

157714

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของดอกบุนนาค และ
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาคและยาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค

Antioxidant and anticancer activities of *Mesua ferrea* flowers, the
development of *Mesua ferrea* flowers as infusion and inhalation products

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เขียวสะอาด

นายประพันธ์ จิโน



รายงานวิจัยฉบับที่ 357

พ.ศ. 2560

มหาวิทยาลัยพายัพ

- ชื่อเรื่อง** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของดอกบุนนาค และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาคและยาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค
- ผู้เขียน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เขียวสะอาด และนายประพันธ์ จิโน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยของเกสรและกลีบดอกบุนนาค วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาคและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค ในการหาองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหย ใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งปริมาณน้อย (solid phase microextraction, SPME) ร่วมกับเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี (gas chromatography/mass spectrometry, GC/MS) พบว่า สารที่เป็นองค์ประกอบหลักในเกสรบุนนาค ได้แก่ α -farnesene (17.27%), β -ionone (6.79%), (*E*)-nerolidol (4.82%), α -ionone (4.03%), β -farnesene (3.13%), methyl-4-methoxybenzoate (2.62%), α -copaene (1.85%), δ -cadinene (1.68%) และ β -bisabolene (1.24%) สารที่เป็นองค์ประกอบหลักในกลีบดอกบุนนาค ได้แก่ germacrene D (13.49%), δ -cadinene (12.19%), α -copaene (7.17%), alloaromadendrene (5.28%), α -farnesene (4.47%), α -panasinsen (3.92%), (*E*)-caryophyllene (2.44%), α -ylangene (1.60%), α -cubebene (1.34%) และ bicycloelemene (1.18%) เมื่อนำเกสรดอกบุนนาค กลีบดอกบุนนาค และดอกบุนนาคทั้งดอกมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล นำสารสกัดไปหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent พบว่า สารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดอื่น มีค่าเท่ากับ 203.20 ± 2.12 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามด้วยสารสกัดกลีบดอกบุนนาคและเกสรดอกบุนนาค ตามลำดับ เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) และวิธี ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) พบว่า สารสกัดดอกบุนนาคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดกลีบดอกบุนนาคและเกสรดอกบุนนาค จากทั้งวิธี DPPH และ ABTS มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.1116 ± 0.0030 และ 0.0546 ± 0.0015 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ได้นำสารสกัดมาทดสอบฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของมนุษย์ 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์มะเร็งช่องปากชนิด KB, เซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 และเซลล์มะเร็งปอดชนิด NCI-H 187 ด้วยวิธี Resazurin Microplate Assay (REMA) และทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติของเซลล์ไตลิง ด้วยวิธี

Green fluorescent protein (GFP)-based assay พบว่าสารสกัดเกสรดอกบุนนาคมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของปากชนิด KB และเซลล์มะเร็งปอดชนิด NCI-H187 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 32.82 และ 25.03 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่าสารสกัดทุกชนิดไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ

นอกจากนี้ได้นำดอกบุนนาคมาพัฒนาเป็นชาชงดอกบุนนาค โดยทดสอบการยอมรับจากผู้ทดสอบในมหาวิทยาลัยพายัพ จำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบด้านประสาทสัมผัสแบบ 9-point Hedonic scale พบว่าในการพัฒนาชาชงเกสรดอกบุนนาค ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในสูตรที่ผสมระหว่างเกสรดอกบุนนาค ดอกเก็กฮวยและหญ้าหวานในอัตราส่วน 1.32 : 0.15 : 0.03 (ด้านสี 7.10±1.12 ด้านกลิ่น 7.00±1.05 ด้านรสชาติ 7.25±1.12 ด้านเนื้อสัมผัส 7.15±0.91 และความชอบโดยรวม 7.63±0.80) ส่วนการพัฒนาชาชงกลีบดอกบุนนาค ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในสูตรที่ผสมระหว่างกลีบดอกบุนนาค ดอกเก็กฮวยและหญ้าหวาน ในอัตราส่วน 1.32 : 0.15 : 0.03 (ด้านสี 7.30±1.14 ด้านกลิ่น 7.30±1.10 ด้านรสชาติ 7.23±1.41 ด้านเนื้อสัมผัส 7.10±1.22 และความชอบโดยรวม 7.68±1.10) และการพัฒนาชาชงพิกัดเกสรทั้ง 5 ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในสูตรที่ผสมระหว่างดอกบุนนาค ดอกมะลิ ดอกพิกุล ดอกสารภี และเกสรบัวหลวง ในอัตราส่วน 2 : 0.75 : 0.75 : 0.75 : 0.75 (ด้านสี 6.95±1.22 ด้านกลิ่น 6.07±1.61 ด้านรสชาติ 5.57±1.79 ด้านเนื้อสัมผัส 6.27±1.49 และความชอบโดยรวม 6.43±1.45) ส่วนการพัฒนาชาชงสมุนไพรดอกบุนนาค ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในสูตรที่ผสมระหว่างดอกบุนนาค กานพลู ดอกจันทร์เทศน์ พริกไทยดำ กระจวาน โป๊ยกั๊ก อบเชย เปราะหอม ดีปลี เมนทอล การบูร พิมเสน น้ำมันยูคาลิปตัส และน้ำมันเปปเปอร์มินต์ (อย่างละ 50 กรัม) (ด้านกลิ่นหอม 7.28±1.55 ความรู้สึกสดชื่น 7.00±1.49 ความรู้สึกผ่อนคลาย 7.00±1.48 และความชอบโดยรวม 7.23±1.36)

Title Antioxidant and anticancer activities of *Mesua ferrea* flowers, the development of *Mesua ferrea* flowers as infusion and inhalation products

Author Asst. Prof. Dr. Sukanya Keawsa-ard and Praphan Jino

Abstract

In this research work, the chemical constituents of the volatile chemical composition from the stigma-stamens and petals of *Mesua ferrea* Linn., the total phenolic content, the antioxidant and anticancer activities of *M. ferrea* were studied. The volatile compounds were extracted by solid phase microextraction (SPME) and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). The major constituents of the stigma-stamens were α -farnesene (17.27%), β -ionone (6.79%), (*E*)-nerolidol (4.82%), α -ionone (4.03%), β -farnesene (3.13%), methyl-4-methoxybenzoate (2.62%), α -copaene (1.85%), δ -cadinene (1.68%) and β -bisabolene (1.24%). The major constituents of the petals were germacrene D (13.49%), δ -cadinene (12.19%), α -copaene (7.17%), alloaromadendrene (5.28%), α -farnesene (4.47%), α -panasinsen (3.92%), (*E*-caryophyllene (2.44%), α -ylangene (1.60%), α -cubebene (1.34%) and bicycloelemene (1.18%). The stigma-stamens, petals and flowers of this plant were extracted with ethanol. The total phenolic content of the extracts was determined using the Folin Ciocalteu reagent. The ethanol extract of the flowers contained the maximum amount of total phenols (203.20 ± 2.12 mg GAE/g extract) followed by the extracts of the petals and stigma-stamens, respectively. The antioxidant activities of the extracts were determined by DPPH and ABTS methods. The extract of the flowers possessed the highest antioxidant activity by DPPH and ABTS methods with the IC_{50} values of 0.1116 ± 0.0030 and 0.0546 ± 0.0015 mg/mL, respectively. The anticancer activities of the extracts were performed against KB oral, MCF-7 and NCI-H187 cancer cell lines using the Resazurin Microplate Assay (REMA). The cytotoxicity of the extracts against *Vero cell* line (African green monkey kidney) was also carried out. The extract of the stigma-stamens exhibited anticancer activities against KB and NCI-H187 cell lines with the IC_{50} values of 32.82 and 25.03 μ g/mL, respectively. All extracts were non-cytotoxic to *Vero* cells.

The development of *M. ferrea* flowers as infusion product was studied. The sample consisted of 20 peoples in Payap University. The instruments were used the sensory evaluation 9–point Hedonic scale. The mixed of the stigma-stamens of *M. ferrea*, the flowers of *Chrysanthemum indicum* Linn. and the leaves of *Stevia rebaudiana* Bertoni (ratio 1.32 : 0.15 : 0.03) showed the most acceptance formulation (color was 7.10 ± 1.12 , smell was 7.00 ± 1.05 , flavor was 7.25 ± 1.12 , texture was 7.15 ± 0.91 and overall was 7.63 ± 0.80). The mixed of the petals of *M. ferrea*, the flowers of *Chrysanthemum indicum* Linn. and the leaves of *Stevia rebaudiana* Bertoni (ratio 1.32 : 0.15 : 0.03) showed the most acceptance formulation (color was 7.30 ± 1.14 , smell was 7.30 ± 1.10 , flavor was 7.23 ± 1.41 , texture was 7.10 ± 1.22 and overall was 7.68 ± 1.10). The mixed of the flowers of *M. ferrea*, the folwers of *Jasminum sambac* (L.) Aiton, the flowers of *Mimusops elengi* Linn., the flowers of *Mammea siamensis* Kosterm and the stamens of *Nelumbo nucifera* Gaertn. (ratio 2 : 0.75 : 0.75 : 0.75 : 0.75) showed the most acceptance formulation (color was 6.95 ± 1.22 , smell was 6.07 ± 1.61 , flavor was 5.57 ± 1.79 , texture was 6.27 ± 1.49 and overall was 6.43 ± 1.45). The development of *M. ferrea* flowers as inhalation product was also studied. The mixed of *Mesua ferrea* Linn., *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry, *Myristica fragrans* Houtt., *Piper nigrum* Linn., *Amomum krervanh* Pierre., *Illicium verum* Hook. f., *Cinnamomum velum*, *Kaempferia galanga* L., *Piper retrofractum* Vahl, camphor, borneol, menthol, eucalyptus oil and peppermint oil (each 50 grams) showed the most acceptance formulation (smell was 7.28 ± 1.55 , fresh was 7.00 ± 1.49 , relax was 7.00 ± 1.48 and overall was 7.23 ± 1.36).

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ง |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ญ |
| สัญลักษณ์และคำย่อ | ท |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ | 3 |
| บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 บุณนาค | 5 |
| 2.2 อนุมูลอิสระ | 10 |
| 2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ | 13 |
| 2.4 สารประกอบฟีนอลิก | 15 |
| 2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด | 16 |
| 2.6 ฤทธิ์ทางชีวภาพ | 17 |
| 2.7 เทคนิคที่ใช้ในการทดลอง | 18 |
| 2.8 ชาสมุนไพรมะนาว | 20 |
| 2.9 ยาดมสมุนไพรมะนาว | 20 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 23 |
| 3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และพืชที่ใช้ในการทดลอง | 23 |
| 3.2 การวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมีของเกสรและกลีบดอกบุณนาค | 24 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.3 การสกัดสารจากดอกบุนนาค | 25 |
| 3.4 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด | 25 |
| 3.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธี DPPH | 27 |
| 3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธี ABTS | 29 |
| 3.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งและทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ | 31 |
| 3.8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาค | 32 |
| 3.9 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาค | 34 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง | 37 |
| 4.1 ผลการจัดทำตัวอย่างพรรณไม้แห้ง | 37 |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเกสรและกลีบดอกบุนนาค | 37 |
| 4.3 ผลการสกัดสารจากดอกบุนนาค | 87 |
| 4.4 ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด | 87 |
| 4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธี DPPH | 90 |
| 4.6 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธี ABTS | 101 |
| 4.7 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งและการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ | 112 |
| 4.8 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาค | 113 |
| 4.9 ผลการพัฒนายาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค | 120 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 123 |
| บรรณานุกรม | 125 |
| ประวัตินักวิจัย | 130 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | | หน้า |
|------------|--|------|
| ตาราง 4.1 | ค่า Retention time และ %area ของสารมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน | 49 |
| ตาราง 4.2 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเกสรดอกบุนนาค ค่า RT ค่า % area และ ค่า RI ของสาร | 70 |
| ตาราง 4.3 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกลีบดอกบุนนาค, ค่า RT, ค่า % area และ ค่า RI ของแต่ละสาร | 83 |
| ตาราง 4.4 | ร้อยละผลผลิตของสารสกัด | 87 |
| ตาราง 4.5 | ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน gallic acid | 88 |
| ตาราง 4.6 | ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสารสกัดเกสรดอกบุนนาค สารสกัด กลีบดอกบุนนาค และสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก | 89 |
| ตาราง 4.7 | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดเกสรดอกบุนนาค สารสกัด กลีบดอกบุนนาค และสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก | 90 |
| ตาราง 4.8 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายมาตรฐาน trolox โดยวิธี DPPH | 90 |
| ตาราง 4.9 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายมาตรฐาน vitamin C โดยวิธี DPPH | 92 |
| ตาราง 4.10 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดเกสรดอกบุนนาค โดยวิธี DPPH | 94 |
| ตาราง 4.11 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดกลีบดอกบุนนาค โดยวิธี DPPH | 96 |
| ตาราง 4.12 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก โดยวิธี DPPH | 98 |
| ตาราง 4.13 | ค่า IC ₅₀ ของสารมาตรฐาน trolox สารมาตรฐาน vitamin C สารสกัด เกสรบุนนาค สารสกัดกลีบดอกบุนนาค และสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก โดยวิธี DPPH | 100 |
| ตาราง 4.14 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายมาตรฐาน trolox ด้วยวิธี ABTS | 101 |
| ตาราง 4.15 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายมาตรฐาน vitamin C ด้วยวิธี ABTS | 103 |
| ตาราง 4.16 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดเกสรดอกบุนนาค ด้วยวิธี ABTS | 105 |
| ตาราง 4.17 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดกลีบดอกบุนนาค ด้วยวิธี ABTS | 107 |
| ตาราง 4.18 | เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก ด้วยวิธี ABTS | 109 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตาราง | | หน้า |
|------------|--|------|
| ตาราง 4.19 | ค่า IC ₅₀ ของสารมาตรฐาน trolox สารมาตรฐาน vitamin C สารสกัด เกสรบุนนาค สารสกัดกลีบดอกบุนนาค และสารสกัดดอกบุนนาคทั้งดอก โดยวิธี ABTS | 111 |
| ตาราง 4.20 | ค่า IC ₅₀ ของการทดสอบฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งและการทดสอบความเป็นพิษต่อ เซลล์ปกติของสารสกัดต่างๆ | 112 |
| ตาราง 4.21 | การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของชาชงเกสรดอกบุนนาค | 113 |
| ตาราง 4.22 | การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของชาชงกลีบดอกบุนนาค | 115 |
| ตาราง 4.23 | การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของชาชงพิกัดเกสรทั้ง 5 | 118 |
| ตาราง 4.24 | การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของยาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค | 120 |

สารบัญภาพ

| ภาพ | | หน้า |
|---------|--|------|
| ภาพ 2.1 | ต้นบุนนาค | 6 |
| ภาพ 2.2 | ใบบุนนาค | 6 |
| ภาพ 2.3 | ดอกบุนนาค | 7 |
| ภาพ 2.4 | ผลบุนนาค | 7 |
| ภาพ 2.5 | เมล็ดบุนนาค | 8 |
| ภาพ 2.6 | โครงสร้าง α -tocopherol | 14 |
| ภาพ 2.7 | โครงสร้างวิตามินซี | 14 |
| ภาพ 2.8 | โครงสร้างเบต้าแคโรทีน | 15 |
| ภาพ 2.9 | โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด | 16 |
| ภาพ 4.1 | GC โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน | 37 |
| ภาพ 4.2 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 1 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 6.53) และแมสสเปกตรัมของ octane | 38 |
| ภาพ 4.3 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 2 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 10.32) และแมสสเปกตรัมของ nonane | 38 |
| ภาพ 4.4 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 3 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 15.81) และแมสสเปกตรัมของ decane | 39 |
| ภาพ 4.5 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 4 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 18.81) และแมสสเปกตรัมของ undecane | 39 |
| ภาพ 4.6 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 5 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 20.87) และแมสสเปกตรัมของ dodecane | 40 |
| ภาพ 4.7 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 6 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 22.53) และแมสสเปกตรัมของ tridecane | 40 |
| ภาพ 4.8 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 7 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 23.97) และแมสสเปกตรัมของ tetradecane | 41 |
| ภาพ 4.9 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 8 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 25.29) และแมสสเปกตรัมของ pentadecane | 41 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.10 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 9 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 26.51) และแมสสเปกตรัมของ hexadecane | 42 |
| ภาพ 4.11 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 10 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 27.66) และแมสสเปกตรัมของ heptadecane | 42 |
| ภาพ 4.12 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 11 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 28.93) และแมสสเปกตรัมของ octadecane | 43 |
| ภาพ 4.13 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 12 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 30.55) และแมสสเปกตรัมของ nonadecane | 43 |
| ภาพ 4.14 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 13 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 32.72) และแมสสเปกตรัมของ eicosane | 44 |
| ภาพ 4.15 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 14 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 35.72) และแมสสเปกตรัมของ heneicosane | 44 |
| ภาพ 4.16 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 15 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 39.26) และแมสสเปกตรัมของ docosane | 45 |
| ภาพ 4.17 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 16 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 41.40) และแมสสเปกตรัมของ tricosane | 45 |
| ภาพ 4.18 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 17 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 42.98) และแมสสเปกตรัมของ tetracosane | 46 |
| ภาพ 4.19 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 18 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 44.62) และแมสสเปกตรัมของ pentacosane | 46 |
| ภาพ 4.20 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 19 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 46.58) และแมสสเปกตรัมของ hexacosane | 47 |
| ภาพ 4.21 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 20 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 49.01) และแมสสเปกตรัมของ heptacosane | 47 |
| ภาพ 4.22 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 21 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 52.07) และแมสสเปกตรัมของ octacosane | 48 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.23 | แมสสเปกตรัมของสารพีคที่ 22 ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน (RT = 55.99) และแมสสเปกตรัมของ nonacosane | 48 |
| ภาพ 4.24 | GC โครมาโทแกรมของเกสรดอกบุนนาค | 50 |
| ภาพ 4.25 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 1 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 16.50) และแมสสเปกตรัมของ benzyl alcohol | 51 |
| ภาพ 4.26 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 2 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 18.25) และแมสสเปกตรัมของ methylbenzoate | 51 |
| ภาพ 4.27 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 3 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 18.42) และแมสสเปกตรัมของ linalool | 52 |
| ภาพ 4.28 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 4 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 18.69) และแมสสเปกตรัมของ phenyl ethyl alcohol | 52 |
| ภาพ 4.29 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 5 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 19.81) และแมสสเปกตรัมของ 1,4-dimethoxybenzene | 53 |
| ภาพ 4.30 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 6 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 19.98) และแมสสเปกตรัมของ cis-6-nonenol | 53 |
| ภาพ 4.31 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 7 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 20.39) และแมสสเปกตรัมของ methyl salicylate | 54 |
| ภาพ 4.32 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 8 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 20.89) และแมสสเปกตรัมของ 6-nonenic acid, methyl ester | 54 |
| ภาพ 4.33 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 9 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 21.41) และแมสสเปกตรัมของ geraniol | 55 |
| ภาพ 4.34 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 10 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 21.53) และแมสสเปกตรัมของ 4-methoxy benzaldehyde | 55 |
| ภาพ 4.35 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 11 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 21.99) และแมสสเปกตรัมของ benzenemethanol-4-methoxy | 56 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.36 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 14 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 22.20) และแมสสเปคตรัมของ tridecane | 56 |
| ภาพ 4.37 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 17 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 22.79) และแมสสเปคตรัมของ δ -elemene | 57 |
| ภาพ 4.38 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 18 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 22.92) และแมสสเปคตรัมของ benzyl butanoate | 57 |
| ภาพ 4.39 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 19 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 22.97) และแมสสเปคตรัมของ α -cubebene | 58 |
| ภาพ 4.40 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 20 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.36) และแมสสเปคตรัมของ methyl-4-methoxybenzoate | 58 |
| ภาพ 4.41 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 21 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.42) และแมสสเปคตรัมของ α -copaene | 59 |
| ภาพ 4.42 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 22 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.51) และแมสสเปคตรัมของ methyl cinnamate (E) | 59 |
| ภาพ 4.43 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 23 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.59) และแมสสเปคตรัมของ β -elemene | 60 |
| ภาพ 4.44 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 24 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.68) และแมสสเปคตรัมของ methyleugenol | 60 |
| ภาพ 4.45 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 25 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.83) และแมสสเปคตรัมของ 1,3,5-trimethoxy benzene | 61 |
| ภาพ 4.46 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 26 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 23.92) และแมสสเปคตรัมของ α -bergamotene | 61 |
| ภาพ 4.47 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 27 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.04) และแมสสเปคตรัมของ α -lonone | 62 |
| ภาพ 4.48 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 29 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.14) และแมสสเปคตรัมของ γ -elemene | 62 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.49 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 31 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.32) และแมสสเปกตรัมของ aromadendrene | 63 |
| ภาพ 4.50 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 32 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.40) และแมสสเปกตรัมของ β -farnesene | 63 |
| ภาพ 4.51 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 35 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.61) และแมสสเปกตรัมของ alloaromadendrene | 64 |
| ภาพ 4.52 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 36 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 24.82) และแมสสเปกตรัมของ β -ionone | 64 |
| ภาพ 4.53 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 39 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 25.14) และแมสสเปกตรัมของ α -farnesene | 65 |
| ภาพ 4.54 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 40 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 25.19) และแมสสเปกตรัมของ β -bisabolene | 65 |
| ภาพ 4.55 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 41 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 25.29) และแมสสเปกตรัมของ γ -cadinene | 66 |
| ภาพ 4.56 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 42 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 25.34) และแมสสเปกตรัมของ δ -cadinene | 66 |
| ภาพ 4.57 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 48 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 25.81) และแมสสเปกตรัมของ (<i>E</i>) Nerolidol | 67 |
| ภาพ 4.58 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 52 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 27.12) และแมสสเปกตรัมของ tetradecanol | 67 |
| ภาพ 4.59 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 60 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 30.51) และแมสสเปกตรัมของ methylhexadecanoate | 68 |
| ภาพ 4.60 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 64 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 31.90) และแมสสเปกตรัมของ ethylhexadecanoate | 68 |
| ภาพ 4.61 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 68 ของเกสรดอกบุนนาค (RT = 33.59) และแมสสเปกตรัมของ kaurene | 69 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.62 | GC โคโรมาโทแกรมของกลีบดอกบุนนาค | 73 |
| ภาพ 4.63 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 1 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 16.51) และแมสสเปคตรัมของ benzyl alcohol | 74 |
| ภาพ 4.64 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 2 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 18.42) และแมสสเปคตรัมของ linalool | 74 |
| ภาพ 4.65 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 4 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 19.81) และแมสสเปคตรัมของ 1,4-dimethoxybenzene | 75 |
| ภาพ 4.66 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 6 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 22.77) และแมสสเปคตรัมของ bicycloelemene | 75 |
| ภาพ 4.67 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 7 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 22.81) และแมสสเปคตรัมของ δ -elemene | 76 |
| ภาพ 4.68 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 8 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 22.99) และแมสสเปคตรัมของ α -cubebene | 76 |
| ภาพ 4.69 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 10 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 23.34) และแมสสเปคตรัมของ α -ylangene | 77 |
| ภาพ 4.70 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 11 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 23.49) และแมสสเปคตรัมของ α -copaene | 77 |
| ภาพ 4.71 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 14 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 24.19) และแมสสเปคตรัมของ (<i>E</i>)-caryophyllene | 78 |
| ภาพ 4.72 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 16 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 24.37) และแมสสเปคตรัมของ aromadendrene | 78 |
| ภาพ 4.73 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 20 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 24.68) และแมสสเปคตรัมของ alloaromadendrene | 79 |
| ภาพ 4.74 | แมสสเปคตรัมพีคที่ 21 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 24.99) และแมสสเปคตรัมของ germacrene D | 79 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | | หน้า |
|----------|---|------|
| ภาพ 4.75 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 23 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.28) และแมสสเปกตรัมของ α -farnesene | 80 |
| ภาพ 4.76 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 24 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.36) และแมสสเปกตรัมของ γ -bisabolene | 80 |
| ภาพ 4.77 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 25 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.51) และแมสสเปกตรัมของ δ -cadinene | 81 |
| ภาพ 4.78 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 26 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.57) และแมสสเปกตรัมของ α -panasinsen | 81 |
| ภาพ 4.79 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 27 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.63) และแมสสเปกตรัมของ cadina-1,4-diene | 82 |
| ภาพ 4.80 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 28 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.67) และแมสสเปกตรัมของ α -cadinene | 82 |
| ภาพ 4.81 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 31 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 25.82) และแมสสเปกตรัมของ nerolidol | 83 |
| ภาพ 4.82 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 38 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 26.87) และแมสสเปกตรัมของ tau-murrolol | 83 |
| ภาพ 4.83 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 39 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 27.01) และแมสสเปกตรัมของ α -cadinol | 84 |
| ภาพ 4.84 | แมสสเปกตรัมพีคที่ 42 ของกลีบดอกบุนนาค (RT = 28.04) และแมสสเปกตรัมของ mintsulfide | 84 |
| ภาพ 4.85 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid กับค่าการดูดกลืนแสง | 88 |
| ภาพ 4.86 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลาย trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี DPPH (ครั้งที่ 1) | 91 |
| ภาพ 4.87 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลาย trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี DPPH (ครั้งที่ 2) | 91 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพ | หน้า |
|---|------|
| ภาพ 4.114 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายสารสกัด ดอกบุนนาคทั้งดอก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี ABTS (ครั้งที่ 2) | 110 |
| ภาพ 4.115 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารละลายสารสกัด ดอกบุนนาคทั้งดอก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี ABTS (ครั้งที่ 3) | 110 |
| ภาพ 4.116 ผลิตภัณฑ์ซาซงเกสรดอกบุนนาค สูตร 3 | 114 |
| ภาพ 4.117 ผลิตภัณฑ์ซาซงกลีบดอกบุนนาค สูตร 3 | 117 |
| ภาพ 4.118 ผลิตภัณฑ์ซาซงพิกัดเกสรทั้ง 5 สูตร 2 | 119 |
| ภาพ 4.119 ผลิตภัณฑ์ยาต้มสมุนไพรดอกบุนนาค สูตร 1 | 122 |

สัญลักษณ์และคำย่อ

| | |
|------------------|--|
| mg/mL | มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร |
| $\mu\text{g/mL}$ | ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร |
| mL | มิลลิลิตร |
| IC ₅₀ | ค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถกำจัดอนุมูล DPPH หรือ ABTS ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้เซลล์ทดสอบตาย 50 เปอร์เซ็นต์ |
| % w/v | ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร |
| v/v | ปริมาตรต่อปริมาตร |

PAYAP UNIVERSITY