# สารบาญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| คำขอบคุณ | ค |
| บทคัดย่อ | ง |
| Abstract | จ |
| รายการตารางประกอบ | ฌ |
| รายการรูปประกอบ | ญ |
| รายการอักษรย่อ | ฒ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วเหลือง | 1 |
| 1.1.1 ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากถั่วเหลืองหมัก | 1 |
| 1.1.2 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง | 2 |
| 1.1.3 การจำแนกพันธุ์ถั่วเหลือง | 3 |
| 1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารหอมระเหย | 8 |
| 1.2.1 สารหอมระเหยธรรมชาติ | 8 |
| 1.2.2 สารหอมระเหยสังเคราะห์ | 8 |
| 1.2.3 สารหอมระเหยเทียม | 9 |
| 1.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สารหอมระเหย | 10 |
| 1.3.1 กาซโครมาโตกราฟี | 10 |
| 1.3.2 แมสสเปคโตรเมตรี | 18 |
| 1.3.3 กาซโครมาโตกราฟี–แมสสเปคโตรเมตรี | 19 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 2 การทดลอง** | 21 |
| 2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 21 |
| 2.2 สารเคมีที่ใช้ | 21 |
| 2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง | 21 |
| 2.4 วิธีการทดลอง | 22 |
| 2.4.1 การหมักถั่วเหลือง | 22 |
| 2.4.2 การสกัดแยกสารให้กลิ่น | 23 |
| 2.4.3 การทำสารให้กลิ่นที่สกัดได้เข้มข้นขึ้น | 24 |
| 2.4.4 การศึกษาสารให้กลิ่นโดยวิธีกาซโครมาโตกราฟี | 25 |
| 2.4.5 การศึกษาสารให้กลิ่นโดยวิธีกาซโครมาโตกราฟี-แมสสเปคโตรเมตรี | 26 |
| **บทที่ 3 ผลการทดลอง** | 27 |
| 3.1 การหมักถั่วเหลืองด้วยวัสดุต่าง ๆ เทียบกับการหมักด้วยใบตองเหียง | 27 |
| 3.2 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นถั่วเน่าโดยใช้เครื่องมือกาซโครมาโตกราฟี-แมสสเปคโตรเมตรี | 28 |
| 3.3 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นถั่วเน่าโดยใช้เครื่องมือกาซโครมาโตกราฟี | 83 |
| 3.4 เปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ของสารบางตัวที่วิเคราะห์ได้จากถั่วเน่า A5 เทียบกับ A7 | 83 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง | 93 |
| เอกสารอ้างอิง | 99 |
| ประวัติการศึกษา | 101 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# รายการตารางประกอบ


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | แสดงผลของการหมักถั่วเหลืองด้วยวัสดุต่าง ๆ | 27 |
| 3.2 | แสดงรายละเอียดสารละลายที่สกัดได้จากถั่วเน่า | 28 |
| 3.3 | แสดงสารประกอบที่วิเคราะห์ได้จากสารตัวอย่าง A7 | 47 |
| 3.4 | แสดงสารประกอบที่วิเคราะห์ได้จากสารตัวอย่าง A5 | 81 |
| 3.5 | แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ของสารบางตัวที่วิเคราะห์ได้จากถั่วเน่า A5 เทียบกับ A7 | 84 |
| 4.1 | สมบัติบางประการและกลิ่นของสารประกอบบางชนิดจากสารละลายตัวอย่าง A5 และ A7 | 95 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# รายการรูปประกอบ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | แผนผังแสดงส่วนประกอบของเครื่องมือกาซโครมาโตกราฟี | 12 |
| 1.2 | แสดงส่วนประกอบของส่วนที่ฉีดสารตัวอย่าง | 14 |
| 1.3 | แสดง Hydrogen Flame Detector (HFD) | 16 |
| 1.4 | แสดง Flame Ionization Detector (FID) | 17 |
| 1.5 | แสดงระบบของกาซโครมาโตกราฟี-แมสสเปคโตรเมตรี | 20 |
| 2.1 | เครื่องมือสกัดแบบกลั่นและสกัดพร้อมกัน | 23 |
| 3.1 | โครมาโตแกรมของสารตัวอย่าง A7 | 29 |
| | 3.1.1 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 99, 269 และ 276 | 30 |
| | 3.1.2 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 280, 294 และ 299 | 31 |
| | 3.1.3 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 338, 341 และ 385 | 32 |
| | 3.1.4 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 391, 398 และ 428 | 33 |
| | 3.1.5 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 449, 495 และ 554 | 34 |
| | 3.1.6 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 584, 694 และ 825 | 35 |
| | 3.1.7 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 975, 1041 และ 1149 | 36 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ หน้า

3.1.8 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1190, 1226 และ 1306 37
3.1.9 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1338, 1471 และ 1575 38
3.1.10 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1735, 1751 และ 1879 39
3.1.11 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1956, 2112 และ 2222 40
3.1.12 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2287, 2310 และ 2337 41
3.1.13 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2365, 2393 และ 2543 42
3.1.14 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2898, 3113 และ 3271 43
3.1.15 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 3388, 3598 และ 3624 44
3.1.16 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4052, 4226 และ 4474 45
3.1.17 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4958, 5694 และ 5735 46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.2 | โครมาโตแกรมของสารตัวอย่าง A5 | 49 |
| | 3.2.1 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 280, 293 และ 341 | 50 |
| | 3.2.2 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 384, 416 และ 427 | 51 |
| | 3.2.3 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 558, 693 และ 848 | 52 |
| | 3.2.4 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 974, 1038 และ 1086 | 53 |
| | 3.2.5 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1093, 1147 และ 1160 | 54 |
| | 3.2.6 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1187, 1225 และ 1254 | 55 |
| | 3.2.7 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1292, 1331 และ 1446 | 56 |
| | 3.2.8 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1468, 1491 และ 1543 | 57 |
| | 3.2.9 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1573, 1653 และ 1689 | 58 |
| | 3.2.10 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1731, 1786 และ 1877 | 59 |
| | 3.2.11 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1919, 1932 และ 1953 | 60 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ หน้า

3.2.12 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 1998, 2048 และ 2080 61
3.2.13 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2103, 2110 และ 2139 62
3.2.14 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2155, 2221 และ 2352 63
3.2.15 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2541, 2686 และ 2743 64
3.2.16 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2916, 2923 และ 2945 65
3.2.17 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 2975, 3047 และ 3111 66
3.2.18 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 3268, 3386 และ 3449 67
3.2.19 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 3477, 3619 และ 3639 68
3.2.20 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 3723, 3745 และ 3898 69
3.2.21 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4054, 4105 และ 4141 70
3.2.22 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4162, 4177 และ 4224 71
3.2.23 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4365, 4386 และ 4453 72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ หน้า


3.2.24 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4510, 4587 และ 4604 73

3.2.25 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4619, 4650 และ 4692 74

3.2.26 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4709, 4785 และ 4846 75

3.2.27 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 4883, 4897 และ 4964 76

3.2.28 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 5103, 5127 และ 5184 77

3.2.29 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 5241, 5286 และ 5308 78

3.2.30 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 5409, 5656 และ 5733 79

3.2.31 แมสสเปคตราของพีคนัมเบอร์ 5742, 5862 และ 5872 80

3.3 โครมาโตแกรมของสาร A1 86

3.4 โครมาโตแกรมของสาร A2 87

3.5 โครมาโตแกรมของสาร A3 88

3.6 โครมาโตแกรมของสาร A4 89

3.7 โครมาโตแกรมของสาร A5 90

3.8 โครมาโตแกรมของสาร A6 91

3.9 โครมาโตแกรมของสาร A7 92


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# รายการอักษรย่อ

| | | |
|---|---|---|
| ซม$^3$ | = | ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| °ซ | = | องศาเซลเซียส |
| ซม. | = | เซนติเมตร |
| GC | = | กาซโครมาโตกราฟี |
| MS | = | แมสสเปคโตรเมตรี |
| µl | = | ไมโครลิตร |
| m | = | เมตร |
| mm | = | มิลลิเมตร |
| % | = | เปอร์เซ็นต์ |
| GC-MS | = | กาซโครมาโตกราฟี-แมสสเปคโตรเมตรี |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved