.0980 |
| | 9 | -4.0560 | 6.60E-02 | 0.000 | -4.4000 | -3.7120 |
| | 10 | -0.0715 | 6.60E-02 | 0.997 | -0.4155 | 0.2725 |
| 8 | 1 | 0.8260 | 6.60E-02 | 0.000 | 0.4820 | 1.1700 |
| | 2 | 0.3625 | 6.60E-02 | 0.036 | 0.0185 | 0.7065 |
| | 3 | -0.6850 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0290 | -0.3410 |
| | 4 | -0.3565 | 6.60E-02 | 0.040 | -0.7005 | -0.0125 |
| | 5 | 0.0950 | 6.60E-02 | 0.981 | -0.2490 | 0.4390 |
| | 6 | -0.3765 | 6.60E-02 | 0.029 | -0.7205 | -0.0325 |
| | 7 | 0.4420 | 6.60E-02 | 0.010 | 0.0980 | 0.7860 |
| | 9 | -3.6140 | 6.60E-02 | 0.000 | -3.9580 | -3.2700 |
| | 10 | 0.3705 | 6.60E-02 | 0.032 | 0.0265 | 0.7145 |
| 9 | 1 | 4.4400 | 6.60E-02 | 0.000 | 4.0960 | 4.7840 |
| | 2 | 3.9765 | 6.60E-02 | 0.000 | 3.6325 | 4.3205 |
| | 3 | 2.9290 | 6.60E-02 | 0.000 | 2.5850 | 3.2730 |
| | 4 | 3.2575 | 6.60E-02 | 0.000 | 2.9135 | 3.6015 |
| | 5 | 3.7090 | 6.60E-02 | 0.000 | 3.3650 | 4.0530 |
| | 6 | 3.2375 | 6.60E-02 | 0.000 | 2.8935 | 3.5815 |
| | 7 | 4.0560 | 6.60E-02 | 0.000 | 3.7120 | 4.4000 |
| | 8 | 3.6140 | 6.60E-02 | 0.000 | 3.2700 | 3.9580 |
| | 10 | 3.9845 | 6.60E-02 | 0.000 | 3.6405 | 4.3285 |
| 10 | 1 | 0.4555 | 6.60E-02 | 0.008 | 0.1115 | 0.7995 |
| | 2 | -0.0080 | 6.60E-02 | 1.000 | -0.3520 | 0.3360 |
| | 3 | -1.0555 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.3995 | -0.7115 |
| | 4 | -0.7270 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0710 | -0.3830 |
| | 5 | -0.2755 | 6.60E-02 | 0.159 | -0.6195 | 0.0685 |
| | 6 | -0.7470 | 6.60E-02 | 0.000 | -1.0910 | -0.4030 |
| | 7 | 0.0715 | 6.60E-02 | 0.997 | -0.2725 | 0.4155 |
| | 8 | -0.3705 | 6.60E-02 | 0.032 | -0.7145 | -0.0265 |
| | 9 | -3.9845 | 6.60E-02 | 0.000 | -4.3285 | -3.6405 |

The mean difference is significant at the .05 level.

**Oneway**

**ANOVA**

FIBER

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 292.833 | 9 | 32.537 | 7739.829 | .000 |
| Within Groups | 4.204E-02 | 10 | 4.204E-03 | | |
| Total | 292.875 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FIBER

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | 0.0169 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3211 | 0.3549 |
| | 3 | -0.0313 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3693 | 0.3067 |
| | 4 | 0.0525 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2856 | 0.3905 |
| | 5 | -0.1223 | 6.48E-02 | 0.911 | -0.4603 | 0.2158 |
| | 6 | -0.0757 | 6.48E-02 | 0.995 | -0.4137 | 0.2623 |
| | 7 | -0.1669 | 6.48E-02 | 0.672 | -0.5049 | 0.1711 |
| | 8 | -0.6839 | 6.48E-02 | 0.000 | -1.0219 | -0.3459 |
| | 9 | -12.8444 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.1824 | -12.5064 |
| | 10 | 0.0406 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2974 | 0.3786 |
| 2 | 1 | -0.0169 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3549 | 0.3211 |
| | 3 | -0.0482 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3862 | 0.2898 |
| | 4 | 0.0356 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3025 | 0.3736 |
| | 5 | -0.1392 | 6.48E-02 | 0.836 | -0.4772 | 0.1989 |
| | 6 | -0.0926 | 6.48E-02 | 0.982 | -0.4306 | 0.2454 |
| | 7 | -0.1838 | 6.48E-02 | 0.563 | -0.5218 | 0.1542 |
| | 8 | -0.7008 | 6.48E-02 | 0.000 | -1.0388 | -0.3628 |
| | 9 | -12.8613 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.1993 | -12.5233 |
| | 10 | 0.0237 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3143 | 0.3617 |
| 3 | 1 | 0.0313 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3067 | 0.3693 |
| | 2 | 0.0482 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2898 | 0.3862 |
| | 4 | 0.0838 | 6.48E-02 | 0.991 | -0.2543 | 0.4218 |
| | 5 | -0.0910 | 6.48E-02 | 0.984 | -0.4290 | 0.2471 |
| | 6 | -0.0444 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3824 | 0.2936 |
| | 7 | -0.1356 | 6.48E-02 | 0.854 | -0.4736 | 0.2024 |
| | 8 | -0.6526 | 6.48E-02 | 0.000 | -0.9906 | -0.3146 |
| | 9 | -12.8131 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.1511 | -12.4751 |
| | 10 | 0.0719 | 6.48E-02 | 0.997 | -0.2661 | 0.4099 |
| 4 | 1 | -0.0525 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3905 | 0.2856 |
| | 2 | -0.0356 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3736 | 0.3025 |
| | 3 | -0.0838 | 6.48E-02 | 0.991 | -0.4218 | 0.2543 |
| | 5 | -0.1747 | 6.48E-02 | 0.622 | -0.5127 | 0.1633 |
| | 6 | -0.1282 | 6.48E-02 | 0.888 | -0.4662 | 0.2099 |
| | 7 | -0.2194 | 6.48E-02 | 0.355 | -0.5574 | 0.1187 |
| | 8 | -0.7364 | 6.48E-02 | 0.000 | -1.0744 | -0.3983 |
| | 9 | -12.8969 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.2349 | -12.5588 |
| | 10 | -0.0119 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3499 | 0.3262 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | 0.1223 | 6.48E-02 | 0.911 | -0.2158 | 0.4603 |
| | 2 | 0.1392 | 6.48E-02 | 0.836 | -0.1989 | 0.4772 |
| | 3 | 0.0910 | 6.48E-02 | 0.984 | -0.2471 | 0.4290 |
| | 4 | 0.1747 | 6.48E-02 | 0.622 | -0.1633 | 0.5127 |
| | 6 | 0.0466 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2915 | 0.3846 |
| | 7 | -0.0447 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3827 | 0.2934 |
| | 8 | -0.5617 | 6.48E-02 | 0.001 | -0.8997 | -0.2236 |
| | 9 | -12.7222 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.0602 | -12.3841 |
| | 10 | 0.1629 | 6.48E-02 | 0.698 | -0.1752 | 0.5009 |
| 6 | 1 | 0.0757 | 6.48E-02 | 0.995 | -0.2623 | 0.4137 |
| | 2 | 0.0926 | 6.48E-02 | 0.982 | -0.2454 | 0.4306 |
| | 3 | 0.0444 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2936 | 0.3824 |
| | 4 | 0.1282 | 6.48E-02 | 0.888 | -0.2099 | 0.4662 |
| | 5 | -0.0466 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3846 | 0.2915 |
| | 7 | -0.0912 | 6.48E-02 | 0.984 | -0.4292 | 0.2468 |
| | 8 | -0.6082 | 6.48E-02 | 0.001 | -0.9462 | -0.2702 |
| | 9 | -12.7687 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.1067 | -12.4307 |
| | 10 | 0.1163 | 6.48E-02 | 0.931 | -0.2217 | 0.4543 |
| 7 | 1 | 0.1669 | 6.48E-02 | 0.672 | -0.1711 | 0.5049 |
| | 2 | 0.1838 | 6.48E-02 | 0.563 | -0.1542 | 0.5218 |
| | 3 | 0.1356 | 6.48E-02 | 0.854 | -0.2024 | 0.4736 |
| | 4 | 0.2194 | 6.48E-02 | 0.355 | -0.1187 | 0.5574 |
| | 5 | 0.0447 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.2934 | 0.3827 |
| | 6 | 0.0912 | 6.48E-02 | 0.984 | -0.2468 | 0.4292 |
| | 8 | -0.5170 | 6.48E-02 | 0.003 | -0.8550 | -0.1790 |
| | 9 | -12.6775 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.0155 | -12.3395 |
| | 10 | 0.2075 | 6.48E-02 | 0.419 | -0.1305 | 0.5455 |
| 8 | 1 | 0.6839 | 6.48E-02 | 0.000 | 0.3459 | 1.0219 |
| | 2 | 0.7008 | 6.48E-02 | 0.000 | 0.3628 | 1.0388 |
| | 3 | 0.6526 | 6.48E-02 | 0.000 | 0.3146 | 0.9906 |
| | 4 | 0.7364 | 6.48E-02 | 0.000 | 0.3983 | 1.0744 |
| | 5 | 0.5617 | 6.48E-02 | 0.001 | 0.2236 | 0.8997 |
| | 6 | 0.6082 | 6.48E-02 | 0.001 | 0.2702 | 0.9462 |
| | 7 | 0.5170 | 6.48E-02 | 0.003 | 0.1790 | 0.8550 |
| | 9 | -12.1605 | 6.48E-02 | 0.000 | -12.4985 | -11.8225 |
| | 10 | 0.7245 | 6.48E-02 | 0.000 | 0.3865 | 1.0625 |
| 9 | 1 | 12.8444 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.5064 | 13.1824 |
| | 2 | 12.8613 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.5233 | 13.1993 |
| | 3 | 12.8131 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.4751 | 13.1511 |
| | 4 | 12.8969 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.5588 | 13.2349 |
| | 5 | 12.7222 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.3841 | 13.0602 |
| | 6 | 12.7687 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.4307 | 13.1067 |
| | 7 | 12.6775 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.3395 | 13.0155 |
| | 8 | 12.1605 | 6.48E-02 | 0.000 | 11.8225 | 12.4985 |
| | 10 | 12.8850 | 6.48E-02 | 0.000 | 12.5470 | 13.2230 |
| 10 | 1 | -0.0406 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3786 | 0.2974 |
| | 2 | -0.0237 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3617 | 0.3143 |
| | 3 | -0.0719 | 6.48E-02 | 0.997 | -0.4099 | 0.2661 |
| | 4 | 0.0119 | 6.48E-02 | 1.000 | -0.3262 | 0.3499 |
| | 5 | -0.1629 | 6.48E-02 | 0.698 | -0.5009 | 0.1752 |
| | 6 | -0.1163 | 6.48E-02 | 0.931 | -0.4543 | 0.2217 |
| | 7 | -0.2075 | 6.48E-02 | 0.419 | -0.5455 | 0.1305 |
| | 8 | -0.7245 | 6.48E-02 | 0.000 | -1.0625 | -0.3865 |
| | 9 | -12.8850 | 6.48E-02 | 0.000 | -13.2230 | -12.5470 |

The mean difference is significant at the .05 level.

**Oneway**

**ANOVA**

ASH

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 707.118 | 9 | 78.569 | 4352.789 | .000 |
| Within Groups | .181 | 10 | 1.805E-02 | | |
| Total | 707.298 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ASH

Scheffe

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | -0.9185 | 1.34E-01 | 0.008 | -1.6190 | -0.2180 |
| | 3 | -0.9556 | 1.34E-01 | 0.006 | -1.6560 | -0.2551 |
| | 4 | -1.9458 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.6462 | -1.2453 |
| | 5 | 3.0633 | 1.34E-01 | 0.000 | 2.3628 | 3.7637 |
| | 6 | 1.7922 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.0917 | 2.4927 |
| | 7 | 1.5306 | 1.34E-01 | 0.000 | 0.8301 | 2.2311 |
| | 8 | 0.7047 | 1.34E-01 | 0.048 | 0.0042 | 1.4051 |
| | 9 | 16.4870 | 1.34E-01 | 0.000 | 15.7865 | 17.1874 |
| | 10 | 12.9521 | 1.34E-01 | 0.000 | 12.2516 | 13.6525 |
| 2 | 1 | 0.9185 | 1.34E-01 | 0.008 | 0.2180 | 1.6190 |
| | 3 | -0.0371 | 1.34E-01 | 1.000 | -0.7375 | 0.6634 |
| | 4 | -1.0273 | 1.34E-01 | 0.004 | -1.7277 | -0.3268 |
| | 5 | 3.9818 | 1.34E-01 | 0.000 | 3.2813 | 4.6822 |
| | 6 | 2.7107 | 1.34E-01 | 0.000 | 2.0102 | 3.4112 |
| | 7 | 2.4491 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.7486 | 3.1496 |
| | 8 | 1.6232 | 1.34E-01 | 0.000 | 0.9227 | 2.3236 |
| | 9 | 17.4055 | 1.34E-01 | 0.000 | 16.7050 | 18.1059 |
| | 10 | 13.8706 | 1.34E-01 | 0.000 | 13.1701 | 14.5710 |
| 3 | 1 | 0.9556 | 1.34E-01 | 0.006 | 0.2551 | 1.6560 |
| | 2 | 0.0371 | 1.34E-01 | 1.000 | -0.6634 | 0.7375 |
| | 4 | -0.9902 | 1.34E-01 | 0.005 | -1.6907 | -0.2897 |
| | 5 | 4.0188 | 1.34E-01 | 0.000 | 3.3183 | 4.7193 |
| | 6 | 2.7478 | 1.34E-01 | 0.000 | 2.0473 | 3.4482 |
| | 7 | 2.4862 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.7857 | 3.1866 |
| | 8 | 1.6602 | 1.34E-01 | 0.000 | 0.9597 | 2.3607 |
| | 9 | 17.4425 | 1.34E-01 | 0.000 | 16.7420 | 18.1430 |
| | 10 | 13.9076 | 1.34E-01 | 0.000 | 13.2071 | 14.6081 |
| 4 | 1 | 1.9458 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.2453 | 2.6462 |
| | 2 | 1.0273 | 1.34E-01 | 0.004 | 0.3268 | 1.7277 |
| | 3 | 0.9902 | 1.34E-01 | 0.005 | 0.2897 | 1.6907 |
| | 5 | 5.0090 | 1.34E-01 | 0.000 | 4.3085 | 5.7095 |
| | 6 | 3.7380 | 1.34E-01 | 0.000 | 3.0375 | 4.4384 |
| | 7 | 3.4764 | 1.34E-01 | 0.000 | 2.7759 | 4.1768 |
| | 8 | 2.6504 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.9499 | 3.3509 |
| | 9 | 18.4327 | 1.34E-01 | 0.000 | 17.7322 | 19.1332 |
| | 10 | 14.8978 | 1.34E-01 | 0.000 | 14.1973 | 15.5983 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | -3.0633 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.7637 | -2.3628 |
| | 2 | -3.9818 | 1.34E-01 | 0.000 | -4.6822 | -3.2813 |
| | 3 | -4.0188 | 1.34E-01 | 0.000 | -4.7193 | -3.3183 |
| | 4 | -5.0090 | 1.34E-01 | 0.000 | -5.7095 | -4.3085 |
| | 6 | -1.2711 | 1.34E-01 | 0.001 | -1.9715 | -0.5706 |
| | 7 | -1.5327 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.2331 | -0.8322 |
| | 8 | -2.3586 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.0591 | -1.6581 |
| | 9 | 13.4237 | 1.34E-01 | 0.000 | 12.7232 | 14.1242 |
| | 10 | 9.8888 | 1.34E-01 | 0.000 | 9.1883 | 10.5893 |
| 6 | 1 | -1.7922 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.4927 | -1.0917 |
| | 2 | -2.7107 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.4112 | -2.0102 |
| | 3 | -2.7478 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.4482 | -2.0473 |
| | 4 | -3.7380 | 1.34E-01 | 0.000 | -4.4384 | -3.0375 |
| | 5 | 1.2711 | 1.34E-01 | 0.001 | 0.5706 | 1.9715 |
| | 7 | -0.2616 | 1.34E-01 | 0.896 | -0.9621 | 0.4389 |
| | 8 | -1.0876 | 1.34E-01 | 0.002 | -1.7880 | -0.3871 |
| | 9 | 14.6948 | 1.34E-01 | 0.000 | 13.9943 | 15.3952 |
| | 10 | 11.1599 | 1.34E-01 | 0.000 | 10.4594 | 11.8603 |
| 7 | 1 | -1.5306 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.2311 | -0.8301 |
| | 2 | -2.4491 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.1496 | -1.7486 |
| | 3 | -2.4862 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.1866 | -1.7857 |
| | 4 | -3.4764 | 1.34E-01 | 0.000 | -4.1768 | -2.7759 |
| | 5 | 1.5327 | 1.34E-01 | 0.000 | 0.8322 | 2.2331 |
| | 6 | 0.2616 | 1.34E-01 | 0.896 | -0.4389 | 0.9621 |
| | 8 | -0.8259 | 1.34E-01 | 0.018 | -1.5264 | -0.1255 |
| | 9 | 14.9564 | 1.34E-01 | 0.000 | 14.2559 | 15.6568 |
| | 10 | 11.4215 | 1.34E-01 | 0.000 | 10.7210 | 12.1219 |
| 8 | 1 | -0.7047 | 1.34E-01 | 0.048 | -1.4051 | -0.0042 |
| | 2 | -1.6232 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.3236 | -0.9227 |
| | 3 | -1.6602 | 1.34E-01 | 0.000 | -2.3607 | -0.9597 |
| | 4 | -2.6504 | 1.34E-01 | 0.000 | -3.3509 | -1.9499 |
| | 5 | 2.3586 | 1.34E-01 | 0.000 | 1.6581 | 3.0591 |
| | 6 | 1.0876 | 1.34E-01 | 0.002 | 0.3871 | 1.7880 |
| | 7 | 0.8259 | 1.34E-01 | 0.018 | 0.1255 | 1.5264 |
| | 9 | 15.7823 | 1.34E-01 | 0.000 | 15.0818 | 16.4828 |
| | 10 | 12.2474 | 1.34E-01 | 0.000 | 11.5469 | 12.9479 |
| 9 | 1 | -16.4870 | 1.34E-01 | 0.000 | -17.1874 | -15.7865 |
| | 2 | -17.4055 | 1.34E-01 | 0.000 | -18.1059 | -16.7050 |
| | 3 | -17.4425 | 1.34E-01 | 0.000 | -18.1430 | -16.7420 |
| | 4 | -18.4327 | 1.34E-01 | 0.000 | -19.1332 | -17.7322 |
| | 5 | -13.4237 | 1.34E-01 | 0.000 | -14.1242 | -12.7232 |
| | 6 | -14.6948 | 1.34E-01 | 0.000 | -15.3952 | -13.9943 |
| | 7 | -14.9564 | 1.34E-01 | 0.000 | -15.6568 | -14.2559 |
| | 8 | -15.7823 | 1.34E-01 | 0.000 | -16.4828 | -15.0818 |
| | 10 | -3.5349 | 1.34E-01 | 0.000 | -4.2354 | -2.8344 |
| 10 | 1 | -12.9521 | 1.34E-01 | 0.000 | -13.6525 | -12.2516 |
| | 2 | -13.8706 | 1.34E-01 | 0.000 | -14.5710 | -13.1701 |
| | 3 | -13.9076 | 1.34E-01 | 0.000 | -14.6081 | -13.2071 |
| | 4 | -14.8978 | 1.34E-01 | 0.000 | -15.5983 | -14.1973 |
| | 5 | -9.8888 | 1.34E-01 | 0.000 | -10.5893 | -9.1883 |
| | 6 | -11.1599 | 1.34E-01 | 0.000 | -11.8603 | -10.4594 |
| | 7 | -11.4215 | 1.34E-01 | 0.000 | -12.1219 | -10.7210 |
| | 8 | -12.2474 | 1.34E-01 | 0.000 | -12.9479 | -11.5469 |
| | 9 | 3.5349 | 1.34E-01 | 0.000 | 2.8344 | 4.2354 |

The mean difference is significant at the .05 level.

**Oneway**

**ANOVA**

CARBO

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 3432.610 | 9 | 381.401 | 5607.088 | .000 |
| Within Groups | .680 | 10 | 6.802E-02 | | |
| Total | 3433.290 | 19 | | | |

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CARBO

Scheffe

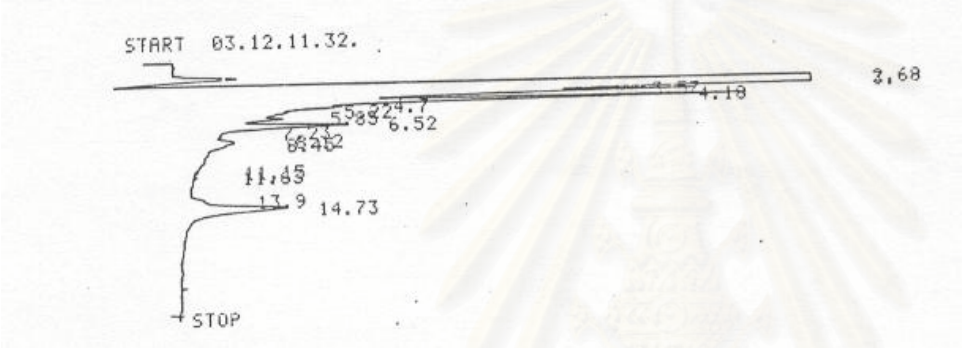
| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | -4.9232 | 2.61E-01 | 0.000 | -6.2830 | -3.5634 |
| | 3 | -2.8339 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.1937 | -1.4741 |
| | 4 | -1.5400 | 2.61E-01 | 0.023 | -2.8998 | -0.1802 |
| | 5 | 2.0515 | 2.61E-01 | 0.003 | 0.6917 | 3.4113 |
| | 6 | 1.6533 | 2.61E-01 | 0.014 | 0.2935 | 3.0130 |
| | 7 | -1.8193 | 2.61E-01 | 0.007 | -3.1790 | -0.4595 |
| | 8 | -4.7021 | 2.61E-01 | 0.000 | -6.0619 | -3.3423 |
| | 9 | -29.9184 | 2.61E-01 | 0.000 | -31.2781 | -28.5586 |
| | 10 | -37.1680 | 2.61E-01 | 0.000 | -38.5278 | -35.8082 |
| 2 | 1 | 4.9232 | 2.61E-01 | 0.000 | 3.5634 | 6.2830 |
| | 3 | 2.0893 | 2.61E-01 | 0.003 | 0.7295 | 3.4491 |
| | 4 | 3.3832 | 2.61E-01 | 0.000 | 2.0234 | 4.7430 |
| | 5 | 6.9747 | 2.61E-01 | 0.000 | 5.6149 | 8.3345 |
| | 6 | 6.5764 | 2.61E-01 | 0.000 | 5.2167 | 7.9362 |
| | 7 | 3.1040 | 2.61E-01 | 0.000 | 1.7442 | 4.4637 |
| | 8 | 0.2211 | 2.61E-01 | 1.000 | -1.1387 | 1.5809 |
| | 9 | -24.9952 | 2.61E-01 | 0.000 | -26.3549 | -23.6354 |
| | 10 | -32.2448 | 2.61E-01 | 0.000 | -33.6046 | -30.8850 |
| 3 | 1 | 2.8339 | 2.61E-01 | 0.000 | 1.4741 | 4.1937 |
| | 2 | -2.0893 | 2.61E-01 | 0.003 | -3.4491 | -0.7295 |
| | 4 | 1.2939 | 2.61E-01 | 0.066 | -0.0659 | 2.6537 |
| | 5 | 4.8854 | 2.61E-01 | 0.000 | 3.5256 | 6.2452 |
| | 6 | 4.4872 | 2.61E-01 | 0.000 | 3.1274 | 5.8469 |
| | 7 | 1.0147 | 2.61E-01 | 0.215 | -0.3451 | 2.3744 |
| | 8 | -1.8682 | 2.61E-01 | 0.006 | -3.2280 | -0.5084 |
| | 9 | -27.0845 | 2.61E-01 | 0.000 | -28.4442 | -25.7247 |
| | 10 | -34.3341 | 2.61E-01 | 0.000 | -35.6939 | -32.9743 |
| 4 | 1 | 1.5400 | 2.61E-01 | 0.023 | 0.1802 | 2.8998 |
| | 2 | -3.3832 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.7430 | -2.0234 |
| | 3 | -1.2939 | 2.61E-01 | 0.066 | -2.6537 | 0.0659 |
| | 5 | 3.5915 | 2.61E-01 | 0.000 | 2.2317 | 4.9513 |
| | 6 | 3.1933 | 2.61E-01 | 0.000 | 1.8335 | 4.5530 |
| | 7 | -0.2792 | 2.61E-01 | 0.998 | -1.6390 | 1.0805 |
| | 8 | -3.1621 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.5219 | -1.8023 |
| | 9 | -28.3784 | 2.61E-01 | 0.000 | -29.7381 | -27.0186 |
| | 10 | -35.6280 | 2.61E-01 | 0.000 | -36.9878 | -34.2682 |

| (I) TYPE | (J) TYPE | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 5 | 1 | -2.0515 | 2.61E-01 | 0.003 | -3.4113 | -0.6917 |
| | 2 | -6.9747 | 2.61E-01 | 0.000 | -8.3345 | -5.6149 |
| | 3 | -4.8854 | 2.61E-01 | 0.000 | -6.2452 | -3.5256 |
| | 4 | -3.5915 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.9513 | -2.2317 |
| | 6 | -0.3983 | 2.61E-01 | 0.973 | -1.7580 | 0.9615 |
| | 7 | -3.8708 | 2.61E-01 | 0.000 | -5.2305 | -2.5110 |
| | 8 | -6.7536 | 2.61E-01 | 0.000 | -8.1134 | -5.3938 |
| | 9 | -31.9699 | 2.61E-01 | 0.000 | -33.3296 | -30.6101 |
| | 10 | -39.2195 | 2.61E-01 | 0.000 | -40.5793 | -37.8597 |
| 6 | 1 | -1.6533 | 2.61E-01 | 0.014 | -3.0130 | -0.2935 |
| | 2 | -6.5764 | 2.61E-01 | 0.000 | -7.9362 | -5.2167 |
| | 3 | -4.4872 | 2.61E-01 | 0.000 | -5.8469 | -3.1274 |
| | 4 | -3.1933 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.5530 | -1.8335 |
| | 5 | 0.3983 | 2.61E-01 | 0.973 | -0.9615 | 1.7580 |
| | 7 | -3.4725 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.8323 | -2.1127 |
| | 8 | -6.3554 | 2.61E-01 | 0.000 | -7.7151 | -4.9956 |
| | 9 | -31.5716 | 2.61E-01 | 0.000 | -32.9314 | -30.2118 |
| | 10 | -38.8213 | 2.61E-01 | 0.000 | -40.1810 | -37.4615 |
| 7 | 1 | 1.8193 | 2.61E-01 | 0.007 | 0.4595 | 3.1790 |
| | 2 | -3.1040 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.4637 | -1.7442 |
| | 3 | -1.0147 | 2.61E-01 | 0.215 | -2.3744 | 0.3451 |
| | 4 | 0.2792 | 2.61E-01 | 0.998 | -1.0805 | 1.6390 |
| | 5 | 3.8708 | 2.61E-01 | 0.000 | 2.5110 | 5.2305 |
| | 6 | 3.4725 | 2.61E-01 | 0.000 | 2.1127 | 4.8323 |
| | 8 | -2.8829 | 2.61E-01 | 0.000 | -4.2426 | -1.5231 |
| | 9 | -28.0991 | 2.61E-01 | 0.000 | -29.4589 | -26.7393 |
| | 10 | -35.3488 | 2.61E-01 | 0.000 | -36.7085 | -33.9890 |
| 8 | 1 | 4.7021 | 2.61E-01 | 0.000 | 3.3423 | 6.0619 |
| | 2 | -0.2211 | 2.61E-01 | 1.000 | -1.5809 | 1.1387 |
| | 3 | 1.8682 | 2.61E-01 | 0.006 | 0.5084 | 3.2280 |
| | 4 | 3.1621 | 2.61E-01 | 0.000 | 1.8023 | 4.5219 |
| | 5 | 6.7536 | 2.61E-01 | 0.000 | 5.3938 | 8.1134 |
| | 6 | 6.3554 | 2.61E-01 | 0.000 | 4.9956 | 7.7151 |
| | 7 | 2.8829 | 2.61E-01 | 0.000 | 1.5231 | 4.2426 |
| | 9 | -25.2163 | 2.61E-01 | 0.000 | -26.5760 | -23.8565 |
| | 10 | -32.4659 | 2.61E-01 | 0.000 | -33.8257 | -31.1061 |
| 9 | 1 | 29.9184 | 2.61E-01 | 0.000 | 28.5586 | 31.2781 |
| | 2 | 24.9952 | 2.61E-01 | 0.000 | 23.6354 | 26.3549 |
| | 3 | 27.0845 | 2.61E-01 | 0.000 | 25.7247 | 28.4442 |
| | 4 | 28.3784 | 2.61E-01 | 0.000 | 27.0186 | 29.7381 |
| | 5 | 31.9699 | 2.61E-01 | 0.000 | 30.6101 | 33.3296 |
| | 6 | 31.5716 | 2.61E-01 | 0.000 | 30.2118 | 32.9314 |
| | 7 | 28.0991 | 2.61E-01 | 0.000 | 26.7393 | 29.4589 |
| | 8 | 25.2163 | 2.61E-01 | 0.000 | 23.8565 | 26.5760 |
| | 10 | -7.2497 | 2.61E-01 | 0.000 | -8.6094 | -5.8899 |
| 10 | 1 | 37.1680 | 2.61E-01 | 0.000 | 35.8082 | 38.5278 |
| | 2 | 32.2448 | 2.61E-01 | 0.000 | 30.8850 | 33.6046 |
| | 3 | 34.3341 | 2.61E-01 | 0.000 | 32.9743 | 35.6939 |
| | 4 | 35.6280 | 2.61E-01 | 0.000 | 34.2682 | 36.9878 |
| | 5 | 39.2195 | 2.61E-01 | 0.000 | 37.8597 | 40.5793 |
| | 6 | 38.8213 | 2.61E-01 | 0.000 | 37.4615 | 40.1810 |
| | 7 | 35.3488 | 2.61E-01 | 0.000 | 33.9890 | 36.7085 |
| | 8 | 32.4659 | 2.61E-01 | 0.000 | 31.1061 | 33.8257 |
| | 9 | 7.2497 | 2.61E-01 | 0.000 | 5.8899 | 8.6094 |

The mean difference is significant at the .05 level.

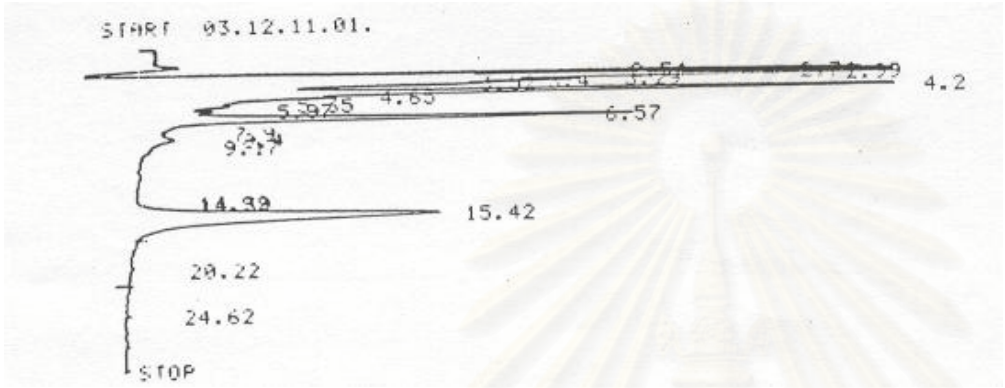
## ภาคผนวก จ.

### ผลวิเคราะห์ HPLC (High Performance Liquid Chromatography)




| # | NAME | Time | Conc | MK | AREA |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2.68 | 27.5352 | V | 720867 |
| 0 | | 3. | 25.9589 | V | 679600 |
| 0 | | 3.57 | 12.5984 | V | 329825 |
| 0 | | 4.18 | 13.6043 | V | 356160 |
| 0 | | 4.7 | 4.6833 | V | 122610 |
| 0 | | 5.22 | 3.3414 | V | 87479 |
| 0 | | 5.85 | 2.2995 | V | 60200 |
| 0 | | 6.52 | 4.2697 | V | 111781 |
| 0 | | 8.12 | 0.5382 | | 14091 |
| 0 | | 8.45 | 0.2485 | V | 6507 |
| 0 | | 13.9 | 0.3126 | | 8184 |
| 0 | | 14.73 | 4.6093 | V | 120672 |
| | TOTAL | | 100. | | 26179 |

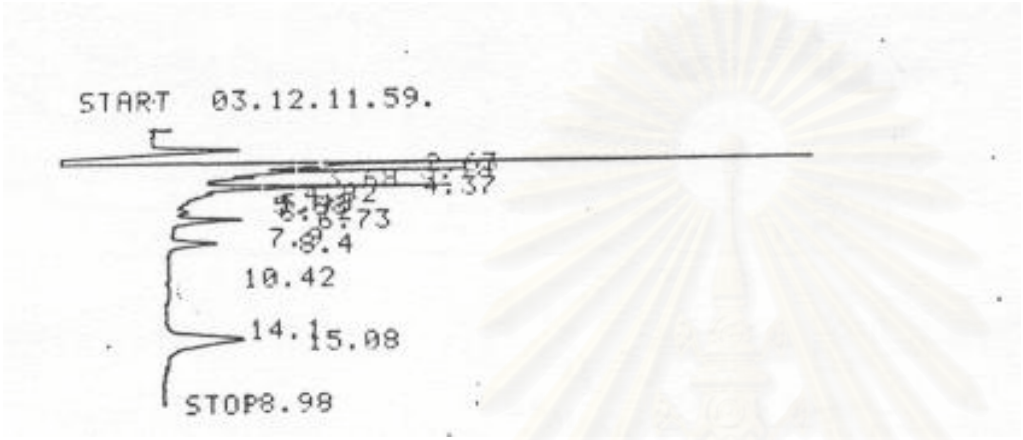
รูปที่ 1 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย




| # | NAME | Time | Conc | MK | AREA |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2.54 | 6.4218 | | 183058 |
| 0 | | 2.74 | 3.9551 | V | 112744 |
| 0 | | 2.99 | 13.5702 | V | 386829 |
| 0 | | 3.29 | 4.2602 | V | 121442 |
| 0 | | 3.4 | 3.2027 | V | 91295 |
| 0 | | 3.52 | 6.5248 | V | 185995 |
| 0 | | 4.2 | 19.0083 | V | 541846 |
| 0 | | 4.62 | 6.9462 | V | 198008 |
| 0 | | 5.35 | 3.2011 | V | 91250 |
| 0 | | 5.87 | 2.2344 | V | 63694 |
| 0 | | 6.57 | 14.4238 | V | 411163 |
| 0 | | 7.9 | 0.6625 | V | 18885 |
| 0 | | 8.4 | 1.6473 | V | 46957 |
| 0 | | 15.42 | 13.9411 | V | 397404 |
| | | TOTAL | 100. | | 2850576 |

รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย

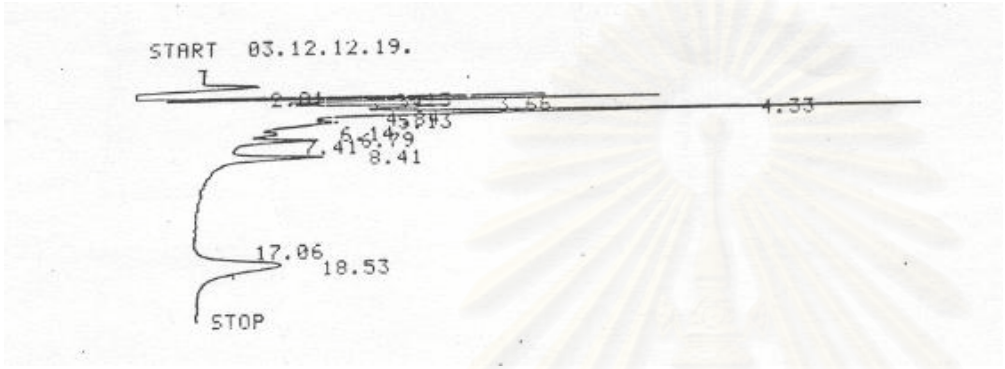
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| # | NAME | Time | Conc | MK | AREA |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2.63 | 23.0214 | V | 221822 |
| 0 | | 3.18 | 17.4039 | V | 167695 |
| 0 | | 3.68 | 8.6568 | V | 83412 |
| 0 | | 4.37 | 20.4974 | V | 197501 |
| 0 | | 4.82 | 8.8284 | V | 85066 |
| 0 | | 5.48 | 3.7282 | V | 35923 |
| 0 | | 5.68 | 0.7468 | V | 7195 |
| 0 | | 6.12 | 4.4498 | V | 42875 |
| 0 | | 6.73 | 4.4681 | V | 43052 |
| 0 | | 8.4 | 1.9254 | V | 18552 |
| 0 | | 15.08 | 6.2734 | V | 60447 |
| | TOTAL | | 99.9999 | | 963545 |

รูปที่ 3 โครมาโทแกรมของแซมแพกซ์ที่ใช้ 30%เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




| # | NAME | Time | Conc | MK | AREA |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2.81 | 6.1937 | V | 103289 |
| 0 | | 3.13 | 10.6613 | V | 177792 |
| 0 | | 3.39 | 4.9684 | V | 82855 |
| 0 | | 3.66 | 11.9537 | V | 199345 |
| 0 | | 4.33 | 28.3148 | V | 472187 |
| 0 | | 4.84 | 3.663 | V | 61086 |
| 0 | | 5.13 | 11.807 | V | 196897 |
| 0 | | 6.14 | 4.7219 | V | 78745 |
| 0 | | 6.79 | 4.7524 | V | 79254 |
| 0 | | 8.41 | 3.4947 | | 58279 |
| 0 | | 18.53 | 9.4682 | V | 157900 |
| | TOTAL | | 100. | | 1667632 |

รูปที่ 4 โครมาโทแกรมของแชมแพกซ์ที่ใช้ 0.5%สารละลายกรดซิตริกเป็นตัวทำละลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวฐิตา ฟูเผ่า เกิดที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2522 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี 2543 และในปีเดียวกันเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย