การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.)

PRELIMINARY DETERMINATION OF PHYTOCHEMICAL SCREENING FROM *LIMNOPHILA* R.BR. CRUDE EXTRACT

จิราพร เหล่าบุราณ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.)

จิราพร เหล่าบุราณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

PRELIMINARY DETERMINATION OF PHYTOCHEMICAL SCREENING FROM *LIMNOPHILA* R.BR. CRUDE EXTRACT

JIRAPORN LAOBURAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Environmental Technology & Resources Management)

Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.)

ของ

จิราพร เหล่าบุราณ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.พนม สุทธิศักดิ์โสภณ)

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.สันทนา นาคะพงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรินทม์ งามนิยม)

ชื่อเรื่อง	การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.)
ผู้วิจัย	จิราพร เหล่าบุราณ
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. พนม สุทธิศักดิ์โสภณ

พืชในสกุลผักกะแยง (*Limnophila*) จัดอยู่ในวงศ์เทียนเกล็ดหอย (Plantaginaceae) ซึ่งพืชในสกุลนี้หลายชนิดมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ รับประทานเป็นผัก พืชประดับตู้ปลา และสมุนไพรพื้นบ้าน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากลุ่มสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากผักแขยง จำนวน 6 แทกซ่า ได้แก่ *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. geoffrayi* Bonati, *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. micrantha* (Benth.) Benth. และ *L.* sp. โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นด้วยเครื่อง FT-IR และ GC-MS และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าสารสกัดหยาบของทุกแทกซ่ามีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน ได้แก่ แอลกฮอล์ (-OH stretching) แอลเคน (C-H stretching) คาร์บอนิล (C=O stretching) (C-O stretching) แอลคีน (C=C stretching) ยกเว้นหมู่ฟังก์ชัน เอมีน (N-H bending) พบเฉพาะใน *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. micrantha* (Benth.) Benth. และพบหมู่ฟังก์ชันสารประกอบไนโทร (N-O symmetric stretching) เฉพาะใน *L. geoffrayi* Bonati และ *L.* sp. การศึกษาเชิงคุณภาพของสารพฤกษเคมีด้วยเครื่อง GC-MS พบว่า สารสกัดหยาบของผักแขยงทุกแทกซ่ามีสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ แอลเคน เอสเทอร์ กรดคาร์บอกซิลิก คีโตน และเทอร์พีน และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบ mass spectra กับ NIST14. Library ที่มีเปอร์เซ็นต์ความใกล้เคียงไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 พบว่า *L. geoffrayi* Bonati พบสารพฤกษเคมีมากที่สุด 19 สาร รองลงมาคือ *L. micrantha* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. balsamea* (Benth.) Benth., และ *L.* sp. จำนวน 14, 10, 7, 7 และ 3 สาร ตามลำดับ และผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า *L. geoffrayi* Bonati มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือ *L. micrantha* (Benth.) Benth., *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2 และ *L.* sp. คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.37, 0.41, 0.75, 0.95, 1.18 และ 1.37 มก./มล. ตามลำดับ

คำสำคัญ : พืชสกุลผักกะแยง, สารพฤกษเคมี, แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี, สารต้านอนุมูลอิสระ

Title	PRELIMINARY DETERMINATION OF PHYTOCHEMICAL SCREENING FROM *LIMNOPHILA* R.BR. CRUDE EXTRACT
Author	JIRAPORN LAOBURAN
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Phanom Sutthisaksopon

The genus *Limnophila*, belongs to the family Plantaginaceae, has economic importance and many valuable uses such as vegetables, aquarium plants and local medicinal plants. The objectives of this study are to investigate the phytochemical constituents of crude ethanolic extract and its antioxidant activity from six taxa of *Limnophila*, viz. *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. geoffrayi* Bonati, *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. micrantha* (Benth.) Benth. and *L.* sp. The plant ethanolic extract was analyzed on FT-IR and GC-MS for preliminary phytochemical component screening. The antioxidant activities were performed with a DPPH assay. The results showed that the functional group by FT-IR analysis were alcohol (-OH stretching), alkane (C-H stretching), carbonyl (C=O stretching) and alkene (C=C stretching) except for the amines (N-H bending) was found in *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. micrantha* (Benth.) Benth. and the nitro groups (N-O symmetric stretching) was found in *L. geoffrayi* Bonati and *L.* sp. The qualitative analysis of phytochemical constituents of crude ethanolic extract by GC-MS, all taxa consisted of alkane, carboxylic acid, ester, ketone and terpenes. The identification of the constituents by comparing their mass spectra fragmentation pattern and their retention indices with that of NIST14 Library with a minimum similarity level of 80%. The most phytochemical constituents were found in *L. geoffrayi* Bonati at 19 compounds followed by *L. micrantha* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2, *L. balsamea* (Benth.) Benth., และ *L.* sp. at 14, 11, 7, 7 and 3 compounds, respectively. In regard to the antioxidant property of DPPH radical scavenging, the highest antioxidant activity was found in *L. geoffrayi* Bonati, followed by *L. micrantha* (Benth.) Benth., *L. balsamea* (Benth.) Benth., *L. laotica* Bonati 1, *L. laotica* Bonati 2 and *L.* sp. as the IC_{50} values were 0.37, 0.41, 0.75, 0.95, 1.18 and 1.37 mg/ml, respectively

Keyword : Limnophila, Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), Antioxidants

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนบางส่วนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สัญญาทุนเลขที่ MRG6080285 คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.สิริธร สโมสร ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ให้คำแนะนำ สถานที่ อุปกรณ์และสารเคมีบางส่วนในการสกัดและการวิเคราะห์ทางเคมี และขอบคุณนายกิตติธัช รมย์ทอง นิสิตปริญญาโทสาขาสิ่งแวดล้อม ที่ให้คำแนะนำและสอนการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ต่าง ๆ และนิสิตปริญญาตรีที่ช่วยเก็บตัวอย่างพืชสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

จิราพร เหล่าบุราณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 2

ความสำคัญของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

1. พืชสกุลผักแขยง (*Limnophila*) 5

2. พฤกษเคมีเบื้องต้น 15

3. การสกัดสารสำคัญจากพืช 17

4. การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีเบื้องต้น (phytochemical screening) 24

5. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ (Free radical and antioxidant) 25

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสารสกัดจากผักแขยง 26

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 31

1.อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 31
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล 31
บทที่ 4 36
ผลการศึกษา 36
1. ผลการเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง 36
2. ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีของพืชสกุลผักแขยงด้วยเทคนิค FT-IR และ GC-MS 38
3. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH assay 50
บทที่ 5 51
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 51
สรุปผลการวิจัย 51
อภิปรายผลการวิจัย 52
ข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 54
ภาคผนวก 59
ประวัติผู้เขียน 79

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ภาวะที่ใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบด้วยเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) 33

ตาราง 2 อัตราการไหลของแก๊ส 34

ตาราง 3 ผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%Yield) ของพืชสกุลผักแขยง 37

ตาราง 4 ค่าดูดกลืนแสงและหมู่ฟังก์ชันจากสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยงที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR 40

ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพืชสกุลผักแขยง 46

ตาราง 6 ค่า IC_{50} ของสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยง 50

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดหยาบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR..... 43

ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดหยาบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR..... 44

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

พืชสกุลผักแขยง (*Limnophila*) เป็นพืชผักพื้นบ้านที่มีความสำคัญ บางชนิดสามารถนำมารับประทานเป็นอาหาร บางชนิดเป็นพืชสมุนไพรที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลาย (ยุทธศักดิ์, 2561) จัดอยู่ในวงศ์เทียนเกล็ดหอย (Plantaginaceae) เป็นไม้ล้มลุก มีกลิ่นหอม และใบมีต่อมน้ำมัน มักพบขึ้นอาศัยในน้ำ และตามพื้นที่ชุ่มน้ำ เช่น ริมบึง แอ่งน้ำ ทุ่งนา สมาชิกในสกุลทั่วโลกมีประมาณ 40 ชนิด พบในเขตร้อนของแอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย และหมู่เกาะแปซิฟิก ประเทศไทยมีรายงานพบ 19 ชนิด *L. heterophylla*, *L. indica*, *L. glabra*, *L. connata*, *L. rugosa*, *L. micrantha*, *L. polyantha* var. *brevipilosa*, *L. parviflora*, *L. balsamea*, *L. laxa*, *L. repens*, *L. laotica*, *L. geoffrayi*, *L. poilanei*, *L. siamensis*, *L. hayatae*, *L. villifera* subsp. *gracilipes*, *L. chinensis* และ *L. verticillata* (Yamazaki, 1990)

พืชสกุลผักแขยงบางชนิดเป็นพืชในท้องถิ่นที่มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจ เช่น *L. geoffrayi และ L. aromatic* เป็นพืชที่นิยมนำมาปรุงอาหาร เช่น แกงเลียง แกงอ่อม แกงหน่อไม้ ต้มแซ่บปลา หรือเนื้อ ห่อหมกปลา กบ หรือรับประทานเป็นผักสดกับส้มตำ ป่น แจ่วน้ำพริก ซุบหน่อไม้ ลาบ เป็นต้น (ยุทธศักดิ์ ขุนทอง, 2561) ซึ่งให้คุณค่าทางอาหาร ทั้งยังเป็นพืชสมุนไพรอีกด้วย และปัจจุบันผักแขยงเป็นพืชพื้นบ้านและมีการปลูกเพื่อการค้าหลายพื้นที่ในประเทศไทย เช่น อำเภอแกดำ จังหวัดมหาสารคาม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร และอำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งผักแขยงในอำเภอนครหลวงยังเป็นสินค้าโอท็อปของอำเภออีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น นอร์เวย์ ไอซ์แลนด์ และอังกฤษ (ลักขณา ร่มเย็น, 2552) หญ้าจาม (*L. micrantha*) ยอดอ่อนสามารถนำมารับประทานเป็นอาหารได้ นอกจากนี้ยังมี ผักกะโฉม (*L. rugosa*) นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2543) และสาหร่ายฉัตร (*L. heterophylla*) เป็นพรรณไม้น้ำสวยงาม นิยมนำไปประดับตู้ปลา (อรุณี รอดลอย และคนอื่น ๆ, 2555) เป็นต้น มีการศึกษาทางด้านสมุนไพร พบว่าผักแขยง มีองค์ประกอบของสารสำคัญบางชนิด ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacological action) เช่นการศึกษาของ Suksamran et al., (2003) ได้ทำการสกัด *L. geoffrayi* พบสาร nevadensin (5,7-dihydroxy-6,8,4'-trimethoxyflavone) และ isothymusin (6,7-dimethoxy-5,8,4'- trihydroxy- flavone) ที่มี

คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เบญจมาศ หนูแป้น และคนอื่น ๆ (2559) ศึกษาสารพฤกษเคมีของสารสกัดจากใบราน้ำ (*L. rugosa*) พบว่ามีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน ซึ่งสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ ซึ่งสุภาพร พงษ์มณี และ กัญณาญา ภัค สนามพล (2550) ได้ศึกษาการสกัดสารจากพืชสมุนไพร เพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร พบว่าสารสกัดด้วยไอน้ำของผักแขยง (*L. aromatica*) สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ได้เป็นอย่างดี เป็นต้น

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาสารพฤกษเคมี (phytochemical screening) ของพืชสกุลผักแขยงชนิดอื่น ๆ ที่พบในประเทศไทย และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษากลุ่มสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง *Limnophila*
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง *Limnophila*

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษานี้เพื่อทราบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยง *Limnophila* และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง *Limnophila* เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้าวิจัย และพัฒนาพืชสกุลผักแขยง *Limnophila* เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. เตรียมส่วนสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง *Limnophila* โดยใช้วิธีการสกัดแบบแช่หมัก maceration) ด้วยตัวทำละลายเอทานอล
2. ตรวจสอบกลุ่มสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง *Limnophila* โดยเทคนิค FT-IR และ GC-MS
3. ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช (DPPH assay)

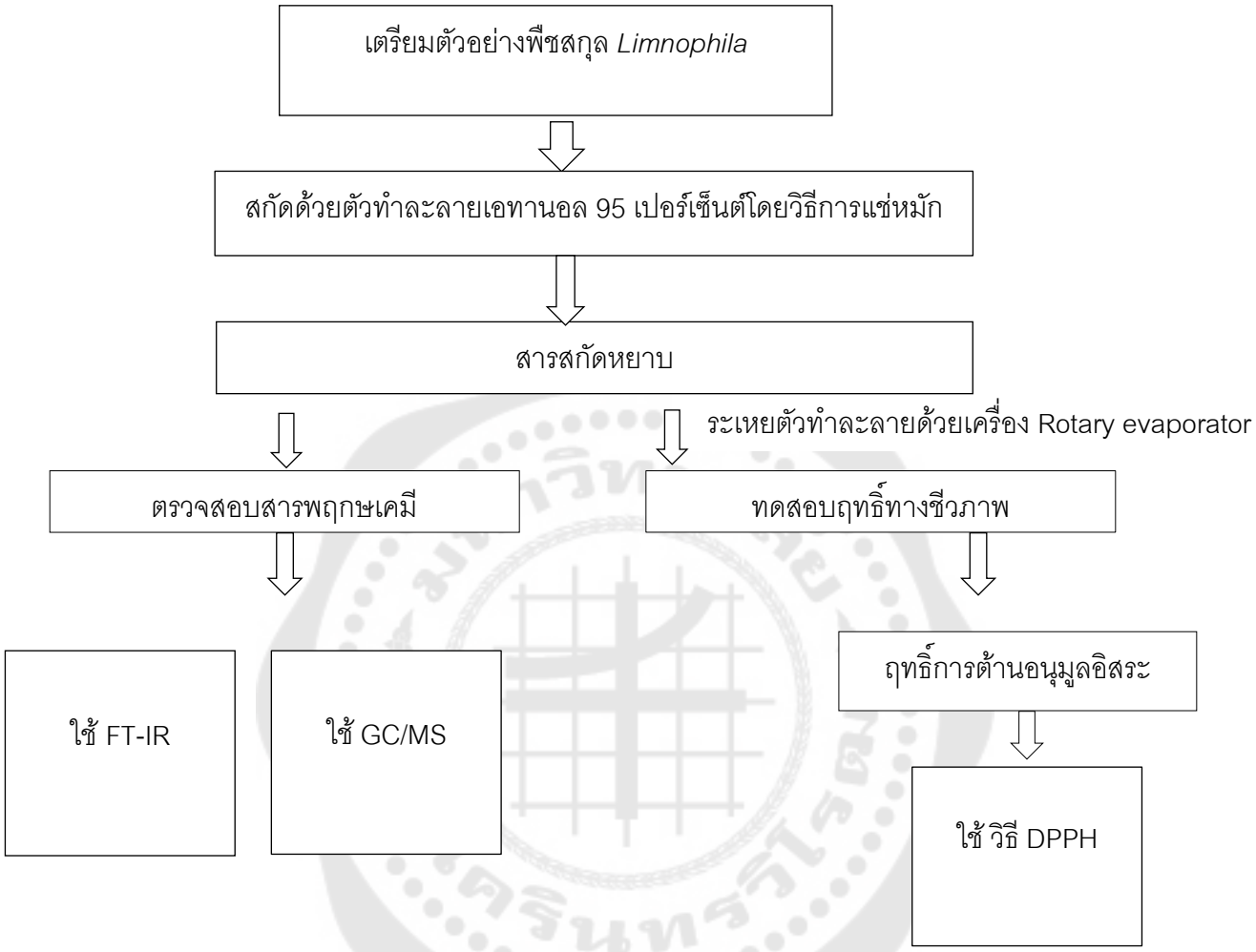
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. พืชสกุลผักแขยง หมายถึง พืชล้มลุกขนาดเล็กที่จัดอยู่ในสกุล *Limnophila* ทั้งต้นและใบมักมีกลิ่นฉุนจากน้ำมันหอมระเหย เป็นพืชที่ชอบขึ้นตามพื้นที่เปิดโล่ง ที่ชื้นแฉะ หลายชนิดมีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นผักพื้นบ้านและพืชสมุนไพร

2. สารสกัดหยาบจากพืช หมายถึง สารที่สกัดได้จากพืช ด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ เฮกเซน เป็นต้น จากนั้นนำมาระเหยเอาตัวทำละลายออกจนเหลือของเหลวที่มีลักษณะข้นและหนืด โดยสารสกัดหยาบจากพืชเป็นสารผลิตภัณฑ์เบื้องต้นที่ยังไม่ถึงขั้นสารบริสุทธิ์ สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงหรือต้องผ่านกรรมวิธีผลิตก่อนจึงที่จะนาไปใช้ประโยชน์ได้

3. พฤกษเคมี หมายถึง สารเคมีที่พบในพืช โดยเฉพาะในผักและผลไม้ ซึ่งสารพฤกษเคมีมีมากมายหลายชนิด โดยหลายชนิดมีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระหรือป้องกันและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค แต่หลายชนิดก็เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ ดั้งนั้นพฤกษเคมีที่พบได้ในพืชจึงมีทั้งที่เป็นคุณและเป็นโทษ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้

1. พืชสกุลผักแขยง (*Limnophila*)
2. พฤกษเคมีเบื้องต้น
3. การสกัดสารสำคัญจากพืช (extraction of active constituents from plants)
4. การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีเบื้องต้น
5. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ
6. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. พืชสกุลผักแขยง (*Limnophila*)

เป็นไม้ล้มลุก ขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นพืชน้ำหรือพบขึ้นตามริมบึง ในสระน้ำธรรมชาติและพื้นที่ชุ่มน้ำต่าง ๆ ลำต้นและใบมักมีกลิ่นและใบมีต่อมน้ำมัน เมื่อส่องใบผ่านแสงจะเห็นต่อมใส ๆ (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2558) ลักษณะทั่วไป ลำต้นทรงกระบอก ตั้งตรง แผ่กระจาย หรือลอยน้ำ บางชนิดมีใบ 2 แบบ คือใบที่โผล่พ้นน้ำจะมีลักษณะรูปร่างใบคล้าย ๆ พืชบกทั่วไป และแบบที่ 2 เป็นใบที่จมอยู่ใต้น้ำ มีลักษณะคล้ายกับสาหร่ายหางกระรอก มีการเรียงตัวของใบเป็นเรียงเป็นวงรอบ เป็นเส้น ไม่มีก้านใบดอกเดี่ยว อยู่ตามซอกใบ ช่อดอกแบบช่อกระจะ ช่อกระจุก หรือช่อแยกแขนง มีใบประดับย่อย 2 ใบ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นหลอดรูประฆัง มี 5 แฉก รูปหอก กลีบดอกเชื่อมติดกัน รูปปากเปิด กลีบบน เว้าตื้น มี 2 แฉก กลีบล่าง มี 3 แฉก เกสรเพศผู้ มี 4 อันประกอบด้วยคู่สั้น 1 คู่ และคู่ยาว 1 คู่ (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554) เกสรเพศผู้อยู่ในกลีบดอก อับเรณูแยกเป็นช่อง รังไข่กลมเกลี้ยง ก้านเกสรเพศเมียเป็นคล้ายเส้นใย ยอดเกสรเพศเมียเป็น 2 แฉก ผล แบบผลแห้งแตก รูปรีถึงกลม เมล็ดมีขนาดเล็ก จำนวนมาก รูปทรงกระบอกหรือรูปรี (Yamazaki, 1990)

1.1 เขตการกระจายพันธุ์

พืชสกุล *Limnophila* มีประมาณ 40 ชนิด ในพื้นที่เขตร้อนของแอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย และมหาสมุทรแปซิฟิก ประเทศไทยมีรายงานพบ 19 ชนิด (Yamazaki, 1990) ดังนี้

1.1.1 *Limnophila heterophylla* (Roxb.) Benth. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า สาหร่ายพุงปลาซะโด (ภาคเหนือ) สาหร่ายฉัตร (ภาคกลาง) เป็นพรรณไม้น้ำล้มลุก ลำต้นกลม เกลี้ยง ยาว 20 - 80 เซนติเมตร ลำต้นใต้น้ำจะแตกแขนงมากมาย ใบแตกออกจากลำต้นเรียงเป็นวงรอบ 6 - 10 ใบ ยาว 0.5 - 3 เซนติเมตร ซึ่งใบมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ แตกแขนงมากมาย ใบที่อยู่เหนือน้ำ รูปร่างใบจะใหญ่ขึ้นและแตกแขนงน้อยลง จนเป็นแผ่นใบธรรมดา ใบที่อยู่เหนือน้ำจะมีสีเขียวเข้ม และอวบน้ำกว่าใบที่อยู่ใต้น้ำ ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ ไม่มีใบประดับย่อย กลีบเลี้ยงเป็นรูประฆังยาว 3 - 4 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงยาว 5 - 6 มิลลิเมตร มีกลีบดอกจำนวน 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 2 - 4 อัน เกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่เหนือวงกลีบ ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ เลย กรุงเทพฯ ชลบุรี พัทลุง พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ได้แก่ ศรีลังกา อินเดีย เมียนมาร์ จีน คาบสมุทรอินโดจีน และมาเลเซีย แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. heterophylla* คือ อยู่ในน้ำจืดหรือน้ำกร่อย ในแอ่งน้ำหรือในทุ่งนา (Yamazaki, 1990)

1.1.2 *Limnophila indica* (L.) Druce เป็นพรรณไม้น้ำล้มลุก ลำต้นกลม ยาว 10 – 70 เซนติเมตร ลำต้นใต้น้ำแตกแขนงมากมาย ใบที่อยู่ใต้น้ำแตกออกจากลำต้นเรียงเป็นวงรอบ 6 - 10 ใบ ดอกเป็นดอกเดี่ยว เกิดตามซอกใบ ยาว 1 - 10 มิลลิเมตร มีใบประดับย่อย กลีบเลี้ยงยาว 4 - 5 มิลลิเมตร หลอดกลีบดอกมีสีขาวจนถึงสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลือง ด้านบนจะเป็นสีชมพู ผลเป็นรูปไข่ หรือรูปรี เป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ เชียงราย พะเยา มุกดาหาร กาฬสินธุ์ นครนายก พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ได้แก่ พื้นที่แห้งแล้ง และกึ่งแห้งแล้งของแอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย เกาะนิวกินี และไมโครนีเซีย แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. indica* คือ บริเวณแหล่งน้ำตื้น ทุ่งนา และพื้นที่ลุ่ม (Yamazaki, 1990)

1.1.3 *Limnophila glabra* (Benj.) Kerr ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า ร้ายกวาง (ภาคใต้) เป็นพรรณไม้น้ำล้มลุก ลำต้นเรียวยาว 20 - 60 เซนติเมตร ลำต้นใต้น้ำแตกแขนงมากมาย ใบที่อยู่ใต้น้ำแตกออกจากลำต้นเรียงเป็นวงรอบ 4 - 8 ใบ ใบอยู่เหนือน้ำเรียงเป็นวงรอบ 3 – 4 ใบ ดอกเป็นดอกเดี่ยว ออกตามซอกใบ ใบประดับย่อยมีขนาดเล็กมาก กลีบเลี้ยงยาว 2 - 3 มิลลิเมตร กลีบดอกเป็นรูปลำโพงสีขาวยาว 8 – 10 มิลลิเมตร ผลเป็นรูปรี เป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ เชียงราย เลย ตราด สุราษฎร์ธานี พังงา พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ เกาะสุมาตรา กัมพูชา และเวียดนาม แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. glabra* คือ แหล่งน้ำตื้นหรือบ่อโคลน (Yamazaki, 1990)

1.1.4 *Limnophila connata* (Buch.-Ham. ex D.Don) Hand.-Mazz. เป็นกึ่งพรรณไม้น้ำล้มลุก ลำต้นยาว 20 – 50 เซนติเมตร ผิวลำต้นเกลี้ยงแตกกิ่งมากมาย ใบออกตรงข้าม ดอก

เป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ กลีบเลี้ยงยาว 5 - 6 มิลลิเมตร กลีบดอกยาว 12 – 13 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีน้ำเงินถึงม่วง ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ เชียงใหม่ เลย กาญจนบุรี พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ อินเดีย จีน และลาว แหล่งที่อยู่และนิเวศวิทยาของ *L. connata* ได้แก่ พื้นที่ชุ่มน้ำ (Yamazaki, 1990)

1.1.5 *Limnophila rugosa* (Roth) Merr. ภาษาท้องถิ่นเรียก อ้มกบ (ภาคเหนือ) กะโฉม (ภาคกลาง) ลำต้นตั้งตรงสูง 15 – 40 เซนติเมตร เป็นต้นเดี่ยวหรือมีกิ่งเล็กน้อย ผิวลำต้นเกลี้ยงจนถึงมีขน ใบออกตรงข้าม หลังใบมีมีขน ก้านใบยาว 5 – 25 มิลลิเมตร มีขนบางๆหรือมีขนจำนวนมาก ช่อดอกออกตามซอกใบ เป็นกลุ่ม 1 - 7 ดอก ไม่มีใบประดับย่อย กลีบเลี้ยงยาว 5 – 6 มิลลิเมตร เมื่อดอกโตเต็มที่จะเป็นริ้วไม่สม่ำเสมอ กลีบดอกมีสีน้ำเงินอมม่วง และกลางดอกมีสีเหลือง กลีบดอกข้างนอกมีขนยาวประปราย ปลายกลีบดอกข้างในมีขนอุย ผลแห้งแบบแตกได้ ผลเป็นรูปไข่ ยาว 5 – 6 มิลลิเมตร ความกว้าง 3 มิลลิเมตร ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ เชียงใหม่ กาญจนบุรี ระนอง พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ อินเดีย มาเลเซีย ลาว จีน ฟิลิปปินส์ เกาะนิวกินีและคาบสมุทรมลายู แหล่งที่อยู่และนิเวศวิทยาของ *L. rugosa* คือ พบในพื้นที่เปียกชื้นตามลำธาร ตามแหล่งน้ำ และพื้นที่ลุ่ม (Yamazaki, 1990)

1.1.6 *Limnophila micrantha* (Benth.) Benth. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า หญ้าจาม (ภาคใต้) ลำใต้ดิน ลำต้นเลื้อยไปตามผิวดิน ลำต้นที่อยู่เหนือดินแตกใบเป็นจำนวนมาก ลำต้นเหนือดินจะตั้งสูง หรือลำต้นเลื้อยตามผิวดินแล้วจะค่อย ๆ ตั้งสูงขึ้น แตกกิ่งเป็นจำนวนมาก ผิวกิ่งเกลี้ยง ยาว 3 – 20 เซนติเมตร ใบออกตรงข้าม บางครั้งใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 ใบ ก้านใบสั้นหรือไม่มีก้านใบ ใบเป็นรูปแถบ หรือขอบขนาน ปลายใบมน ขอบใบหยักจนถึงใบจักฟันเลื่อย ความยาว 4 – 14 กว้าง 1 – 5 มิลลิเมตร ผิวใบเรียบเกลี้ยง หลังใบมีจุดโปร่งแสงอยู่เป็นจำนวนมาก เส้นใบร่างแห ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ หรือในซอกใบ ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบหรือมีลักษณะคล้ายเส้นด้าย มีขนาด 1.5 – 3 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยาว 2.5 – 3 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีขนสั้น กลีบเลี้ยงมี 5 พู พูเป็นรูปใบหอก ปลายแหลมยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร เมื่อดอกโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว กลีบดอกมีสีขาวหรือสีม่วงยาว 2.5 – 4 มิลลิเมตร ผิวกลีบดอกเกลี้ยง ผลเป็นรูปรี ขนาด 2 – 2.5 ความกว้าง 1.5 – 2 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกออกเป็นวงกว้าง ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ อุดรธานี สุรินทร์ สระบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี นครศรีธรรมราช พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ อินเดีย คาบสมุทรมลายู กัมพูชา เวียดนาม และจีน แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. micrantha* คือ พบในนาข้าว และพื้นที่ชื้น (Yamazaki, 1990)

1.1.7 *Limnophila polyantha* Kurz ex Hook.f. ลำต้นเรียวสูง 20 เซนติเมตร ส่วนฐานเลื้อยขนานกับผิวดิน ผิวต้นลำต้นเกลี้ยง ส่วนปลายตั้งสูง หรือลำต้นเลื้อยตามผิวดินแล้วจะค่อย ๆ ตั้งสูงขึ้น เป็นต้นเดี่ยวหรือแตกกิ่งเล็กน้อยยาว 5 – 16 เซนติเมตร ตรงก้านมีต่อมขน มีต่อมขนเล็กน้อย หรือไม่มีต่อมขน ใบออกตรงข้าม หรือใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 – 5 ใบ ก้านใบสั้นหรือไม่มีก้านใบ ใบรูปแถบ หรือรูปหอกยาว 3 – 12 กว้าง 0.5 – 1.5 มิลลิเมตร ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ ช่อดอกเป็นช่อกระจะ ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้ายยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 2.5 – 3 มิลลิเมตร มีต่อมขนสั้นเป็นจำนวนมาก พูเป็นรูปหอก ปลายแหลมยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงยาว 3.5 – 4 มิลลิเมตร ผิวกลีบดอกด้านนอกเกลี้ยง หรือมีขนยาวเล็กน้อย ผิวกลีบดอกด้านในเกลี้ยง กลีบปากบนกว้างกลม มี 2 พูตื้น กลีบล่างมี 3 พู เรียบ ผลรูปไข่ ผลเป็นแบบแห้งแตกยาว 2 กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ จังหวัดเลย พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ เวียดนาม แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. polyantha* จะขึ้นลอยอยู่ในสระน้ำ (Yamazaki, 1990)

1.1.8 *Limnophila parviflora* T.Yamaz. ลำต้นเรียว ตั้งตรงสูง 40 – 70 เซนติเมตร มีต่อมเล็กๆเป็นจำนวนมาก ใบ 4 – 5 ใบ ติดเป็นวงรอบตามข้อ ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปหอกแคบยาว 10 – 35 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 – 6 มิลลิเมตร ปลายใบแหลม ขอบใบหยัก ถึงจักฟันเลื่อย หน้าใบมีขนหยาบแข็ง หลังใบมีเส้นใบแบบร่างแห มีขนสั้นแข็ง ผิวใบมีจุดโปร่งแสง ช่อดอกออกตามซอกใบ และปลายยอด เรียวยาว 3 – 10 เซนติเมตร ช่อดอกเป็นช่อกระจุกแบบช่อวงแถวคู่ ดอกออกเป็นจำนวนมาก ก้านช่อดอก และก้านดอกเรียว ผิวมีต่อม มีขนละเอียด ก้านดอกยาว 1.5 – 8 มิลลิเมตร ใบประดับเป็นรูปแถบ หรือรูปหอกยาว 2 – 4 มิลลิเมตร ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้ายยาว 1.5 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 2.5 – 3 มิลลิเมตร มีต่อมสั้น ขนหยาบแข็ง กลีบเลี้ยงมีเส้นแบบตาข่ายชัดเจน 5 เส้น พูเป็นรูปหอก เรียวแหลมยาว 2 มิลลิเมตร กลีบดอกยาว 2.5 มิลลิเมตร กลีบดอกกลมทั้ง 2 ด้าน กลีบปากบนกลมกว้าง เว้าตื้น กลีบปากล่างมี 3 พู พูเป็นแบบกลม ผลเป็นรูปไข่ยาว 2.5 กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ กาญจนบุรี และเป็นพืชเฉพาะถิ่นของประเทศไทย แหล่งที่อยู่และสภาพทางนิเวศของ *L. parviflora* จะพบบริเวณทุ่งหญ้า (Yamazaki, 1990)

1.1.9 *Limnophila balsamea* (Benth.) Benth. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า ลิ้นงูเห่า (ตะวันออกเฉียงใต้) ลำต้นมักแตกกิ่งก้าน สูง 25 เซนติเมตร ขนเป็นแบบขนแกะเป็นจำนวนมาก ใบออกตรงข้าม ก้านดอกสั้นมาก ใบรูปไข่ ปลายใยแหลมเล็กน้อย ก้านใบแคบ ขอบใบหยัก หรือจักฟันเลื่อย ผิวทั้งสองด้านเกลี้ยง ใบเป็นแบบขนนก เส้นใบเป็นแบบร่างแห ช่อดอกออกในซอกใบ

ช่อดอกเป็นแบบกระจุก มีดอกเล็กน้อย ก้านช่อดอกเล็กยาว 3 มิลลิเมตร ก้านดอกสั้น หรือไม่มีก้านดอก หรือยาว 1 มิลลิเมตร ใบประดับย่อยคล้ายเส้นใยยาว 1 – 1.5 มิลลิเมตร มีขนแบบแกะเป็นจำนวนมาก ในดอกมีกลีบเลี้ยงยาว 3 มิลลิเมตร ผลมีกลีบเลี้ยงยาว 4 – 5 มิลลิเมตร มีขนแบบแกะเป็นจำนวนมาก พูเป็นรูปใบหอก ปลายเรียวแหลม กลีบดอกเป็นสีชมพูยาว 8 – 10 มิลลิเมตร ผิวกลีบดอกด้านนอกเกลี้ยง ด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกลมกว้าง ปลายเว้าตื้น กลีบปากล่างมี 3 พู พูมีรูปร่างกลม ผลเป็นรูปรี ยาว 3 กว้าง 3 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ ปราจีนบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ เวียดนาม กัมพูชา เมียนมาร์ แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. balsamea* จะพบบริเวณขอบนาข้าว และอยู่ในบึง (Yamazaki, 1990)

1.1.10 *Limnophila laxa* Benth. ลำต้นสูง 10 – 40 เซนติเมตร ลำต้นเลื้อยขนานไปกับพื้น และด้านล่างมีกิ่งแตกออก ใบออกตรงข้าม ใบรูปขอบขนานแคบ ถึงขอบขนานยาว 6 – 30 มิลลิเมตรกว้าง 3 – 7 มิลลิเมตร ปลายใบแหลม แคบ หรือมีก้านใบ ขอบใบหยัก หรือจักฟันเลื่อย ผิวหน้าใบเกลี้ยง ผิวหลังใบมีขนแข็งสั้น ใบเป็นแบบขนนกเส้นใบแบบร่างแห ดอกเป็นดอกเดี่ยวและออกตามซอกใบ หรือปลายยอด ดอกเป็นแบบช่อกระจุกตามซอกใบ ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้ายยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 4 – 5 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งกระจัดกระจายผสมกับมีต่อมขน พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอก ปลายเรียวแหลมยาว 3 – 4 มิลลิเมตร กลีบดอกยาว 6 – 7 มิลลิเมตร ด้านหลังมีหลอดกลีบดอกและพูสีม่วง ด้านหน้ามีหลอดกลีบดอกสีขาว ผิวกลีบดอกด้านนอกเกลี้ยง ด้านในมีขนอุย ผลรูปไข่ยาว 3 กว้าง 2.5 มิลลิเมตร ผลแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี ตราด พัทลุง นราธิวาส พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ ศรีลังกา เมียนมาร์ เวียดนาม คาบสมุทรมลายู เกาะสุมาตรา แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. laxa* พบบริเวณพื้นที่เปียกชื้น และบริเวณชายหาดของทะเลกับบริเวณน้ำกร่อย (Yamazaki, 1990)

1.1.11 *Limnophila repens* (Benth.) Benth. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า นางออม (ตะวันออกเฉียงใต้) หญ้าปลาแขยง(ตะวันออกเฉียงเหนือ) ลำต้นแตกกิ่ง ตั้งตรง หรือแตกกิ่งออกเป็นจำนวนมาก สูง 5 – 40 เซนติเมตร ลำต้นมีผิวเกลี้ยง หรือด้านบนมีผิวหยาบแข็ง ใบออกตรงข้าม ขอบใบขนาน หรือขอบรูปหอกยาว 7 – 32 มิลลิเมตร กว้าง 2.5 – 12 มิลลิเมตร ปลายใยแหลมเล็กน้อย ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ขอบใบหยัก หรือขอบใบจักฟันเลื่อย ผิวใบด้านหน้าเกลี้ยง หรือมีขนหยาบแข็งสั้นใกล้กับฐาน หลังใบมีเส้นใบขนาดใหญ่ ใบแบบขนนก เส้นใบเป็นร่างแห ช่อดอกสั้นเป็นแบบช่อจุก หรือช่อกระจะ หรือเป็นดอกเดี่ยว และดอกตามซอกใบ ก้านดอก

สั้นหรือไม่มีก้านดอก ผิวเกลี้ยงหรือมีขนหยาบแข็งเล็กน้อย ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบยาว 1.5 – 2.5 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 4 – 5 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง หรือมีขนหยาบแข็งสั้น เมื่อโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปใบหอกแคบ ปลายเรียวแหลมยาว 2 – 3 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงหลอดกลีบดอกมีสีขาวยาว 6 – 7 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกลี้ยง ผิวด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกว้าง กลม เว้าตื้น ทั้งสองพู กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลเป็นรูปรี ยาว 2.5 – 3 กว้าง 2.5 มิลลิเมตร ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ แม่ฮ่องสอน เลย สระบุรี ปราจีนบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี นราธิวาส และตราด พื้นที่การกระจายพันธุ์ ได้แก่ ประเทศอินเดีย ศรีลังกา เนปาล มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. repens* พบขึ้นบริเวณทุ่งหญ้าที่ชื้นและทุ่งนา (Yamazaki, 1990)

1.1.12 *Limnophila laotica* Bonati ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า นางรักทุ่ง (ตะวันออก) ลำต้นตั้งตรงสูง 60 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนอุยจำนวนมาก ใบออกตรงข้าม ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปใบหอกกว้าง หรือรูปไข่ยาว 2 - 7 กว้าง 0.8 – 2.5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ขอบใบจักฟันเลื่อย ด้านหน้าใบมีขนสั้นหยาบแข็ง ขนเกลี้ยง หลังใบมีจุดโปร่งแสง ใบแบบขนนก เส้นใบแบบร่างแห ดอกออกในบริเวณซอกใบ ช่อดอกเป็นช่อกระจะมีดอกจำนวนมากยาว 10 – 20 เซนติเมตร ก้านช่อดอก และก้านดอก มีต่อมขน และขนแบบแกะ ใบประดับเป็นรูปไข่ หรือรูปใบหอกยาว 1 – 7 มิลลิเมตร มีต่อมขน และมีขนยาว ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบ หรือรูปลิ่มแคบยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยาว 5 – 6 มิลลิเมตร มีต่อมขน มีขนยาวห่างๆ พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 3 มิลลิเมตร ปลายเรียวแหลม กลีบดอกมีสีม่วงยาว 12 – 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกมีขนยาวห่าง ๆ เล็กน้อย ผิวด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกลม กว้าง ปลายเรียวแหลม กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลเป็นรูปไข่ยาว 3 กว้าง 2 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยที่รายงานพบที่ นครราชสีมา พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ ลาว แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. laotica* พบขึ้นในบึง (Yamazaki, 1990)

1.1.13 *Limnophila geoffrayi* Bonati ภาษาท้องถิ่นเรียกว่ากะออม, กะแยง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ลำต้น เรียว ตั้งตรง ยาว 10 – 35 เซนติเมตร แตกแขนงใกล้ฐาน มีขนตามลำต้นหนาแน่น มีใบตรงข้าม ไม่มีก้านใบ ขอบใบขนาน ใบรูปหอก รูปขอบใบขนาน หรือ รูปไข่ ยาว 1 - 3 กว้าง 0.3 – 1 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ถึงปลายมนหรือป้าน ขอบใบหยักมน จักฟันเลื่อย ผิวใบด้านบนมีขนเกลี้ยง หรือมีขนสั้นหยาบแข็ง หลังใบเกลี้ยง และมีจุดโปร่งแสง การเรียงตัวของเส้นใบขนานแบบขนนก ดอกออกตามซอกใบ หรือเป็นช่อกระจะอยู่ที่ปลายยอดแต่ละช่อมี 2 – 10 ดอก ก้านช่อดอกเรียวยาว 1.5 – 6 เซนติเมตร มีขนหยาบแข็งปกคลุมบางจนถึงขนเกลี้ยง

ก้านดอกยาว 1 – 4 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย จนถึงเกลี้ยง ใบประดับ มีขนาดเล็ก เป็นรูปหอกแคบ ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้าย ปลายเรียวแหลมยาว 1 – 2 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 3.5 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งสั้นเล็กน้อย หรือผิวเกลี้ยง เมื่อโตเต็มที่ กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปหอกยาว 2.5 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงยาว 10 – 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกลี้ยง ด้านในตรงปลายมีขนอุย กลีบปากบนกลมกว้าง เว้าตื้น กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลรูปทรงรียาว 3 กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ พิษณุโลก หนองคาย มหาสารคาม ขอนแก่น นครราชสีมา พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ กัมพูชา ลาว และเวียดนาม แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. geoffrayi* เป็นพืชที่มีลำต้นอ่อนจะอยู่ในบึง ที่ชื้นแฉะ และในนาข้าว (Yamazaki, 1990)

1.1.14 *Limnophila poilanei* T.Yamaz. เป็นพืชล้มลุก ลำต้นตั้งตรงสูง 30 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนหยาบแข็ง ใบออกตรงข้าม ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 2.5 – 5 มิลลิเมตร ปลายใบเรียวแหลม แหลมแบบจักฟันเลื่อยเล็กน้อย ผิวใบด้านบนมีขนเกลี้ยง หลังใบ มีขนหยาบแข็งตรงเส้นกลางใบ ช่อดอกออกในบริเวณซอกใบ หรือเป็นช่อกระจะตรงปลายยอด มี 2 – 10 ดอก ก้านช่อดอก และก้านดอกเรียวมีขนหยาบแข็งสั้น ใบประดับมีขนแข็งยาว 1.5 – 6 มิลลิเมตร ใบประดับย่อยยาว 2 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกัน เป็นรูประฆังยาว 4 – 5 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งสั้น ๆ มีต่อมขนเล็กน้อย กลีบดอกมีสีม่วงยาว 10 – 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกลี้ยง ด้านในมีขนอุย ผลเป็นรูปขอบขนาน ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่ อุบลราชธานี พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ กัมพูชา แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. poilanei* พบบริเวณดินทราย ป่าเต็งรัง (Yamazaki, 1990)

1.1.15 *Limnophila siamensis* T.Yamaz. เป็นพืชน้ำ ลำต้นอวบ แข็งแรง ยาว 1 เมตร ใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 – 4 ใบ ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 4 - 7 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ผิวใบเกลี้ยงทั้งสองด้าน มีจุดโปร่งแสง ช่อดอกออกตรงปลายยอด เป็นช่อแบบช่อแยกแขนง ดอกออกเป็นจำนวนมาก ก้านช่อดอกแข็งแรง ผิวเกลี้ยง ดอกด้านล่าง 3 – 4 ดอก เรียงเป็นแบบช่อฉัตร ออกตรงข้ามสลับกับด้านบน ผิวก้านดอกเกลี้ยง ใบประกอบเป็นรูปแถบ ของใบหยัก หรือจักฟันเลื่อย ใบประดับย่อยลักษณะคล้ายเส้นด้าย ผิวใบเกลี้ยง กลีบเลี้ยงของดอกยาว 4 – 5 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงของผลยาว 5 – 6 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง เมื่อโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอก เรียวแหลม กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปหลอด หรือรูปลำโพงยาว 15 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกมีขนเกลี้ยงเล็กน้อย ผิวด้านในมีขนอุย ผลรูปไข่ หรือรูปรี ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่จังหวัด กำแพงเพชร และ

นครนายก และเป็นพืชเฉพาะถิ่นของไทย แหล่งที่อยู่และนิเวศวิทยาของ *L. siamensis* คือพบขึ้นบริเวณบ่อน้ำเล็ก ๆ (Yamazaki, 1990)

1.1.16 *Limnophila hayatae* T.Yamaz. เป็นพรรณไม้น้ำล้มลุก ลำต้นอวบสูง 30 – 60 เซนติเมตร ลำต้นมีผิวเกลี้ยง หรือด้านบนมีต่อมขนเล็กน้อย ใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 ใบ บางครั้งใบออกตรงข้าม ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบเป็นรูปใบหอก จนถึงรูปไข่ ปลายแหลม ขอบใบแหลม หรือหยัก จักฟันเลื่อย ผิวทั้งสองด้านเกลี้ยง มีจุดโปร่งแสง เส้นใบตาข่ายแบบขนนก ช่อดอกออกตรงปลายยอด เป็นช่อแบบช่อแยกแขนง ก้านช่อดอกมีต่อมขนเล็กน้อย ใบประดับรูปใบหอกแคบ ปลายเรียวแหลมยาว 3 – 10 มิลลิเมตร ดอกออกตรงข้าม ก้านดอกเรียวสูง 7 – 16 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้าย กลีบเลี้ยงของดอกยาว 4 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงของผลยาว 5 – 6 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีต่อมขน เมื่อโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปใบหอกแคบ ปลายเรียวแหลมยาว 3 – 4 มิลลิเมตร กลีบดอกสีน้ำเงิน หลอดแกมขาว ผิวด้านนอกเกลี้ยงหรือมีขนยาวห่าง ๆ เล็กน้อย ด้านในมีขนอุย ผลเป็นรูปไข่ ผลแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบที่จังหวัด เชียงใหม่ พิษณุโลก และประจวบคีรีขันธ์ และเป็นพืชเฉพาะถิ่นของไทย แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. hayatae* จะพบขึ้นบริเวณบ่อน้ำ และแหล่งน้ำแฉะ (Yamazaki, 1990)

1.1.17 *Limnophila villifera subsp. gracilipes* (Craib ex Hosseus) T.Yamaz. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า กะเพราใหญ่ (ภาคใต้) ลำต้นเลื้อยขนานกับพื้นดิน แตกกิ่งตรงโคน กิ่งสูง 20 – 60 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนอุย ใบออกตรงข้าม ใบรูปรี รูปขอบขนาน หรือรูปแถบ ขอบขนาน ยาว 1 – 4 เซนติเมตร ผิวใบคล้ายกระดาษ เมื่อใบแห้งขอบใบจะม้วนลง ปลายใบมน ขอบใบหยักจักฟันเลื่อย ด้านของใบมีขนเล็กแข็ง ด้านหลังใบมีเส้นใบแบบตาข่ายขนาดใหญ่ มีจุดโปร่งแสง มีเส้นใบแบบตาข่ายขนนกเล็กน้อย ดอกเป็นช่อกระจะ บางครั้งเป็นดอกเดี่ยว และออกตามซอกใบ ก้านช่อดอกเรียว มีขนอุย ก้านดอกสูง 3 – 12 มิลลิเมตร ใบประดับเป็นรูปใบหอก หรือรูปแถบ ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้าย หลอดกลีบเลี้ยงเป็นรูประฆัง มีขนอุย มีต่อมขนกระจัดกระจาย เมื่อโตเต็มที่จะเป็นริ้ว พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 4 – 5 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงยาว 13 – 15 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกือบเกลี้ยง หรือมีขนยาวเล็กน้อย ด้านในมีขนอุย ผลเป็นรูปไข่ รูปรี ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และเป็นพืชเฉพาะถิ่นของไทย แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. villifera* subsp. gracilipes พบในนาข้าว และทุ่งหญ้า และพื้นที่ลุ่ม (Yamazaki, 1990)

1.1.18 *Limnophila chinensis* (Osbeck) Merr. ภาษาท้องถิ่นเรียกว่า ผักแขยง (ภาคกลาง) กะเพราใหญ่ หญ้าน้ำ (ภาคใต้)เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นตั้งตรง เดี่ยว หรือมีกิ่ง สูง 10 – 40 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนแบบขนแกะ ใบออกตรงข้าม หรือใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 – 4 ใบ ใบรูปไข่กลับ รูปรี หรือรูปขอบขนาน ถึงรูปแถบ บางครั้งเป็นรูปวงกลม ปลายใบแหลม หรือปลายมน ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ขอบใบหยัก จักฟันเลื่อย ด้านหน้าของใบมีขนเกลี้ยง ถึงขนหยาบแข็ง หลังใบมีขนเกลี้ยง ถึงขนหยาบแข็ง เส้นใบแบบตาข่ายขนาดใหญ่ มีจุดโปร่งแสง ดอกเป็นดอกเดี่ยว ออกบริเวณซอกใบ บางครั้งออกตรงปลายยอด หรือเป็นช่อกระจะ ก้านดอกเรียว มีขนแบบขนแกะ มีต่อมขนเล็กน้อย ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้าย ถึงรูปลิ่มแคบ กลีบเลี้ยงยาว 4 – 6 มิลลิเมตร มีขนแบบขนแกะจำนวนมาก เมื่อโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปใบหอกแคบ ปลายเรียวแหลม กลีบดอกมีสีน้ำเงิน หลอดกลีบดอกแกมขาว ผิวกลีบดอกด้านนอกมีขนยาวห่าง ๆ ด้านในมีขนอุย ผลเป็นรูปรีกว้าง ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ ในประเทศไทยมีรายงานพบเชียงใหม่ กรุงเทพฯ ชัยภูมิ กาญจนบุรี สุราษฎร์ธานี พื้นที่พบการกระจายพันธุ์ ได้แก่ อินโดนีเซีย จีน คาบสมุทรมลายู เกาะสุมาตรา (Yamazaki, 1990)

1.1.19 *Limnophila verticillata* T.Yamaz. เป็นพรรณไม้ล้มลุก ลำต้นด้านล่างเลื้อย ตั้งตรง ผิวลำต้นมีต่อมขนยาว ใบมีก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 4 – 6 ใบ ใบเป็นรูปแถบ หรือรูปแถบใบรูปหอก รูปลิ่มแคบ ขอบหยัก ผิวใบเกลี้ยง มีจุดโปร่งแสง ดอกเป็นดอกเดี่ยว และดอกบริเวณซอกใบ ก้านดอกเรียวยาว 10 – 25 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง หรือมีต่อมขนเล็กน้อย ใบประดับย่อยเป็นเส้น กลีบเลี้ยงของดอกยาว 4 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงของผลยาว 5 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง หรือมีต่อมขนเล็กน้อย เมื่อโตเต็มที่จะกลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปแถบ รูปใบหอก ปลายเรียวแหลม กลีบดอกยาว 10 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกลี้ยง ด้านในมีขนอุย ผลเป็นรูปรี ผลเป็นแบบแห้งแตกได้ พบเฉพาะถิ่น ในประเทศไทยแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา ยโสธร แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยาของ *L. verticillata* พบอยู่ในที่ลุ่มน้ำขัง (Yamazaki, 1990)

1.2 การใช้ประโยชน์จากพืชสกุลผักแขยง

พืชสกุลนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ รับประทานเป็นพืชผัก ใช้ประดับตู้ปลา และเป็นยาสมุนไพร

L. geoffrayi นำมารับประทานเป็นผักสด นำมาประกอบอาหาร ในปัจจุบันมีการปลูกเพื่อการค้าในประเทศไทยหลายจังหวัดสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี และมีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น นำต้นสดมาคั้นน้ำ เป็นยาแก้ไข้ในช่วงฤดูหนาว หรือที่เรียกว่า ไข้หัวลม ใช้ต้นสดคั้นเอา

น้ำ พอก หรือทา แก้อาการคันจากกลากและฝี อีกทั้งนำต้นสดมาตำให้ละเอียดผสมกับ ต้นฟ้าทะลายโจร แล้วไปผสมกับน้ำ คั้นเอาน้ำมารับประทาน ส่วนกากเอาพอกบริเวณรอบ ๆ แผล แต่อย่าพอกบนแผล แก้พิษงูที่ไม่มีพิษร้ายแรง (ลักขณา ร่มเย็น, 2552) รากและใบสามารถขับเสมหะ ขับน้ำนม เป็นยาพอกที่ขาได้ (เสริมสิริ วินิจฉัยกุล และคนอื่น ๆ , 2539) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้ทั้งต้นเป็นยาขับลม ยาระบายท้อง และเป็นยาขับน้ำนม น้ำคั้นจากต้นนำมาใช้เป็นยาแก้ไข้ แก้อาการบวม เป็นยาระบายอ่อน ๆ ต้นที่แห้งสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 1 ปี และสามารถนำมาต้มน้ำดื่มแก้พิษเบื่อเมา (ยุทธศักดิ์ ขุนทอง, 2561)

L. aromatica ในประเทศอินเดียเป็นพืชใช้รับประทานเป็นผักสด สามารถกินดิบได้หรือนำไปแกง มีรสเปรี้ยว มีความขมเล็กน้อย ทำให้ผิวนุ่มชุ่มชื้น ขับน้ำนม เป็นยาระบาย รับประทานเป็นผักสดกับอาหารได้ ช่วยในระบบย่อยอาหาร เป็นยาขับลมในท้อง ถ่ายพยาธิ แก้อักเสบ ขับปัสสาวะและแก้ไข้ แก้เบื่ออาหาร อาหารไม่ย่อย ช่วยถ่ายพยาธิ แก้ท้องผูก แผลอักเสบ คั้นเป็นน้ำเป็นยาระบายแก้ร้อนใน พืชชนิดนี้จะมีกลิ่นหอมและให้น้ำมันหอมระเหย (Brahmachari, 2014) และยังเป็นพืชน้ำหรือเป็นวัชพืชน้ำที่นำมาทำเป็นไม้ประดับ ในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำทั่วโลกเนื่องจากพืชชนิดนี้มีสีเขียวชอุ่ม สีชมพูและสีแดงสวยงาม (Bakhsh et al., 2016) ในประเทศเวียดนามก็นำมาทำเป็นสมุนไพร และใช้เป็นไม้ประดับในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

L. micrantha ยอดอ่อนสามารถนำมารับประทานเป็นอาหารได้ (Brahmachari, 2014)

L. rugosa พืชชนิดนี้ ในประเทศอินเดีย มีการนำไปทำเป็นยาจำนวนมาก โดยนำมาคั้นเป็นน้ำ ใช้แก้ไข้ นำไปประยุกต์ใช้รักษาโรคเท้าช้างร่วมกับน้ำมันมะพร้าว เป็นยาแก้ท้องเสีย โรคบิด อาหารไม่ย่อย เป็นยาขับลมและบำรุงกำลัง น้ำมันหอมระเหยใช้เป็นสารแต่งกลิ่นอาหาร และบำรุงเส้นผม น้ำมันหอมระเหยยังต่อต้านแบคทีเรีย และต้านเชื้อรา ในหมู่เกาะฟิลิปปินส์และในอินเดียมีการนำใบไปแช่น้ำใช้เป็นยาขับปัสสาวะ และแก้ปวดท้อง (Brahmachari, 2014) และสามารถนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ โดยเป็นไม้ประดับตู้ปลาได้ (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2543) ในประเทศไทยนำทั้งต้นมาใช้ ประโยชน์ เช่น แก้คลื่นไส้อาเจียน แก้วิงเวียนศีรษะ นำไปผสมกับยาแก้ท้องร่วง เป็นต้น (มาลี บรรจบ, 2543)

L. heterophylla เป็นพืชใต้น้ำ เป็นพรรณไม้น้ำประดับตู้ปลา การขยายพันธุ์สามารถตัดลำต้นไปปักชำได้ (กาญจนรี พงษ์ฉวี, 2558) พืชชนิดนี้ในรัฐทมิฬนาฑู ซึ่งอยู่ตอนใต้ของประเทศอินเดีย ชาวบ้านมีการนำมาใช้เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้าน เช่น มีนำไปประยุกต์ใช้ในรักษาโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ โดยจะใช้ใบขยี้กับน้ำมันมะพร้าว ใส่กับแผลให้แผลหายเร็วขึ้น (Arul, 2005)

ชาวบ้านแถบหุบเขาแกรนด์ฮามาร์ดาน ของอินเดียนำพืชชนิดนี้มาทำเป็นน้ำมันใส่ผม (Padiya, et al., 2013)

L. indica เป็นพืชมีกลิ่นคล้ายการบูร หรือน้ำมันของมะนาว ใช้เป็นยาขับลม เป็นยาฆ่าเชื้อแบคทีเรีย นำไปทำเป็นยาถูนวดในการรักษาโรคเท้าช้าง คั้นเป็นน้ำใช้แก้ไข้ ใช้แก้โรคบิดโดยใช้ร่วมกับขิง ยี่หร่า และพืชที่มีกลิ่นหอมอื่น ๆ (Gorai et al., 2013)

L. conferta พืชชนิดนี้แพทย์พื้นเมืองอินเดียใช้รักษาโรคผิวหนัง แผลอักเสบ (Brahmachari, 2014)

L. polystachya เป็นพืชสมุนไพรดั้งเดิมของชาวอินเดีย ซึ่งนำมาทำเป็นยารักษาอาการเป็นไข้ โรคบิด โรคเท้าช้าง อาหารไม่ย่อย แก้อาการเร่าร้อน ขับเสมหะ ขับน้ำนม และยับยั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และสารต้านมะเร็ง (Kalimuthu et al., 2011)

2. พฤกษเคมีเบื้องต้น

สารเคมีพบในพืชมีมาก ซึ่งแบ่งกลุ่มสารเคมีในพืชตามสารตั้งต้นได้ 2 กลุ่ม คือ สารที่เป็นปฐมภูมิ (primary metabolites) และสารที่เป็นทุติยภูมิ (secondary metabolites) สารที่เป็นปฐมภูมิ เป็นสารเคมีพื้นฐานพบได้ในพืชทั่วไป ซึ่งพบในพืชเกือบทุกชนิด และเป็นสารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และกรดอะมิโนบางชนิดจะมีการเกิดกระบวนการชีวสังเคราะห์ ตัวอย่างสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrates) โปรตีน (protein) กรดอะมิโน (amino acid) เอนไซม์ (enzymes) และไขมัน (lipids) สารที่เป็นทุติยภูมิเป็นสารที่พบว่ามีความแตกต่างกันของพืชแต่ละชนิด สารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ แสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา สารที่เป็นทุติยภูมิสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ ดังนี้ (วันดี กฤษณพันธ์, 2544)

2.1 สารที่ให้กลิ่นในพืช

สารให้กลิ่นในพืชเป็นผลิตผลของเมตาบอลิซึมระดับทุติยภูมิ (secondarymetabolite) ที่พบในพืชแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เป็น by-product จากเซลล์ที่มีชีวิตไม่มีหน้าที่ทางเมตาบอลิซึมที่ชัดเจน มีสารเริ่มต้นเป็นผลิตผลของเมตาบอลิซึมระดับปฐมภูมิ (primary metabolite)จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่พบในพืชทุกชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน กรดไขมัน เป็นต้น แล้วมีการทำงานของเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยพืชแต่ละชนิดมีเอนไซม์ไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพต่างกัน ในปัจจุบันยังไม่สามารถทราบสาเหตุแน่ชัดในการสร้างผลผลิตเมตาบอลิซึมระดับทุติยภูมิ เกิดจากการที่พืชพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม (ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์, 2558)

สารที่ให้กลิ่น และรสตามธรรมชาตินั้น จะเกิดจากสารตั้งต้นที่ไม่ค่อยมีการระเหย ส่วนมากแล้วเป็นพวกอนุพันธ์ของไกลโคไซด์ที่มีโครงสร้างพื้นฐานของหน่วย glucopyranosy| ที่ต่อกับพันธะB-glycosidic และผลผลิตของเมตาบอลิซึมระดับทุติยภูมิเรียกว่า aglycone ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 10,11, 13 และ 15 อะตอม ตัวอย่างเช่น ไกลโคไซด์ของ monoterpene แต่สามารถเปลี่ยนเป็นสารระเหย โดยการทำงานของเอนไซม์ หรือเกิดจากการไฮโดรไลซิสของกรด

สารประกอบที่อยู่ในธรรมชาติที่สามารถให้กลิ่นมีหลากหลายประเภท ได้แก่

1. แอลกอฮอล์ (alcohol) เกิดจากกรดอะมิโนมีการสังเคราะห์ทางชีวภาพ

2. คาร์บอนิล (carbonyl) เป็นกลุ่มของแอลดีไฮด์ และคีโตนที่เกิดจากกรดอะมิโน

3. แลคโตน (lactone) อาจเกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพโดย oxidase

4. แอลดีไฮด์ (aldehyde) เกิดจากการกรดอะมิโนมีการสังเคราะห์ทางชีวภาพเหมือนกับแอลกอฮอล์ และได้จากกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมัน linoleic และ linolenic

5. กรด เป็นการสลายน้ำตาลโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งคาร์โบไฮเดรตจะถูกออกซิเดชันเป็นกรดไพรูวิก เพื่อเข้าสู่วัฏจักรเครปส์ และเอนไซม์จะสังเคราะห์ขั้นสุดท้าย

6. ฟีนอล (phenol) สารประกอบนี้จะมีความแตกต่าง เพราะสายพันธุ์แตกต่างกัน สถานที่ปลูกสภาพแวดล้อมต่างกัน และ ส่วนสดที่ถูกนำมาวิเคราะห์ การปฏิบัติต่าง ๆ หลังจากการเก็บเกี่ยว และอายุ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น จะไม่พบสารประกอบฟีนอลในผลไม้ที่สุก เนื่องจากมีการเกิด polymerization ขึ้น

7. เอสเทอร์ (ester) สร้างมาจากแอลกอฮอล์ กรดไขมัน และกรดอะมิโนที่อยู่ในเซลล์พืชตัวอย่างสารหอมระเหยที่อยู่ในพืชมีสารหลายชนิด ประกอบด้วย (ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์, 2558)

สารกลุ่มไฮโดรคาร์บอน ตัวอย่างเช่น *cis*-Ocimene, *trans*-Ocimene, Limonene, B-Caryophellene เป็นต้น

สารกลุ่มแอลกอฮอล์ ตัวอย่างเช่น Hexanol, Butanol, *cis*-3-Hexenol,trans-2-Hexenol , B-Phenylethyl Alcohol, และ Linalool เป็นต้น

สารกลุ่มแอลดีไฮด์ ตัวอย่างเช่น Hexanol, trans-2-cis-6-Nonadienol, trans-2-Hexenal เป็นต้นสารกลุ่มคีโตน ตัวอย่างเช่น b-Lonone, 3-Hydroxy-2-Butanone เป็นต้น

สารกลุ่มกรด ตัวอย่างเช่น 3-Hydroxy Octanoic Acid, Acetic Acid, Octanoic Acid เป็นต้น

สารกลุ่มเอสเทอร์ ตัวอย่างเช่น cis-Hexenyl Acetate , Ethyl Acetate, Methyl (Ethyl, Butyl Iso-Butyl, Isoamyl, Hexyl) Butyrate Methyl, Hexanoate เป็นต้น

สารในกลุ่มแลคโตน ตัวอย่างเช่น g-Decalactone, d-Decalactone

สารในกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ ตัวอย่างเช่น Ether, Halogen, Nitrite, Phenol, Furan และ Epoxide ตัวอย่างเช่น Dimethyl Sulide, Benzothiazole, 3-Acetyl Furan, 2,5-Dimethyl-4- Hydroxy-2H-Furanone เป็นต้น

2.2 เทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)

เป็นสารพบมากสุดในธรรมชาติ สามารถพบได้ในพืชและสัตว์ มี Isoprene unit เป็นหน่วยที่เล็กที่สุด เทอร์พีนอยด์เป็นสารที่มีโครงสร้างได้หลากหลายแบบ และมีหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของคาร์บอนใน Isoprene unit เทอร์พีนอยด์ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในไขมัน ไม่มีสี และสามารถพบได้ในไซโทพลาสซึม (Cytoplasm) ของเซลล์ หรือเนื้อเยื่อพิเศษ เช่น Squalene ส่วนมากพบในปลาฉลาม (วันดี กฤษณพันธ์, 2544)

3. การสกัดสารสำคัญจากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืชมีหลายวิธี การสกัดเบื้องต้น จะได้เป็นสารสกัดหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้จากการสกัดพืช โดยมีตัวทำละลาย (solvent) เป็นตัวช่วยในการสกัด สารสกัดหยาบที่ได้นี้จะเป็นสารผสมที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของพืช จะมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically active constituents) เรียกว่า สารสำคัญ (active constituents) สัดส่วนและชนิดขององค์ประกอบในสารสกัดจะเปลี่ยนไปตามพืชที่ใช้ และสภาวะที่ใช้ในการสกัด วัตถุประสงค์ในการสกัดพืชนั้น เพื่อสกัดแยกเอาสารสำคัญออกจากพืช และเพื่อได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นของสารสำคัญ โดยทำให้ขนาดเล็กลง เพื่อให้พืชสามารถอยู่ได้ในปริมาณเหมาะสม (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2550)

3.1 การเตรียมตัวอย่างพืช (preparation of raw materials)

นำตัวอย่างพืชมาตรวจสอบ และสกัดแยกสารสำคัญให้สะอาด ปราศจากสิ่งแปลกปลอม ไม่มีเชื้อราหรือโรคพืชปนเปื้อนมา โดยทั่วไปแล้วการสกัดที่ได้ผลดีถ้านำพืชสดมาสกัด โดยนำเอาพืชสดมาต้มกับแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเอนไซม์ก่อน และป้องกันไม่ให้สารเคมีในพืชเกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วจึงนำไปสกัดหรือนำพืชสดไปแช่ในแอลกอฮอล์ขณะที่ยังไม่ได้สกัด แต่วิธีการนี้ไม่ค่อยสะดวก เพราะต้องใช้ตัวอย่างพืชสด ดังนั้นควรนำเอาพืชสดมาทำให้แห้งก่อน เพื่อรักษาคุณภาพของพืชให้ดีที่สุดก่อนทำการสกัด และเพื่อป้องกันการบูดเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ และ

การทำให้แห้งยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในพืชสด ดังนั้นควรทำให้พืชแห้งด้วยวิธีที่เร็วและใช้อุณหภูมิต่ำ เพราะอุณหภูมิที่สูงไปจะทำให้สารสำคัญสลายหรือมีการเปลี่ยนแปลงได้ การทำให้แห้งอาจใช้แสงแดด หรือใช้เครื่องมือที่ให้ความร้อน การใช้เครื่องมือช่วยมีข้อดี เพราะมีการควบคุมอุณหภูมิและความสม่ำเสมอของการหมุนเวียนของอากาศได้ และทำให้พืชแห้งเร็วที่สุดหลังจากเก็บเกี่ยว พืชที่มีน้ำมันหอมระเหยองค์ประกอบจะเสียไปถ้าไม่กลั่นทันที แต่บางกรณีที่สามารถใช้ประโยชน์จากเอนไซม์ได้

เมื่อพืชแห้งแล้ว ควรเก็บรักษาไว้ให้เหมาะสมคือ เก็บไว้ในที่แห้ง มืด เย็น และอากาศมีอากาศหมุนเวียนเหมาะสม เพื่อให้มีคุณภาพสูงก่อนทำการแยกสกัด ควรหลีกเลี่ยงการเก็บสมุนไพรไว้เป็นเวลานานๆ เนื่องจากความชื้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อีกทั้งยังเพิ่มน้ำหนักของพืช ทำให้เปอร์เซนต์ขององค์ประกอบสำคัญลดลงด้วย นอกจากนี้จุลชีพต่าง ๆ จะเจริญเติบโตได้ดีถ้ามีความชื้นสูง ทำให้เกิดการบูดเสียได้ นอกจากความชื้นแล้วยังมีปัจจัยต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม อาจทำให้พืชเสื่อมคุณภาพได้ เช่น แสงสว่าง หากพืชสัมผัสนาน ๆ ทำให้สีซีดได้ หรือออกซิเจนในอากาศช่วยเพิ่มขบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ขององค์ประกอบสำคัญ

ก่อนทำการสกัดจะต้องมีการทำให้ขนาดให้เล็กลง (comminution or pulverization) เพื่อให้การสกัดสารสำคัญจากพืชได้ผลดี เพราะองค์ประกอบสำคัญจะอยู่ภายในเซลล์ ในสภาพเป็นผงละเอียด จากนั้นเมื่อพืชที่บดละเอียดแล้วสัมผัสกับน้ำยาสกัดหรือตัวทำละลายที่เหมาะสม องค์ประกอบนั้นจะละลายออกมา ดังนั้นในการสกัดพืชจึงจำเป็นต้องบดให้เป็นผงละเอียด เพื่อเป็นการทำลายผนังเซลล์และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของพืชให้สัมผัสกับน้ำยาสกัด

3.2 ตัวทำละลายหรือน้ำยาสกัด

ตัวทำละลายที่ใช้ในการเตรียมสารสกัด ได้แก่ แอลกอฮอล์ ส่วนสารละลายชนิดอื่น ๆ เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม ซึ่งใช้เฉพาะกรณี หรืออาจใช้ เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ และยังมีเมทานอล ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ ที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญ

3.3 การเลือกตัวทำละลาย หรือน้ำยาสกัด

การเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับชนิดของสารที่จะสกัด มีคุณสมบัติ ดังนี้

3.3.1 สามารถละลายสารสำคัญออมามามากที่สุด และละลายองค์ประกอบอื่น ๆ ได้น้อย (selectivity) หรือไม่ละลาย

3.3.2 หาง่าย มีราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีความคงตัวที่ดี

3.3.3 ไม่ระเหยออกยากเกินไป หรือระเหยง่ายไป

3.3.3 ลักษณะของพืชที่จะนำมาทำการสกัด

3.4 วิธีการสกัดสารสำคัญจากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืช ขึ้นอยู่กับชนิดของสารสกัด และคุณสมบัติของสารที่ทนความร้อน หรือชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ ดังนี้

3.4.1 การแช่ยุ่ย (maceration) เป็นการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยการแช่หมักกับน้ำยาสกัด จนเนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่ม การแช่หมักพืชทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในน้ำยาสกัดที่เหมาะสม จะทำประมาณ 7 วัน หรือจนกว่าองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาทั้งหมด ในระหว่างหมักพืชที่บดละเอียด ต้องเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว เพื่อเป็นการเพิ่มความเร็วในการสกัด เมื่อครบเวลาแล้ว จึงนำผงพืชที่แช่กับน้ำยาสกัดมากรองเอากากออก วิธีนี้เหมาะกับพืชที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมาก เช่น ใบ ดอก จะทำให้พืชอ่อนนุ่มง่าย ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดน้อย ประหยัด และไม่ต้องใช้ความร้อน ซึ่งวิธีนี้จึงเหมาะสมกับการสกัดพืชที่ไม่ทนความร้อน

3.4.2 เพอร์โคเลชัน (percolation) วิธีนี้จะสกัดสารสำคัญจากพืชโดยน้ำยาสกัดจะไหลผ่านสมุนไพรไปอย่างช้า ๆ พร้อมละลายเอาองค์ประกอบของพืชออกมา โดยใช้เครื่องมือชื่อว่าเครื่องมือสกัดเพอร์โคเลเตอร์ (percolator) วิธีการทำเพอร์โคเลชัน คือ นำผงพืชมาหมักกับตัวทำละลายก่อน 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวแล้วค่อย ๆ นำผงพืชใส่ลงในเพอร์โคเลเตอร์ทีละชั้น เติมตัวทำละลายหรือน้ำยาสกัด (menstruum) ลงในน้ำยาสกัด ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ปล่อยน้ำยาสกัดไหลผ่านผงพืชในความเร็วพอเหมาะ แล้วเติมน้ำยาสกัดใหม่ไปเรื่อย ๆ พร้อมกัน และอย่าให้น้ำยาสกัดแห้ง แล้วเก็บเพอร์โคเลตที่สกัดสมบูรณ์แล้ว และนำเพอร์โคเลตที่เก็บไว้ทั้งหมดมารวมกันแล้วนำไปกรอง ซึ่งวิธีเพอร์โคเลชันนี้ เป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับพืชที่สมบูรณ์ และที่สำคัญไม่ใช้ความร้อน

3.4.3. การสกัดน้ำมันหอมระเหย มีดังนี้

3.4.3.1 การกลั่น (distillation) สามารถใช้แยกน้ำมันหอมระเหยได้ทุกชนิด สิ่งที่ต้องควบคุมคือ อุณหภูมิและระยะเวลา ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและกลิ่นของน้ำมันที่ได้ เช่น น้ำมันกระดังงาที่จำหน่ายในท้องตลาดมีคุณภาพและราคาที่หลากหลายมาก ชนิดที่มีคุณภาพดีที่สุดจะมีราคาแพงที่สุด ซึ่งได้จากการกลั่น 15 นาที เท่านั้น แต่ถ้าระยะในการกลั่นเพิ่มขึ้นคุณภาพจะลดลงไปเรื่อย ๆ การกลั่นแบ่งได้ 3 วิธี ดังนี้ (ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ, 2555)

- การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation/hydrodistillation) นิยมใช้กับพืชที่เมื่อถูกความร้อนแล้วองค์ประกอบทางเคมีไม่สลายตัว โดยนำพืชที่ต้องการกลั่นมาใส่ในหม้อกลั่นและเติมน้ำให้ท่วมจนท่วมทุกส่วนของพืช ต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดแล้วจะกลายเป็นไอน้ำ จากนั้นทั้งไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องควบแน่นกลายเป็นน้ำ และน้ำมันหอม

ระเหยแยกจากกัน ตัวอย่างพืชที่ใช้วิธีนี้ในการแยกน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ สน กระดังงา กุหลาบ เปลือกผลพืชวงศ์ส้ม ดอกส้ม กานพลู ตะไคร้ โป๊ยกั๊ก เสม็ดขาว และ Ambrette seed เป็นต้น

- การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) นิยมใช้กับพืชที่เมื่อถูกความร้อนโดยตรง องค์ประกอบทางเคมีจะสลายตัว โดยนำพืชที่ต้องการกลั่นมาวางบนตะแกรงที่อยู่เหนือหม้อต้มน้ำให้ความร้อนจนน้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำ จากนั้นไอน้ำจะเป็นตัวพาน้ำมันหอมระเหยออกมาจากพืชเข้าสู่เครื่องควบแน่นกลายเป็นไอน้ำ และน้ำมันหอมระเหยแยกออกจากกัน ส่วนของพืชที่ใช้มักจะเป็นทั้งต้นหรือใบ ขณะกลั่นพืชจะไม่ถูกความร้อนโดยตรง ตัวอย่างพืชที่ใช้วิธีนี้ในการแยกน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ กานพลู ลาเวนเดอร์ ไธม์ โรสแมรี ยูคาลิปตัส และฮิสสอพ เป็นต้น

- การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) หรือเรียกว่า dry steam ทำได้โดยนำพืชที่ต้องการกลั่นมาวางบนตะแกรงที่อยู่เหนือหม้อกลั่น ในขณะที่หม้อกลั่นอีกใบจะบรรจุน้ำและต้มจนเดือด ไอน้ำจะถูกส่งผ่านมาทางท่อที่ต่อกับด้านล่างของหม้อที่บรรจุพืช ไอน้ำจะเป็นตัวพาน้ำมันหอมระเหยจากพืชเข้าสู่เครื่องควบแน่นกลายเป็นน้ำและน้ำมันหอมระเหยแยกออกจากกัน สิ่งที่ควรคำนึงวิธีนี้คือ ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความดันไอให้เหมาะสม ส่วนของพืชที่ใช้มักจะเป็นเมล็ด ราก หรือเนื้อไม้ ตัวอย่างพืชที่แยกน้ำมันหอมระเหยวิธีนี้ ได้แก่ ตะไคร้หอม อบเชย ขิง พริกไทยดำ โหระพา จันทน์เทศ แฝกหอม ใบส้ม ไม้จันทน์ พิมเสน geranium cedarwood rosewool spearmint pepper mint และsassafras เป็นต้น

3.4.4.2 การบีบหรือบีบเย็น (expression/cold expression) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับน้ำมันหอมระเหยที่สลายตัวง่ายเมื่อถูกความร้อน ส่วนใหญ่ใช้กับน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ส้ม เช่น มะนาว ส้มโอ ส้ม มะกรูด เกรฟฟรุต การบีบจะทำให้เซลล์น้ำมันของพืชแตกออกและปลดปล่อยน้ำมันออกมา

3.4.4.3 การสกัด (extraction) สารสกัดที่ได้จากการสกัดในแต่ละขั้นตอนจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันทำให้มีการเรียกชื่อสารสกัดแตกต่างกันไปด้วย ได้แก่

- Pomades เป็นส่วนที่ได้มาจากการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยใช้ไขมันดูดซับหรือที่เรียกว่า enfleurage ประกอบด้วยไขมันที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่

- Concretes เป็นส่วนที่ได้มาจากการสกัดพืชด้วยตัวทำละลายขั้วต่ำ เช่น ปิโตรเลียม โทลูอีน หรือเฮกเซน concretes ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย สารที่ไม่ระเหย (non volatile substance) และสารประกอบพวกไข concretes เป็นส่วนของ intermediate products ที่เตรียมได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชซึ่งส่วนใหญ่เป็นส่วนของดอกไม้ เช่น กุหลาบ มะลิ กระดังงา ซ่อนกลิ่น เป็นต้น

- Absolutes เป็นส่วนที่ได้มาจากการนำ concretes มาสกัดด้วยแอลกอฮอล์ นำไประเหยแอลกอฮอล์ให้ออกไปจะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ปราศจากสารประกอบพวกไข สามารถนำ absolutes นี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอมได้

- Resinoids เป็นส่วนที่ได้มาจากการสกัดส่วนของพืชที่ให้กัม เรซิน ยางใสหอม (balsams) ด้วยตัวทำละลาย เช่น เมทานอล เอทานอล หรือโทลูอีน เป็นสารที่ความหนืดสูง ประกอบด้วยสารที่ไม่ระเหย ส่วนใหญ่ปริมาณของ resinoids ที่ได้ประมาณ 50 – 95% นิยมใช้เป็นสารตรึงกลิ่น

- Tinctures เป็นส่วนที่ได้มาจากการสกัดส่วนของพืชด้วยแอลกอฮอล์โดยตรง

วิธีการสกัดเพื่อแยกน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งชนิดของสารที่ใช้ในการสกัดได้ดังนี้

3.4.4.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) การแยกน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้ตัวทำละลายจะได้น้ำมันหอมระเหยที่ยังคงมีกลิ่นคงเดิม เพราะกลิ่นไม่สลายตัว เนื่องจากไม่ใช้ความร้อน ข้อเสียคือต้นทุนในการสกัดสูง การเลือกตัวทำละลายเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย ส่วนใหญ่ตัวทำละลายที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ละลายน้ำมันหอมระเหยจากพืชหอมได้สมบูรณ์และรวดเร็ว แต่ละลายสารปนเปื้อนหรือสารเจือปนได้น้อยที่สุด

- จุดเดือดต่ำเพื่อให้กลั่นแยกตัวทำละลายออกไปได้ง่ายไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูง แต่จุดเดือดไม่ควรต่ำเกินไป เพราะจะทำให้สูญเสียตัวทำละลายมากในขณะที่สกัด

- ตัวทำละลายไม่ควรทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

- ตัวทำละลายที่เลือกใช้ได้แก่ เบนซิน ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือเฮกเซน วิธีการสกัดทำได้โดย นำส่วนของพืชที่ต้องการแยกน้ำมันหอมระเหยมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในหม้อสกัด แล้วค่อยๆเติมตัวทำละลายลงไปละลายน้ำมันหอมระเหยออกมา อาจมีไขและสารอื่นเจือปนออกมาด้วย หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำภายใต้ความดัน ส่วนที่เหลืออยู่เรียกว่า concrete นำไปแยกส่วนของไขและสารเจือปนอื่น ๆ โดยการล้างด้วยแอลกอฮอล์ซ้ำหลายครั้ง ส่วนที่ได้นี้ เรียกว่า absolute ทำการสกัดเช่นนี้เรื่อยไปจนได้น้ำมันหอมระเหยออกมาจนหมด

3.4.4.5 การสกัดโดยใช้ไขมันดูดซับหรือเรียกว่า วิธี Enfleurage เป็นวิธีที่ใช้แยกน้ำมันหอมระเหยจากส่วนของพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยน้อย และไม่สามารถใช้วิธีการบีบในการแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ เช่น ส่วนของกลีบดอกไม้ที่บอบบาง ข้อดีของวิธีนี้คือ น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีกลิ่นเฉพาะตัวเหมือนเดิมมากที่สุด และได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่สูงกว่าการกลั่นหรือการสกัด ตัวอย่างแยกน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีนี้ ได้แก่ น้ำมันมะลิ น้ำมันดอกส้ม

3.4.4.6 การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide extraction) เป็นวิธีการสกัดใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวและแก๊ส หรือเรียกว่า supercritical state สกัดภายใต้ความดันสูงประมาณ 200 atm ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสกัดมีข้อดีกว่าการใช้ตัวทำละลาย เช่น เป็นสารที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ มีความหนืดต่ำ ข้อเสียคือต้องใช้เครื่องมือราคาแพงซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูง

3.4.4.7 การสกัดโดยใช้ non-CFCs (non - chlorofluorocarbon) หรือเรียกว่าวิธี Phytonic โดยเลือกใช้อุณหภูมิและความดันในการสกัดต่ำกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้สารสกัดที่เรียกว่า non-chlorofluorocarbon เช่น tetrafluoroethane (Florasol) เป็นสารที่ไม่ติดไฟ และไม่มีพิษ น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เรียกว่า phytols ข้อดีของวิธีนี้คือน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีคุณภาพดี ปริมาณสูง และต้นทุนในการผลิตต่ำ

3.5 การเลือกวิธีการสกัด

การสกัดสารสำคัญในพืชที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

3.5.1 ลักษณะของพืช เลือกโดยพิจารณา

- ลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อพืชที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เช่น ดอก ใบ จะสกัดด้วยวิธีการแช่ยุ่ย (macerate) ถ้าพืชที่เหนียว และมีเนื้อเยื่อแข็งแรง ตัวอย่างเช่น ราก เปลือก และเนื้อไม้ จะมีการใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง หรือเพอร์โคเลชัน

- สามารถละลายสารสำคัญในน้ำยาสกัดโดยปกติ ถ้าละลายได้ง่าย จะนิยมใช้วิธีการแช่ยุ่ย แต่ถ้าละลายได้น้อยจะใช้วิธีเพอร์โคเลชัน หรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

- การทนความร้อน ถ้าเป็นสารที่ไม่สามารถทนความร้อนจะต้องใช้วิธีการแช่ยุ่ย หรือเพอร์โคเลชัน

3.5.2 การนำสารสกัดไปใช้ประโยชน์ และค่าใช้จ่าย ถ้าต้องการสารสกัดโดยไม่ต้องใช้สารสำคัญและมีคุณสมบัติในการรักษาน้อย เช่น นำสารไปใช้แต่งสี แต่งกลิ่น และรส ของยา สามารถใช้วิธีสะดวก ง่าย ๆ และไม่ยุ่งยาก และควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบราคาของสารสกัดว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่

3.5.3 ความต้องการที่จะให้ได้การสกัดที่สมบูรณ์ (exhausted extraction) หรือถ้าต้องการสารสกัดเจือจาง ควรใช้วิธีการแช่ยุ่ย แต่ถ้าต้องการให้สารสกัดเข้มข้นควรเลือกใช้วิธีเพอร์เลชัน หรือการสกัดแบบต่อเนื่องจะดีกว่า

3.6 การทำสารสกัดให้เข้มข้น

เมื่อสกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้ว นำสารสกัดไปแยกส่วนถ้าสารสกัดเจือจาง หรือมีปริมาณมากจะนำไปแยกส่วนยาก และไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นต้องนำมาทำให้สารสกัดนั้นมีความเข้มข้นก่อน ดังนี้ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2550)

3.6.1 การระเหย (free evaporation) คือ การทำให้แห้ง โดยใช้ความร้อนจากหม้ออังไอน้ำ (Water bath) หรือเครื่องให้ความร้อน (hot plate) หรือทำให้อากาศร้อนสามารถลงไปในสารสกัดเพื่อให้ระเหยง่ายและแห้งเร็ว

3.6.2 การกลั่นในภาวะสุญญากาศ (distillation in vacuo) เป็นการระเหยแห้งโดยกลั่นตัวทำละลายออกมาในอุณหภูมิต่ำ และลดความดันลงให้เป็นสุญญากาศ จะใช้ปั๊มสุญญากาศ (vaccum pump) ชื่อว่า Rotary evaporator ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนควบแน่นไอของสารละลาย หรือคอนเดนเซอร์ (con-denser) ภาชนะที่บรรจุสารสกัดหยาบที่ต้องการกลั่น (distillation flask) และภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น (Receiving flask) ซึ่งภาชนะบรรจุสารสกัดหยาบที่กลั่นจะหมุนตลอดเวลาในขณะทำงาน และแช่อยู่ในหม้ออังไอน้ำเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึงและสม่ำเสมอ

3.6.3 การแช่แข็ง (freezing) ถ้าสกัดสารด้วยน้ำ ใช้การแช่แข็งโดยใช้ความเย็น (lyophilizer หรือ freeze dryer) ตัวที่แข็งจะเป็นตัวทำละลาย จะแยกจาก concentrated extract โดยการเหวี่ยง วิธีนี้มีข้อดีเหมาะสมกับสารที่ใช้ความสลายตัวง่ายโดยใช้ความร้อน

4. การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีเบื้องต้น (phytochemical screening)

เป็นวิธีการตรวจสอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสำคัญในพืช เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นว่ามีสารเคมีกลุ่มใดเป็นองค์ประกอบบ้าง การตรวจสอบทางเคมีเบื้องต้น ได้แก่

4.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier transform Infrared spectrometer) หรือ FT-IR

เครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์(Fourier transform Infrared spectrometer) ใช้หลักการกระจายแสงของสเปกตรัมการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรด แล้ววัดค่าความเข้มแสงเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นหรือเลขคลื่น (frequency - domain spectrum) จะได้ออกมาเป็นสเปกตรัม แต่ FT-IR จะใช้การวัดความเข้มเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบกับเวลา จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสเปกตรัมของความเข้มของแสงต่อความยาวคลื่น หรือเลขคลื่น โดยการแปลงการแปลงฟูเรียร (fourier transform) ด้วยคอมพิวเตอร์ จะได้เป็น fourier transform spectrum วิธีการนี้ช่วยให้การวิเคราะห์มีความรวดเร็วเพิ่มขึ้น จึงได้ IR สเปกตรัมที่ชัดเจนและใช้สารตัวอย่างเพียงเล็กน้อย (ประมาณ1 มิลลิกรัมหรือน้อยกว่า) และจะได้สเปกตรัมที่มีคุณภาพดี เหมือนกับใช้สารตัวอย่างขนาด 10 มิลลิกรัม

4.2 แก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมตรี (gas chromatography/mass spectrometry หรือ GC - MS เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณสารและชนิดของสาร เทคนิคนี้มีข้อดี 2 ประการ คือ

1. สามารถแยกสารผสมที่กลายเป็นไอ ให้ออกเป็นองค์ประกอบเดี่ยว ด้วยวิธีการแก๊สโครมาโทกราฟีซึ่งมีความสามารถในการแยกสารผสมได้ดี

2. องค์ประกอบของสารแต่ละชนิดที่แยกแล้วจะถูกตรวจวัดด้วยวิธีแมสสเปกโทรเมตรีที่มีความจำเพาะ (specificity) ต่อการวัด มีความว่องไว (sensitivity) ในการตรวจวัดสูง และให้ข้อมูลแมสสเปกตรัม (mass spectrum) ของสารที่สามารถใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์สารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ (Free radical and antioxidant)

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นกลุ่มของอะตอมที่มีหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ (unpaired electron) ไม่เสถียร (unstable) มีความว่องไว (reactive) ในสัตว์อนุมูลอิสระมีความสามารถในการทำลายเซลล์ให้เกิดโรค ตัวอย่างเช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง และโรคที่เกี่ยวข้องกับภาวะเสื่อมหรือชราภาพ ตัวอย่างอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และสามารถทำลายเซลล์ได้ เช่น สารประกอบออกซิเจน ไนโตรเจน หรือคลอรีน อนุมูลอิสระมีทั้งโทษและประโยชน์ ส่วนใหญ่อนุมูลอิสระ หมายถึงสารประกอบออกซิเจน ได้แก่ อนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์และไฮดรอกซิล อนุมูลลิปิดเปอร์ออกซิล ซิงเกลทออกซิเจน ไฮโดรเจนปอร์ออกไซด์ กรดไฮโปคลอรัสและไนตริกออกไซด์ ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้มีอิเล็กตรอนในออร์บิทัลนอกสุด เป็นต้น (วรพล เองวานิช, 2555)

5.1 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หมายถึง สารที่สามารถป้องกันกระบวนการเกิดออกซิเดชัน กระบวนการนี้เป็นการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่ง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมี ที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ และอนุมูลอิสระยังสามารถทำลายเซลล์ของร่างกาย ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้จะเข้าไปยับยั้งปฏิกิริยานี้ โดยการจับกับอนุมูลอิสระ และยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ สำหรับในร่างกายมนุษย์มีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เซลล์ในร่างกายเสียหาย จากอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันในร่างกาย ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ และความแก่ชรา (ศิริธร ศิริอมรพรรณ, 2557)

สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง ได้แก่ เอนไซม์ นอกจากนี้ยังสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น กรดแอลฟาไลโปอิค (alpha lipoic acid) กลูต้าไธโอน (glutathione), แอล-อาร์จินิน (L-ariginine), โคเอนไซม์คิวเทน (coenzyme Q10) เมลาโทนิน (melatonin), กรดยูริก (uric acid) และบิลิรูบิน (bilirubin) เป็นต้น (Yehye et al., 2015)

ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระ คือ วิตามิน ซี (vitamin C, ascorbic acid) ซึ่งวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายน้ำได้ดี ส่วนมากพบในผลไม้ ตัวอย่างเช่น ฝรั่ง และในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ตัวอย่างเช่น ส้ม มะขามป้อม สตอเบอร์รี่ เป็นต้น วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติที่มีกลไกการต่อต้านอนุมูลอิสระ โดยให้อิเล็กตรอนบนโครงสร้างไปยังโมเลกุลของอนุมูลอิสระเพื่อทำลาย และลดความเป็นพิษของอนุมูลอิสระที่จะไปทำลายองค์ประกอบของเซลล์

ดังนั้นวิตามินซีจึงเป็นสารที่นิยมใช้ในการเป็นสารมาตรฐานเพื่อวัดสารต้านอนุมูลอิสระ (กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และ รัตนศิลป์กัลชาญ, 2560)

5.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant assay) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธี DPPH scavenging assay ซึ่งโดย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร และยังสามารถรับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นได้ ทำให้สารละลาย DPPH จะมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 – 517 นาโนเมตร แล้วเมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) จะทำให้สารละลายสีม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์, 2549)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสารสกัดจากผักแขยง

เกตุการ ดาจันทา และคนอื่น ๆ (2562) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในผักพื้นบ้านจังหวัดพิษณุโลกโดยผักพื้นบ้าน โดยนำพื้นบ้าน 47 ชนิด ใน 9 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลกมาศึกษา โดยเอาส่วนกินได้ของผักมา ทำให้พืชแห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียด แล้วไปสกัดด้วยสารละลายเมทานอลเข้มข้น 80% ด้วยวิธีแช่หมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ ผักพื้นบ้านที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง 5 อันดับแรก มีดังนี้ ผักปู่ผักย่า ดอกสะเดา ผักแพว ส้มกบ และผลมะกอก และมีการตรวจสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบผักพื้นบ้าน ทั้ง 47 ชนิด ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลอยู่ในระหว่าง 16.02 – 1,041.33 mg GAE/g dw โดยผักพื้นบ้านที่มีสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด 5 อันดับได้แก่ ผักปู่ผักย่า ดอกสะเดา ผลมะกอก ผักแขยง และยอดมะกอก ส่วนการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าสารสกัดหยาบผักปู่ผักย่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต่อต้านเชื้อ *S. aureus* TISTR2329,M. luteus TISTR 2374 และ P. aeruginosa TISTR 2370 สูงตามลำดับ

เบญจมาศ หนูแป้น และ คนอื่น ๆ (2559) ได้ศึกษาสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบราน้ำ (*Limnophila rugosa*) พบว่าสารสกัดจากใบราน้ำ ทำการสกัดด้วยด้วย methanol ethanol และน้ำ พบปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีนที่สกัดด้วยเมทานอลและเอทานอลมีค่าสูงกว่าที่สกัดด้วยน้ำอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นศึกษาสมบัติของสารสกัดจากใบราน้ำต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในมนุษย์ 4 ชนิด คือ *S. aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* และ *Vibrio cholerae* ด้วยวิธี agar well diffusion ผลการทดลองพบว่า สารสกัดมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดได้ โดยมีค่าบริเวณวงใสอยู่ในช่วง 0.7 ±0.00 – 1.4±0.71 เซนติเมตร ทั้งนี้สารสกัดจากใบราน้ำสามารถยับยั้งเชื้อ *S.*

aureus ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 12.5 และ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยสารสกัดมีฤทธิ์ในการยับยั้งทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาโรคและเป็นการส่งเสริมให้มีการนำพืชท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

ปาจารีย์ ทองงอก และ กรชนก แก่นคำ (2557) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของผักพื้นบ้านอีสานไทยจากการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของส่วนสกัด เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ของผักพื้นบ้านอีสานไทย 5 ชนิด คือ กระโดน (*Barringtonia acutangula*) ผักเสี้ยน (*Cleome gynandra*) บวบเหลี่ยม (*Luffa acutangula*) ผักหวานบ้าน (*Sauropus androgynous*) ผักแขยง (*Limnophila geoffrayi*) โดยใช้วิธี disc-diffusion assay และ broth dilution พบว่าส่วนสกัดหยาบที่ได้ทั้งหมดไม่สามารถต้านเชื้อยีสต์ (*Candida albican*) และรา (*Aspergillus niger*) แต่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียบางชนิด โดยส่วนสกัดหยาบเมทานอล ของกระโดนสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด คือยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coil*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcs aureus*, *Bacillus cereus* และ *Pseudomonas aeruginosa* ในส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตท ของผักหวานบ้านไม่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว แต่ส่วนสกัดหยาบของเอทิลอะซิเตท ของผักพื้นบ้าน 3 ชนิด คือผักเสี้ยนทั้งต้น ยอดบวบเหลี่ยม และผักแขยงทั้งต้นมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coil*, *Bacillus cereus*, *S. aureus* และ*Salmonella typhimurium*

ภาวนา พนมเขต และคนอื่น ๆ (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของส่วนสกัดของพืชไทยต่อเชื้อ *Burkholderia pseudomallei* ผักพื้นบ้านและสมุนไพรที่นำมาทดสอบแบคทีเรีย *B. pseudomallei* นี้คือ กระโดน (*Barringtonia acutangula* (L.) Gaertn) ผักเสี้ยน *Cleome gynandra* L.) บวบเหลี่ยม (*Luffa acutangula* (L.) Roxb.) ผักแขยง (*Limnophila geoffrayi* Bonati) บัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urban) และชะพลู (*Piper sarmentosum* Roxb.) ซึ่งมีการนำไปสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทิลอะซิเตท เมทานอล จากนั้นนำสารสกัดหยาบไปทดสอบนำด้วยวิธี standard disc diffusion assay และ broth dilution method ซึ่งผลจากการนำสารสกัดสมุนไพรไปทดสอบด้วยวิธี Disc diffusion assay นั้น ผลการทดสอบพบว่า ใบกระโดน และยอดบวบ ที่สกัดด้วยเมทานอล พบสามารถต้านเชื้อ *B. pseudomallei* ทุกสายพันธุ์เท่านั้น ส่วนสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำ และเอทิลอะซิเตท เป็นตัวทำละลาย จะไม่สามารถต้านเชื้อ *B. pseudomallei* ส่วนผักแขยง ผักเสี้ยน บัวบก และชะพลู ที่สกัดด้วยเมทานอล เอทิลอะซิเตท และน้ำจะไม่สามารถต้านเชื้อ *B. pseudomallei* นอกจากนี้ ตัวทำละลายเมทานอล เอทิลอะซิเตท และ

น้ำ จะไม่มีผลต่อเชื้อแบคทีเรียถ้านำมาทดสอบหาค่า MIC พบว่าเชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์ค่า MIC และ MBC ต่อสารสกัดหยาบจากกระโดนที่สกัดด้วยเมทานอล เท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเชื้อทั้งหมด มีค่า MIC และ MBC ต่อสารสกัดหยาบของยอดบวบด้วยเมทานอล เท่ากับ 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ128 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับ *B. pseudomallei* ทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้ค่า MIC และ MBC ต่อยา ceftazidime เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และหลอดควบคุมผลบวกที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อและเมทานอลพบเชื้อสามารถเจริญได้

อรนุช นาคชาติ และคนอื่น ๆ (2557)ได้ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกและศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงผักแขยง โดยนำผักแขยงสด และผักแขยงแห้งมาสกัดด้วยน้ำร้อน จากนั้นบดให้เป็นผงด้วยเครื่องอบแห้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้นำไปหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และทำการทดสอบความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า ผงผักแขยงสดมีร้อยละการสกัดเท่ากับ 0.63±0.01 และผงผักแขยงแห้งเท่ากับ 0.64 ± 0.02 ส่วนผงผักแขยงสดที่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าผงผักแขยงแห้งโดยมีปริมาณ เท่ากับ 2.62 ± 0.53 และ 1.11 ± 0.32กรัม ตามลำดับ เมื่อทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่า ผงผักแขยงสด ผงผักแขยงแห้ง และสารมาตรฐาน BHA มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.25 ± 0.00, 1.04 ± 0.00 และ 0.02 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าผงผักแขยงสดสามารถต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผงผักแขยงแห้ง เมื่อนำผักแขยงประกอบอาหาร โดยต้มปลาที่ใส่ผักแขยงสดสามารถต้านอนุมูลอิสระดีกว่าต้มปลาที่ใส่ผักแขยงแห้ง แต่ถ้าเพิ่มน้ำหนักผงผักแขยแห้งปริมาณ 10 เท่าลงไปในอาหารจะทำให้อาหารมีสามารถต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับอาหารที่ใส่ผักแขยงสด สรุปได้ว่าสามารถเตรียมผงผักแขยงไว้ใช้ในเวลาขาดแคลน หรือนำไปประกอบอาหารเพื่อให้อาหารมีคุณสมบัติสามารถต้านอนุมูลอิสระได้

Apichart et al. (2003) ได้ศึกษาสารต้านแบคทีเรีย และสารต้านอนุมูลอิสระจาก *L. geoffrayi* พบว่าสารสกัดของ *L. geoffrayi* ที่สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี Bioassay-guided พบ function flavones nevadensin (5,7-dihydroxy-6 ,8 ,4 '-trimethoxyflavone, และ isothymusin (6 ,7 -dimethoxy-5 ,8 ,4 '-trihydroxyflavone, สารประกอบ 2 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* โดยค่า MIC เท่ากับ 200 µg/ml. เฉพาะสารประกอบ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH พบค่า IC_{50} ได้ 7.7 µg/ml การสกัดสารที่สกัดด้วยเฮกเซน คลอโรฟอร์ม และเมทานอลทำให้ได้สารประกอบบริสุทธิ์ทั้ง 2 ชนิด และไม่เกิดการกลายพันธ์ของเชื้อ *Bacillus subtil*

Bui et al. (2004) ศึกษาสารฟลาโวนอยด์ที่มีออกซิเจน 8 อะตอม จาก *L. aromatica* (สกุล Scrophulariaceae) มีการสกัด *L. aromatica* ด้วยเอทานอล 96% และ 60% ที่อุณหภูมิห้องภายใต้ความดัน แล้วสกัดด้วยซอกเลต (Soxhlet) โดยใช้ตัวทำละลายดังต่อไปนี้ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether), เบนซีน, ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane), ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether), เอทธิล อะซีเตท (ethyl acetaten-butanol ส่วนเบนซีน (40 g) จากนั้นมีการทำให้บริสุทธิ์ โดย Vacuum Liquid Chromatography(VLC) และ Column Chromayography (CC) โดยใช้ซิลิกาเจล พบสาร flavones nevadensin (5,7-dihydroxy-6,8,40 -trimethoxyflavone 790 mg) และ gardenin B (5-hydroxy-6,7,8,40-tetramethoxyflavone, 25 mg) ส่วนที่ใช้ตัวทำละลาย dichloromethane ให้สารฟลาโวนไกลโคไซด์ (flavone glycoside), สาร nevadensin 7-O-ß-glucopyranoside (9 mg) การวิเคราะห์โครงสร้างของ flavonoids 3 โครงสร้างโดยใช้การวิเคราะห์ NMR (Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy)

IslamBhuiyan et al. (2010) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของ *A. capitatum* และ *L. aromatica* น้ำมันหอมระเหยจะได้จากกระบวนการกลั่นของ *A. capitatum* และ *L. aromatica* และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีชนิดแก๊ส-สเปกโทรเมตรี (GC-MS) พบว่าองค์ประกอบของ *A. capitatum* และ *L. aromatica* ที่สามารถระบุได้มีทั้งหมด 46 และ 30 ชนิด คิดเป็น 98.8 และ 99.3% ของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยของ *A. capitatum* จะมี limonene มากที่สุด คือ 24.7% มี fenchone 21.6% และ 2-carene 17.6% ในทางกลับกัน *L. aromatica* จะมี Z-ocimene มากที่สุดคือ 39.2% terpinolene 17.2% และ camphor 12.9% ตามลำดับ

Kumar et al. (2019) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ *L. indica* (L.) Druce สกัดด้วยเฮกเซน ซึ่งวิเคราะห์ด้วย GC – MS สารที่พบซึ่งเป็นสารที่มีปริมาณมากที่สุด และเรียงจากปริมาณมากไปปริมาณน้อย ได้แก่ aristolone, 5-hydroxycalamenene, hexadecanoic acid, (Z)-7-hexadecenal neophytadiene cadinene ledol และ cadinol ตามลำดับ และเมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสรด้วยวิธี DPPH พบว่า มีค่า IC_{50} เท่ากับ 58.48 ± 0.45 µg/ml แสดงให้เห็นว่ามี *L. indica* มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Wijaya et al. (2019) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากผักแขยง (*L. aromatica*) โดยวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันพื้นฐานด้วยเทคนิค FT-IR โดยเก็บผักแขยงจากประเทศเวียดนาม จากนั้นนำมาสกัดสารด้วยตัวทำละลาย คือ เอทานอล และเฮกเซน จากนั้นเมื่อสกัดแล้วนำสารสกัดไป

กรองและระเหย เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน ด้วยวิธี FT-IR ซึ่งหมู่ฟังก์ชันที่พบ ได้แก่ แอลกฮอล์ (-OH stretching), แอลเคน (C-H stretching) และกรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) ยี่ห้อ IKA รุ่น RV10
- เครื่องเขย่า (shaking incubator) รุ่น ZWY-103B
- เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ยี่ห้อ Perkin Elmer version 10.6.01.1.18
- เครื่อง Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) ยี่ห้อ Shimadzu version 2.50

1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl ยี่ห้อ Alorich
- Methanol ยี่ห้อ Merck, Germany
- Ethanol ยี่ห้อ Merck, Germany
- Ascorbic acid ยี่ห้อ Kemeus

1.3 พืชที่ใช้ในการวิจัย

พืชสกุลผักแขยง 6 ตัวอย่าง จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *L. micrantha L. geoffrayi*, *L. laotica* 1, *L. laotica* 2, *L.* sp และ*L. balsamea*

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างพืชสกุลผักแขยงโดยในพื้นที่ต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

L. micrantha เก็บบริเวณพื้นที่ทุ่งนาในพื้นที่ ตำบลหนองแสง อำเภอ ปากพลี จังหวัดนครนายก โดยเก็บเอาทุกส่วนของต้น ได้แก่ราก ลำต้น ใบ และดอก

L. geoffrayi เก็บบริเวณพื้นที่ตามคันนาโดยเก็บเอาทุกส่วนของต้น ได้แก่ราก ลำต้น ใบ และดอก

L. sp. เก็บบริเวณพื้นที่ตามทุ่งนา ในอำเภอวัฒนานคร จังหวัด สระแก้ว โดยเก็บเอาทุกส่วนของต้น ได้แก่ราก ลำต้น ใบ และดอก

L. laotica 1 เก็บบริเวณพื้นที่ตามทุ่งนา ในนาข้าว อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร เก็บเอาทุกส่วนของต้น ได้แก่ราก ลำต้น ใบ และดอก

L. laotica 2 เก็บบริเวณพื้นที่ตามทุ่งนา ในนาข้าวที่มีน้ำขัง อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร

L. balsamea เก็บบริเวณพื้นที่ตามทุ่งนา ในตำบลนนทรี อำเภอบ่อไร่ จังหวัด ตราด

2.2 การเตรียมสารสกัดหยาบ

1. นำตัวอย่างพืชที่แห้งแล้ว จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น

2. นำส่วนที่บดละเอียดมาชั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จำนวน 25 กรัม

3. นำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดแล้วมาสกัดด้วยตัวทำละลายคือ เอทานอล โดยใช้อัตราส่วน 1: 5 แช่ตัวอย่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมงบนเครื่องเขย่า (shaking incubator) รุ่น ZWY-103B ความเร็วในการเขย่า 30 - 400 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง

4. จากนั้นทำการกรองตัวทำละลายที่ประกอบด้วยพืชตัวอย่าง ด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 1

5. นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยตัวทำละลายตัวด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) ยี่ห้อ IKA รุ่น RV10 ในอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเหลือเพียงสารสกัดหยาบ (crude extract) นำสารสกัดหยาบเก็บไว้ในหลอดทดลองขนาดเล็กปิดฝาให้สนิท

6. นำสารสกัดหยาบมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของสารสกัดจากสูตรคำนวณ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของสารสกัด (%) = [น้ำหนักสารสกัดที่ได้ / น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น] x 100 (เบญจมาศ หนูแป้น และคนอื่น ๆ, 2559)

2.3 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมี ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ยี่ห้อ Perkin Elmer version 10.6.0 (Perkin Elmer Instrument, United

Kingdom) โดยนำสารสกัดหยาบมาสแกนที่ช่วงคลื่น 4000 - 400cm^{-1} จำนวน 30 รอบต่อครั้ง ทำการการทองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลองว่าถูกต้องหรือไม่ จากนั้นบันผลความยาวคลื่น (cm^{-1}) ที่มีความสัมพันธ์กับร้อยละความส่งผ่าน (%T)

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

1) การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography - mass spectrometry โดยแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพาและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สซีโร่ คอลัมน์ DB-5 ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ชั้นเคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร

2) ทำการเปิดเครื่อง GC – MS จากนั้นตั้งค่าระบบโดยกำหนดค่า Molecular weight scan range ที่ 35-550 m/z, Injection temperature ที่ 200 องศาเซลเซียส, Ion source temperature ที่ 200 องศาเซลเซียส, Interface temperature ที่ 250 องศาเซลเซียส, Solvent cut time ที่ 2 นาที, Temperature program rate เริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส ค้างไว้เป็นระยะเวลา 3 นาทีจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ค้างไว้เป็นระยะเวลา 3 นาที (ตาราง 1 และ 2)

ตาราง 1 ภาวะที่ใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบด้วยเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

Condition	Valve
Molecular weight scan range	35-550 m/z
Injection temperature	200 °C
Ion source temperature	200 °C
Interface temperature	250 °C
Solvent cut time	2 min
Temperature program rate	50°C for 3 min increased to 220 °C at 5 c/min 220 °C for 3 min

ตาราง 2 อัตราการไหลของแก๊ส

Flow; Helium carrier gas	
Inlet press (kPa)	79.5
Column flow (ml/min)	1.18
Linear velocity (cm/s)	40.0
Spit ratio	5.0
Total flow (ml/min)	10.1
Spit mode	SOLIT
Purge flow (ml/min)	3.0

3. ฉีดสารสกัดหยาบปริมาตร 10 ไมโครลิตร แล้วทำการวิเคราะห์สารสกัด และตรวจสอบผลที่ได้ในเชิงคุณภาพ เพื่อหาสารประกอบอินทรีย์ในสารสกัดแต่ละ peak area โดยทำการเปรียบเทียบกับ GC-MS Library NIST14.lib, Shimadzu Instruments, Kyoto, Japan และเลือกสารที่มีร้อยละความใกล้เคียง ไม่น้อยกว่า 80

2.4 การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)

ทำการชั่ง 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl จำนวน 1.5 กรัม จากนั้นใส่ลงไปในเมทานอลปริมาตร 120 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน (Francesco et al, 2000) เตรียมสารละลายมาตรฐาน L-ascorbic acid นำ L-ascorbic acid มาชั่ง 0.05 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิตร จากนั้นทำการเจือจางสาระลายด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้น 0.0005, 0.001, 0.002 กรัมต่อมิลลิตร แล้วนำสารละลายแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงไปสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารสกัดหยาบเพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยงทั้ง 5 ชนิด ปรับความเข้มข้นของสารสกัด 0.0005, 0.001, 0.0002 กรัมต่อมิลลิตร จากนั้นนำสารสกัดไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยนำเอาสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้นดังกล่าว ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรมาด้วยเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ

อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer รุ่น T60 ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) จากสมการ (เกตุการ ดาจันทา และคนอื่น ๆ, 2562)

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A_c - A_s) \times 100}{Ac}$$

เมื่อ A_c เป็นค่าดูดกลืนแสงของกลุ่มควบคุม

A_s ค่าการดูดกลืนแสงในกลุ่มทดลอง

แล้วนำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ เพื่อจะนำไปคำนวณหาค่า Inhibitory concentration 50%; IC_{50})

โดยหาได้จากนำความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมาสร้างกราฟเทียบกับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ y = 50 % inhibition จะได้เป็นค่า IC_{50} (สมหมาย ปะติตังโข, 2553)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาตามกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ได้ดังนี้

1. ผลการเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง
2. ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบของพืชสกุลผักแขยงด้วยเทคนิค FT-IR และ GC-MS
3. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

1. ผลการเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง

การสกัดสารพฤกษเคมีจากส่วนเหนือดินของพืชสกุลผักแขยงแช่หมักด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95เปอร์เซ็นต์ ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในเลือกใช้เอทานอลเป็นสารสกัด เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว จะสามารถสกัดสารที่มีขั้ว และมีสารที่มีฤทธิ์สำคัญออกมาได้ออกมาได้ ตัวอย่างเช่นสารในกลุ่ม terpenes (ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน, 2562) และในการเลือกใช้เวลาในการสกัดพืชสกุลผักแขยง 1 ชั่วโมง เนื่องจาก มีการทดลองเพื่อเลือกใช้เวลาที่เหมาะสมในการสกัด โดยใช้ เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า เวลาที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสมคือ 1 ชั่วโมงจะได้สารที่มีปริมาณมาก แต่ถ้าใช้เวลา 7 วันปริมาณสารที่ได้ออกมาไม่มีความแตกต่างกัน และใช้เวลา 30 นาที จะได้ปริมาณสารที่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงและ 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สุรศักดิ์ ใจเขียนดี และ นิศรา บุญเกิด (2555) ที่กล่าวเวลาไม่มีต่อการสกัดสาร และสอดคล้องกับรายงานของสมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม (2549) เช่นกันที่กล่าวว่าในการสกัดสาร เวลาที่ใช้เหมาะสมคือเวลาในช่วง 2 ชั่วโมงแรก แต่ถ้าใช้เวลาสกัดนานกว่า 2 ชั่วโมง ปริมาณสารสกัดที่ได้จะไม่แตกต่างกัน และในการสกัดจะใช้เวลานานกว่าซึ่งปริมาณที่ได้ก็ไม่ได้แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวทำละลายคือ เอทานอล และใช้เวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อสกัดสารด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักสารสกัดหยาบของ *L. micrantha*, *L. geoffrayi*, *L. sp.* , *L. laotica* 1, *L. laotica* 2 และ *L. balsamea* เท่ากับ 1.04, 0.58, 1.06, 1.86, 1.14 และ 1.0 กรัม ตามลำดับ และเมื่อคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%Yield) ที่ได้ พบว่า *L. laotica* 1 มี % yield มากที่สุดเท่ากับ 7.44 รองลงมา ได้แก่ *L. laotica* 2 ,*L.* sp. ,

L. micrantha, *L. balsama*, *L. geoffrayi* เท่ากับ 4.29, 4.16, 4, 3.8 และ 2.32 ตามลำดับ (ตาราง 3) เตรียมส่วนสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยงโดยใช้วิธีการสกัดแบบแช่หมักด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการสกัดสารพฤกษเคมีจากส่วนเหนือดินของพืชสกุลผักแขยง ที่แช่หมักด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง น้ำหนักสารสกัดหยาบของผักแขยงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *L. micrantha*, *L. geoffrayi*, *L. sp.* , *L. laotica* 1, *L. laotica* 2 และ *L. balsamea* เท่ากับ 1.04, 0.58, 1.03, 1.98 และ1.14 กรัม ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%Yield) ของ *L. micrantha*, *L. geoffrayi*, *L. sp.1*, *L. laotica 1*, *L. laotica 2* และ*L. balsamea* เท่ากับ 4.56, 4.24, 4.29, 4.16, 4.00 และ 2.32 ตามลำดับใน (ตาราง 3)

ตาราง 3 ผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%Yield) ของพืชสกุลผักแขยง

ลำดับที่	พืชตัวอย่าง	สถานที่เก็บ	น้ำหนักก่อนสกัด (กรัม)	น้ำหนักหลังสกัด (กรัม)	%Yield
1	*L. micrantha*	ต.หนองแสง อ.ปากพลี จ.นครนายก	25	1.04	4.16
2	*L. geoffrayi*	ต.รุง อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ	25	0.58	2.32
3	*L.* sp. 1	อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว	25	1.06	4.24
4	*L. laotica* 1	อ.ดอนตาล จ. มุกดาหาร	25	1.86	7.44
5	*L. laotica* 2	อ.ดอนตาล จ. มุกดาหาร	25	1.14	4.56
6	*L. balsama*	ต.นนทรี อ.บ่อไร่ จ.ตราด	25	1.0	4.00

2. ผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีของพืชสกุลผักแขยงด้วยเทคนิค FT-IR และ GC-MS

ผลการตรวจสอบความถี่ของการสั่นของพันธะในการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าสารสกัดหยาบจากพืชสกุลผักแขยง โดยพบว่าสารสกัดหยาบของ *L. micrantha* มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3362.79 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลกฮอล์ (-OH stretching) 2925.99 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) 1693.74 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิล (C=O stretching) 1648.33 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน (C=C stretching) 1605.55 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน เอมีน (N-H bending) 1454.27 cm^{-1}ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) และ 1253.14 cm^{-1}, 1178.19 cm^{-1} 1032.14 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันกรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตาราง 4) สารสกัดหยาบ *L. geoffrayi* มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3355.68 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลกฮอล์ (-OH stretching) 2926.40cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) 1655.19 cm^{-1} กับ 1592.99 cm^{-1}ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน (C=C stretching) 1356.24 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันสารประกอบไนโทร (N-O symmetric stretching) และ1238.06 cm^{-1}, 1118.09 cm^{-1}1030.25 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตาราง 4) สารสกัดหยาบ *L. laotica* 1 มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3332.20 cm^{-1} ตรงกับ หมู่ฟังก์ชันแอลกฮอล์ (-OH stretching) 2924.88 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) 1683.20 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน คาร์บอนิล (C=O stretching) 1648.33 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน (C=C stretching) 1603.83 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน เอมีน (N-H bending) 1446.61 cm^{-1}ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอโรเมติกไฮโดรคาร์บอน (C-C stretching) และ1274.61cm^{-1}, 1178.04 cm^{-1} 1045.04 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตารางที่ 2) สารสกัดหยาบ *L. laotica* 2 มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3356.93 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลกอฮอล์ (-OH stretching) 2926.05 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) 1686.62 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน คาร์บอนิล (C=O stretching) 1604.18 ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน เอมีน (N-H bending) 1447.55 cm^{-1}ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอโรเมติกไฮโดรคาร์บอน (C-C stretching) 1273.35 cm^{-1},1176.77 และ 1044.75 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตาราง 4) สารสกัดหยาบ *L.* sp. มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3374.55 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลกอฮอล์ (-OH stretching) 2926.43 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) 1691.44 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน คาร์บอนิล (C=O stretching) 1656.44 cm^{-1}ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน (C=C stretching) 1590.60 cm^{-1}ตรงกับหมู่

ฟังก์ชัน แอโรเมติกไฮโดรคาร์บอน (C-C stretching) 1453.21cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลเคน (C-H stretching) 1352.46 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไนโทร (N-O symmetric stretching) และ 1045.68 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตาราง 4) สารสกัดหยาบ *L. balsama* มีค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดเท่ากับ 3381.26 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลกอฮอล์ (-OH stretching) 2924.46 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลเคน (C-H stretching) 1707.36 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน คาร์บอนิล (C=O stretching) 1651.26 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน (C=C stretching) 1607.76 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน เอมีน (N-H bending) 1460.61 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชันแอลเคน (C-H stretching) และ1236.83 cm^{-1}, 1180.83 cm^{-1} 1046.45 cm^{-1} ตรงกับหมู่ฟังก์ชัน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) (ตาราง 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wijaya et al. (2019) ที่การศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากผักแขยง (*L. aromatica*) โดยวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันพื้นฐานด้วยเทคนิค FT-IR พบหมู่ฟังก์ชันได้แก่ แอลกอฮอล์ (-OH stretching), แอลเคน (C-H stretching) และกรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และอีเทอร์ (C-O stretching) โดยปกติแล้วพืชในสกุลผักแขยงส่วนใหญ่ก็มักจะมีกลิ่นและมีต่อมน้ำมันเกือบทุกส่วนของต้น โดยเฉพาะที่ใบ แสดงให้เห็นว่าเป็นพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย (Wanyo et al., 2018; สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554) โดยองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจะประกอบด้วย สารหอมระเหย ต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ กรดชนิดต่าง ๆ และเอสเทอร์ เป็นต้น (พนิดา รัตนปิติกรณ์, 2561)

ตาราง 4 ค่าดูดกลืนแสงและหมู่ฟังก์ชันจากสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยงที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR

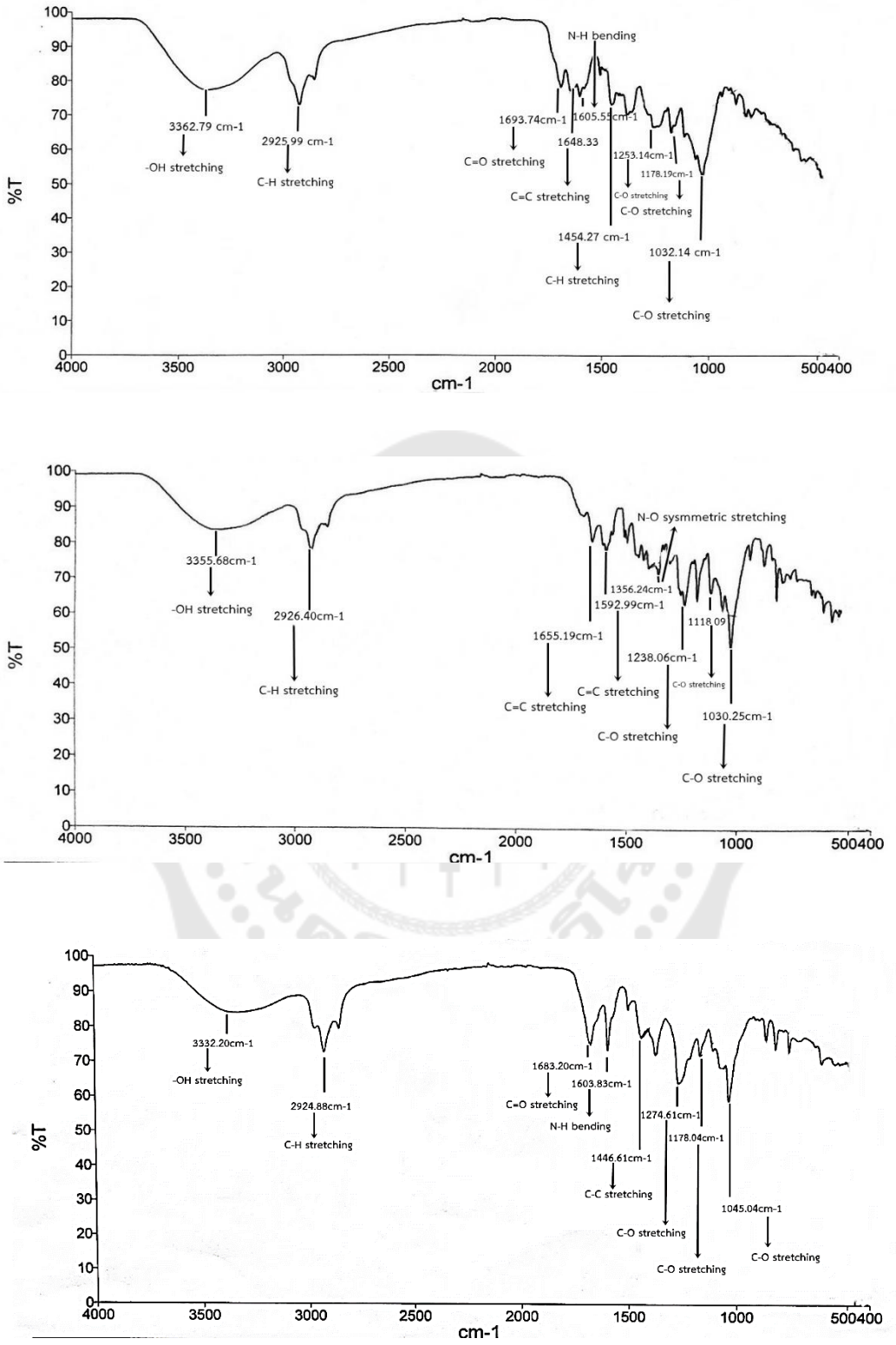
ลำดับ	พืชตัวอย่าง	ค่าดูดกลืนแสง (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
1	*L. micrantha*	3362.79	-OH stretching
		2925.99	C-H stretching
		1693.74	C=O stretching
		1648.33	C=C stretching
		1605.55	N-H bending
		1454.27	C-H stretching
		1253.14	C-O stretching
		1178.19	C-O stretching
		1032.14	C-O stretching
2	*L. geoffrayi*	3355.68	-OH stretching
		2926.40	C-H stretching
		1655.19	C=C stretching
		1592.99	C=C stretching
		1356.24	N-O symmetric stretching
		1238.06	C-O stretching
		1118.09	C-O stretching
		1030.25	C-O stretching

ตาราง 4 (ต่อ)

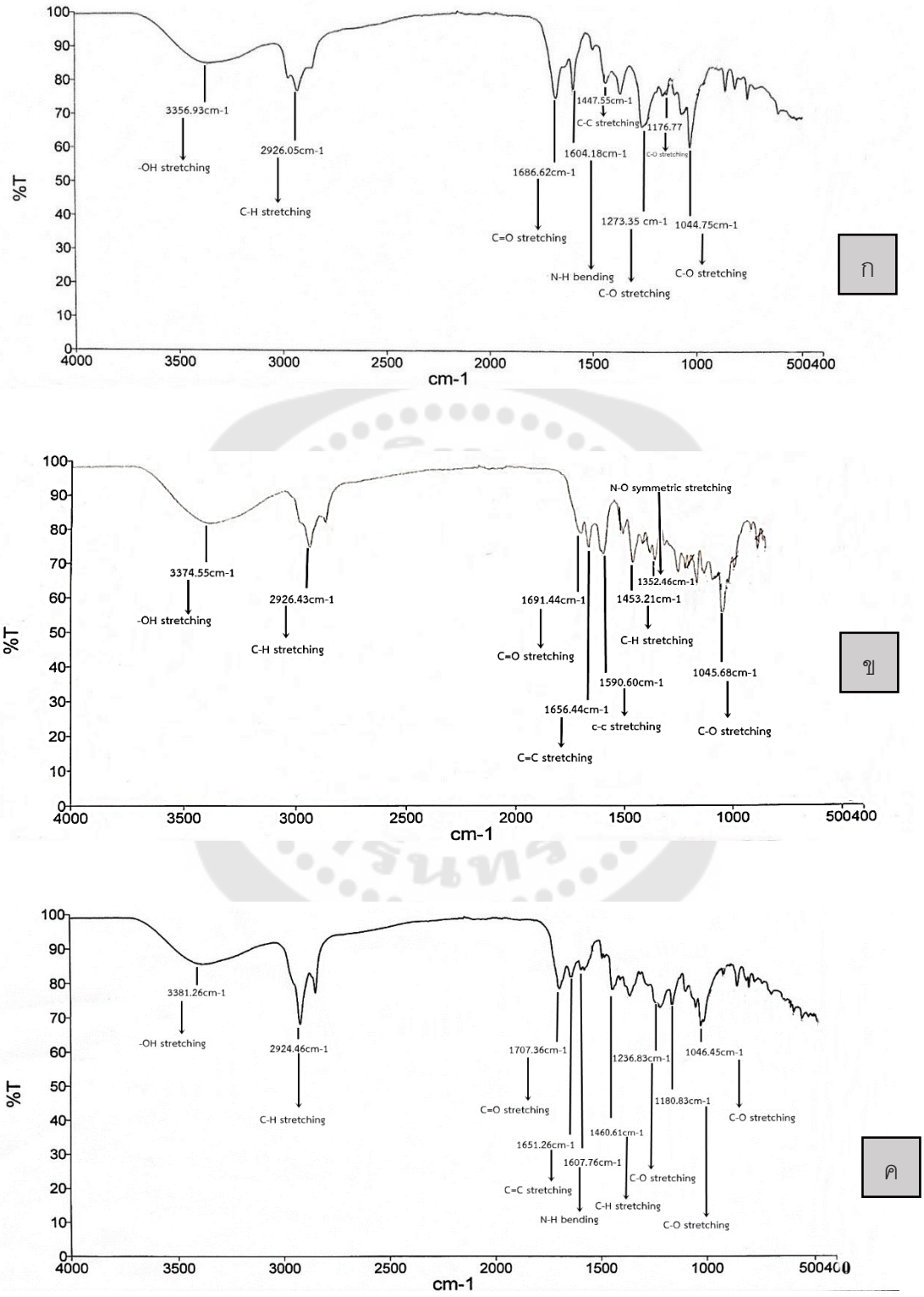
ลำดับ	พืชตัวอย่าง	ค่าดูดกลืนแสง (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3	*L. laotica* 1	3332.20	-OH stretching
		2924.88	C-H stretching
		1683.20	C=O stretching
		1603.83	N-H bending
		1446.61	C-C stretching
		1274.61	C-O stretching
		1178.04	C-O stretching
		1045.04	C-O stretching
4	*L. laotica 2*	3356.93	-OH stretching
		2926.05	C-H stretching
		1686.62	C=O stretching
		1604.18	N-H bending
		1447.55	C-C stretching
		1273.35	C-O stretching
		1176.77	C-O stretching
		1044.75	C-O stretching
5	*L.* sp.	3374.55	-OH stretching
		2926.43	C-H stretching
		1691.44	C=O stretching
		1656.44	C=C stretching
		1590.60	C-C stretching
		1453.21	C-H stretching
		1352.46	N-O symmetric stretching
		1045.68	C-O stretching

ตาราง 4 (ต่อ)

ลำดับ	พืชตัวอย่าง	ค่าดูดกลืนแสง (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
6	*L. balsamea*	3381.26	-OH stretching
		2924.46	C-H stretching
		1707.36	C=O stretching
		1651.26	C=C stretching
		1607.76	N-H bending
		1460.61	C-H stretching
		1236.83	C-O stretching
		1180.83	C-O stretching
		1046.45	C-O stretching



ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดหยาบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR (ก) *L. micrantha* (ข) *L. geoffrayi* และ (ค) *L. laotica* 1



ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดหยาบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR (ก) *L. laotica* 2 (ข) *L.* sp. และ (ค) *L. balsamea*

ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพืชสกุลผักแขยงชนิดต่าง ๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้ (ตาราง 5) มีดังนี้

1. สารสกัดหยาบของ *L. micrantha* พบสารพฤกษเคมีจำนวน 14 สาร ได้แก่ Cyclopentasiloxane, n-Hexadecanoic acid, Benzene, 1,3-bis (1,1-; Dodecane, 4 ,6 -dimethyl, 1,3,8-p-Menthatriene, Eugenol, Caryophyllene, *cis*-.beta.-Farnesene, Diethyl Phthalate, Neophytadiene, m-Camphorene, Cholesta-3,5-diene, (Z)-14-Tricosenyl formate และ Cycloheptadecanol ซึ่งสารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ Neophytadiene ซึ่งมี % Area เท่ากับ 0.62 ซึ่ง Neophytadiene เป็นสารกลุ่ม เทอร์พีน (terpene) มีคุณสมบัติสามารถไล่แมลง

2. สารสกัดหยาบของ *L. geoffrayi* พบ สารพฤกษเคมี จำนวน 19 ชนิด ได้แก่ Camphenol, 6- *cis*-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene, 6,8-Nonadien-2-one Decane, 3,7-dimethyl-trans-Linalool oxide (furanoid), Linalool, Verbenyl ethyl ethe, 1-Butanamine, N-butylidene- และ (-)-*cis*-Myrtanol, p-Mentha-1,8-dien-7-ol, Caryophyllene, Tetradecane, Humulene, Eicosane, Neophytadiene, Octadecanal, Isopropyl palmitate และ 13-Docosenamide สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 13-Docosenamide ซึ่งมี % Area เท่ากับ 0.83

3. สารสกัดหยาบของ *L. laotica* 1พบสารพฤกษเคมี จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ 7-Hexadecenal, (Z)-, cis-1 -Chloro-9 octadecene, 9 -Octadecenamide, Neophytadiene, Phytol, 2 -Methyltetracosane, Oxirane, [(tetradecyloxy)methyl]-, Behenic alcohol, Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)- 17-Pentatriacontene, 2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride, Undec-10-ynoic acid, undec-2-en-1-yl ester, cis-1-Chloro-9-octadecen สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 9-Octadecenamide ซึ่งมี % Area เท่ากับ 4.93

4. สารสกัดหยาบของ*L. laotica* 2 พบสารพฤกษเคมี จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ 7-Hexadecenal, (Z)-,cis-1 -Chloro-9 -octadecene, 9 -Octadecenamide, Neophytadiene, Phytol, 2 -Methyltetracosane, Oxirane, [(tetradecyloxy)methyl]-, Behenic alcohol, Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-, 17-Pentatriacontene, 2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride, Undec-10-ynoic acid, undec-2-en-1-yl ester, cis-1-Chloro-9-octadecene และ 9-Octadecenamid สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 2-Methyltetracosane ซึ่งมี % Area เท่ากับ 0.84

5. สารสกัดหยาบของ *L.* sp. 1 พบสารพฤษเคมี จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Oxalic acid, allyl hexadecyl ester, Phosphonous dibromide, cyclohexyl- และ Neophytadiene สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ Oxalic acid, allyl hexadecyl ester ซึ่งมี % Area เท่ากับ 0.10

6. สารสกัดหยาบของ *L. Balsamea* พบสารพฤกษเคมี จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ 3,3-Diethoxy-1-propyne, (-)-cis-Myrtanol, 2,4-Pentadien-1-ol, 3-pentyl-, (2Z)-, p-Mentha-1,8-dien-7 -ol, n-Hexadecanoic acid, Ethyl 1 4 -methyl-hexadecanoate และ 8-Methyl-6 -nonenamide สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 8-Methyl-6-nonenamide ซึ่งมี % Area เท่ากับ 4.29

ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพืชสกุลผักแขยง

ลำดับที่	ชื่อ	Retention Time (min)	%Area	%Match	สารพฤกษเคมี	สูตรโมเลกุล
1	*L. micrantha*	5.24	0.03	80	Cyclopentasiloxane,	$C_{10}H_{30}O_5Si$
		5.83	0.33	85	n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$
		8.75	0.16	80	Benzene, *bis* (1,1-dimethylethyl)-	$C_{14}H_{22}$
		9.91	0.12	80	Dodecane, 4,6-dimethyl-	$C_{14}H_{30}$
		10.04	0.43	85	1,3,8-p-Menthatriene	$C_{10}H_{14}$
		10.41	0.31	82	Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2$
		12.32	0.42	93	Caryophyllene	$C_{15}H_{24}$
		12.39	0.29	82	*cis*-.beta.-Farnesene	$C_{15}H_{24}$
		14.81	0.27	81	Diethyl Phthalate	$C_{12}H_{14}O_4$
		20.48	0.62	92	Neophytadiene	$C_{20}H_{38}$
		22.75	0.44	90	m-Camphorene	$C_{20}H_{32}$
		30.57	0.12	85	Cholesta-3,5-diene	$C_{27}H_{44}$
		37.08	0.09	84	14-Tricosenyl formate	$C_{24}H_{46}O_2$
		36.78	0.04	84	Cycloheptadecanol	$C_{17}H_{34}O$

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	Retention Time (min)	%Area	%Match	สารพฤกษเคมี	สูตรโมเลกุล
2	*L. geoffrayi*	7.58	0.02	90	Camphenol, 6-	$C_{10}H_{16}O$
		6.28	0.00	81	*cis*-2,6-Dimethyl-2,6 octadiene	$C_{10}H_{18}$
		6.83	0.01	83	6,8-Nonadien-2-one	$C_9H_{14}O$
		6.99	0.00	89	Decane, 3,7-dimethyl-	$C_{12}H_{26}$
		7.03	0.00	83	trans-Linalool oxide(furanoid)	$C_{10}H_{18}O_2$
		7.22	0.01	93	Linalool	$C_{10}H_{18}O$
		8.19	0.01	89	Verbenyl ethyl ethe	$C_{12}H_{20}O$
		8.57	0.01	82	1-Butanamine, N-butylidene-	$C_8H_{17}N$
		9.16	0.02	94	(-)-cis-Myrtanol	$C_{10}H_{18}O$
		9.72	0.01	89	p-Mentha-1,8-dien-7-ol	$C_{10}H_{16}O$
		15.52	0.05	90	Caryophyllene	$C_{15}H_{24}O$
		11.42	0.00	95	Tetradecane	$C_{14}H_{30}$
		13.01	0.00	85	Humulene	$C_{15}H_{24}$
		13.43	0.01	92	Eicosane	$C_{20}H_{42}$
		20.34	0.26	91	Neophytadiene	$C_{20}H_{38}$
		21.68	0.09	87	Octadecanal	$C_{18}H_{36}$
		23.74	0.22	88	Isopropyl palmitate	$C_{19}H_{38}O_2$
		25.57	0.77	84	Phytol	$C_{20}H_{40}O$
		39.53	0.83	80	13-Docosenamide	$C_{22}H_{43}NO$

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	Retention Time (min)	%Area	%Match	สารพฤกษเคมี	สูตรโมเลกุล
3	*L. laotica* 1	28.96	0.16	81	7-Hexadecenal, (Z)-	$C_{16}H_{30}O$
		38.01	0.62	84	cis-1-Chloro-9-octadecene	$C_{16}H_{30}O$
		39.07	4.93	80	9-Octadecenamide	$C_{18}H_{35}NO$
		20.27	0.01	87	Neophytadiene	$C_{20}H_{38}$
		25.47	0.04	90	Phytol	$C_{20}H_{40}O$
		27.88	0.05	81	2-Methyltetracosane	$C_{25}H_{52}$
		25.93	0.01	81	Oxirane, [(tetradecyloxy)methyl]	$C_{17}H_{34}O_2$
		27.06	0.03	86	Behenic alcohol	$C_{22}H_{46}O$
		9.09	0.00	81	Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-	$C_{14}H_{32}$
		28.00	0.04	80	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride	$C_{16}H_{26}O_3$
4	*L. laotica* 2	27.03	0.02	82	Trifluoroacetoxytetradecane	$C_{16}H_{29}F_3O_2$
		25.44	0.01	84	Phytol	$C_{20}H_{40}$
		29.14	0.84	87	2-Methyltetracosane	$C_{25}H_{52}$
		5.85	0.01	92	Phosphonous dibromide, cyclohexyl-	$C_6H_{11}Br_2P$
		28.26	0.23	80	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride	$C_{16}H_{26}O_3$
		22.93	0.08	86	Nonadecatetraene	$C_{19}H_{32}$
		29.31	0.57	82	7-Hexadecenal, (Z)-	$C_{16}H_{30}O$

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	Retention Time (min)	%Area	%Match	สารพฤกษเคมี	สูตรโมเลกุล
5	*L.* sp.	28.83	0.10	85	Oxalic acid, allyl hexadecyl ester	$C_{21}H_{38}O_4$
		5.83	0.03	91	Phosphonous dibromide, cyclohexyl-	$C_6H_{11}Br_2P$
		20.23	0.08	85	Neophytadiene	$C_{20}H_{38}$
6	*L. balsamea*	5.81	0.15	89	3,3-Diethoxy-1-propyne	$C_7H_{12}O_2$
		9.08	0.28	89	(-)-cis-Myrtanol	$C_{10}H_{18}O$
		9.33	1.18	86	2,4-Pentadien-1-ol, 3-pentyl-, (2Z)-	$C_{10}H_{18}O$
		9.62	0.18	85	p-Mentha-1,8-dien-7-ol	$C_{10}H_{16}O$
		22.56	1.63	90	n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$
		26.75	0.70	84	Ethyl 14-methyl-hexadecanoate	$C_{19}H_{38}O_2$
		38.91	4.29	83	8-Methyl-6-nonenamide	$C_{10}H_{19}NO$

3. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH assay

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสกุลผักแขยง และสารสกัดหยาบด้วยวิธี DPPH assay โดยเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid ซึ่งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า *L. geoffrayi* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.37 mg/ml รองลงมาคือ *L. micrantha* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.41 และ *L. balsamea* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.75 mg/ml mg/ml *L. laotica* 1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.95 mg/ml *L. laotica* 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 1.18 mg/ml *L.* sp. มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 1.34 mg/ml ตามลำดับ (ตาราง 6)

ตาราง 6 ค่า IC_{50} ของสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยง

ลำดับที่	**ตัวอย่างพืช**	**IC_{50} (mg/ml)**
1	*L. micrantha*	0.41
2	*L. geoffrayi*	0.37
3	*L. laotica* 1	0.95
4	*L. laotica* 2	1.18
5	*L.* sp.	1.34
6	*L. balsamea*	0.75
7	Ascorbic acid	0.17

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง (*Limnophila* R.Br.) สามารถสรุปผลการดำเนินงาน โดยแบ่งหัวข้อในการสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1 สรุปผลการวิจัย

2.อภิปรายผลการวิจัย

3 ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยงแต่ละชนิดได้น้ำหนักแห้งเท่ากัน เมื่อนำไปสกัดเพื่อให้ได้เป็นสารสกัดหยาบได้น้ำหนักสารสกัดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เปอร์เซนต์น้ำหนักสารสกัดหยาบแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ FTIR หมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน ได้แก่ แอลกฮอล์ (-OH stretching) แอลเคน (C-H stretching) คาร์บอนิล (C=O stretching) (C-O stretching) แอลคีน (C=C stretching) และเมื่อวิเคราะห์สารพฤกษเคมีด้วยวิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่า สารสกัดหยาบมีสารพฤกษเคมี อยู่ในกลุ่ม แอลเคน แอลคีน แอลดีไฮด์ เอไมด์ เอสเทอร์ สเตอรอล และเทอร์พีน และผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่า *L. geoffrayi* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ดังนั้นจากการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีของพืชสกุลผักแขยง แสดงให้เห็นว่า พืชชนิดนี้มีสารพฤกษเคมีที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยได้แก่ Neophytadiene,1 3 -Docosenamide, 9 -Octadecenamide, 2 -Methyltetracosane, Oxalic acid, allyl hexadecyl ester และ8-Methyl-6-nonenamide ซึ่งพบปริมาณมากที่สุดใน *L. micrantha*, *L. geoffrayi*, *L. laotica* 1, *L. laotica* 2, *L.* sp. และ *L. balsamea* ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชแต่ละชนิดตามลำดับดังกล่าวดังนี้ 0.41, 0.37, 0.95, 1.18, 1.34, และ 0.75

อภิปรายผลการวิจัย

การสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยง โดยใช้แช่เอทานอล 1 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าในการแช่เอทานอลที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำหนักแห้งแตกต่างกันเนื่องจากเป็นความแตกต่างของชนิดตัวอย่าง และสภาพแวดล้อม นอกจากนี้อาจเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความคลาดเคลื่อนในการชั่งสาร สภาวะการทดลองที่แตกต่างกัน และความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ ที่ไม่ทราบสาเหตุ (สุกัญญา เขียวสะอาด และอัศวิน ดาดูเคล, 2562) และส่งผลให้เปอร์เซนต์น้ำหนักสารสกัดหยาบแตกต่างกัน

ตรวจสอบกลุ่มสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบจากพืชสกุล *Limnophila* โดยเทคนิค FT-IR

การวิเคราะห์พืชสกุลผักแขยง ผลการตรวจสอบความถี่ของการสั่นของพันธะในการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดด้วยเครื่อง FT-IR พบว่า การแช่เอทานอลเป็น 1 ชั่วโมง มีช่วงคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันไปบ้าง พบว่าสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง มีหมู่ฟังก์ชัน ได้แก่ เอสเทอร์(C-O stretching) สารประกอบไนโทร (N-O asymmetric stretching) คีโตน (C=O stretching) อัลเคน (C-H stretching) แอลกฮอล์ (-OH stretching) เอมีน(N-H bending) แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (C-C stretching) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา บุญชมและปริยาพร กองคำ (2562) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากผลมะกรูด ขมิ้น และไพล จากระบบการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR ซึ่งพบองค์ประกอบเป็นเอสเทอร์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นกัน และหญ้าจามเป็นพืชสกุลผักกะแยงซึ่งโดยปกติพืชในสกุลนี้ส่วนใหญ่ก็มักจะมีกลิ่นและมีต่อมน้ำมันเกือบทุกส่วนของต้น โดยเฉพาะที่ใบ ตามรายงานของ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช (2558) และสอดคล้องกับ Wanyo et al. (2018) ที่กล่าวไว้ว่า *Limnophila* เป็นพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย จึงทำให้เมื่อวิเคราะห์ด้วย FT-IR จึงพบหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย โดยน้ำมันหอมระเหยจะประกอบด้วยสารหอมระเหยต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และประกอบด้วยสารอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์ กรดชนิด ต่าง ๆ และเอสเทอร์ เป็นต้น (พนิดา รัตนปิติกรณ์, 2561)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพืชสกุลผักแขยงด้วยวิธี GC-MS

พบว่าสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารสกัดหยาบ ได้แก่ เทอร์พีน,แอลเคน, แอลคีน, เอสเทอร์r และ คีโตน สอดคล้องกับการศึกษาสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ Scrophulariaceae 4 ชนิด ได้แก่ *Adenosma bracteosa*, *A. indiana, Limnophila aromatica* และ*L. micrantha* ด้วยวิธี Gas chromatography (GC) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี

ของน้ำมันหอมระเหยเป็นสารในกลุ่ม Terpenes และยังพบสารประกอบอื่น ๆ ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบอะลิฟาทิก (aliphatic hydrocarbon) กรดชนิดต่าง ๆ เอสเทอร์ (esters) แอลดีไฮด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Dai, Thang, Thai, & Ogunwande, 2015) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสารพฤกษเคมีที่พบในการศึกษาครั้งนี้ก็ล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่สามารถพบได้ในพืชทั่ว ๆ ไป (จิตต์ลดา ศักดาภิพาณิชย์, 2553)

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ในการทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า *L. geoffrayi* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.37 mg/ml รองลงมาคือ *L. micrantha* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.41 และ *L. balsamea* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.75 mg/ml mg/ml *L. laotica* 1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 0.95 mg/ml *L. laotica* 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 1.18 mg/ml *L.* sp. มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า IC_{50} เท่ากับ 1.34 mg/ml ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ Kukongviriyapan et al. (2007) ที่ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของ *L. aromatiaca* Merr. ที่ใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 1.25 -12.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งรายงานว่า *L. aromatiaca* Merr. มีค่า IC_{50} เท่ากับ 10.78 ± 0.34 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่ง *L. aromatiaca* Merr. มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า โดยเทียบจากค่า IC_{50} น้อยแสดงถึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (อรนุช นาคชาติ, วรรณา เอกทอง, และ อรนุช คงลัก, 2557) เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดหยาบของพืชสกุลผักแขยง พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันกับวิตามินซีซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบพืชสกุลผักแขยง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการสกัดพืชสกุลผักแขยงด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดในรูปแบบอื่น เช่น ใช้เฮกเซนด้วยเพื่อเปรียบเทียบสารที่สกัดได้ เนื่องจากเฮกเซนสามารถสกัดสารที่ไม่มีขั้วและใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยจะทำให้ได้สารที่ไม่มีขั้วออกมาด้วย

2. ควรศึกษาการหาปริมาณของสารพฤกษเคมีเพิ่มเติม

3. ควรศึกษาการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของ พืชสกุลผักแขยง เช่น นำไปยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

บรรณานุกรม

เกตุการ ดาจันทา, หทัยทิพย์ ร้องคำ, ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์, และ เปรมนภา สีโสภา. (2562). ปริมาณสารประกอบฟีนอลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของผักพื้นบ้านในจังหวัดพิษณุโลก. แก่นเกษตร *47*(พิเศษ), 1541-1548.

เบญจมาศ หนูแป้น, จาตุรนต์ ทิพย์วงศ์, กนกรัตน์ ใสสะอาด, และ ไซนีย๊ะ สะมาลา. (2559). สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบรางน้ำ. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ *3*(พิเศษ), 26-33.

เบญจมาศ หนูแป้น, จาตุรนต์ ทิพย์วงศ์, กนกรัตน์ ใสสะอาด, และ ไซนีย๊ะ สะมาลา. (2559). สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบรางน้ำ. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ *3*(พิเศษ), 26 - 33.

เสริมสิริ วินิจฉัยกุล, นันทวัน บุณยะประภัศร, และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. (2539). สมุนไพร ไม้พื้นบ้าน: กรุงเทพฯ : สำนักงานข้อมูลสมุนไพร มหาวิทยาลัยมหิดล.

กาญจนรี พงษ์ฉวี. (2558). *60* ชนิดพรรณไม้น้ำประดับของไทย. กรุงเทพฯ กรมประมง.

กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ, และ รัตนศิลป์กัลชาญ, (2560). การสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, *3*, 86 - 94.

จิตต์ลดา ศักดาภิพาณิชย์. (2553). สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นในยางไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง, *4*(1), 12 - 17.

ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ. (2555). น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุคนธบำบัด (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครนายก: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์. (2558). การใช้ประโยชน์สารให้กลิ่นในอาหาร. วารสารอาหาร, *45*(2), 29-36.

ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน. (2562). ผลของความเข้มข้นที่แตกต่างกันของเอทานอลต่อการสกัดสารสกัดหยาบ และฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีของใบแก้ว. วารสารเกษตรนเรศวร, *16*(1), 1-8.

ปาจารีย์ ทองงอก, และ กรชนก แก่นคำ. (2557). ฤทธิ์ต้านจุลชีพของผักพื้นบ้านอีสาน. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, *1*(1), 40-46.

พนิดา รัตนปิติกรณ์. (2561). น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชและการประยุกต์ใช้เป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, *13*(2), 1-10.

ภาวนา พนมเขต, สุรศักดิ์ แว่นรัมย์, และ ธันยาการย์ ศรีวรมาศ. (2554). ฤทธิ์ต้านจุลชีพของส่วนสกัดของพืชไทยต่อเชื้อ *Burkholderia pseudomallei*. เทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด , *23*(2), 151-158.

มาลี บรรจบ. (2543). สมุนไพรพื้นบ้ายภาคอีสาน. นนทบุรี: สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

ยุทธศักดิ์ ขุนทอง. (2561). ผักใบหอมปลูกเองขายเอง สร้างรายได้รายวัน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์. (2549). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด DPPH free radical scavenging activity and total phenol compounds content of some Thai medicinal plant extracts. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, *8*(2), 76 - 86.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2550). การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลักขณา ร่มเย็น. (2552). ผักแขยงพืชพื้นบ้านส่งออก. กสิกร, *82*(6), 67-69.

วรพล เองวานิช. (2555). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ *FREE RADICALS AND ANTIOXIDANTS*. เชียงใหม่: สมาร์ท โคตรติ้ง แอนด์ เซอร์วิส.

วันดี กฤษณพันธ์. (2544). พฤกษเคมีเบื้องต้น นพมาศ สมุทรเจริญนนท์ เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (1, 34 - 102). กรุงเทพฯ: แสงเทียนการพิมพ์.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. (2557). สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. (2549). อิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา และตัวทำละลายที่มีต่อการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นชัน. วารสารวิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *33*(3), 226 - 236.

สมหมาย ปะติตังโข. (2553). การต้านอนุมูลอิสระและการต้านการเติบโตของแบคทีเรียของสารสกัดพญาวานร. วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิม พระเกียรติ, *14*(27), 123-136.

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. (2554). คู่มือสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. (2558). คู่มือจำแนกพรรณไม้แบบเด่นเฉพาะ. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. (2543). พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สุภาพร พงษ์มณี, และ กัญณาญาภัค สนามพล. (2550). การสกัดสารจากพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้ง

แบคทีเรียก่อโรคในอาหาร. วิทยาศาสตร์การเกษตร, *6*(พิเศษ), 54-57.

สุรศักดิ์ ใจเขียนดี, และ นิศรา บุญเกิด. (2555). ความสามารถต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรรักษาโรคเบาหวาน. วารสสารนเรศวร พะเยา, *6*(3), 194 - 201.

อรนุช นาคชาติ, วรรณา เอกทอง, และ อรนุช คงลัก. (2557a). สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงผักแขยง. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น, *36*(2), 55 - 64.

อรนุช นาคชาติ, วรรณา เอกทอง, และ อรนุช คงลัก. (2557b). สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงผักแขยง Phenolic Contents and Antioxidant Activity in *Limnophila aromatiaca* Merr. Powder. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น, *36*(2), 55-64.

อรุณี รอดลอย, สุจินต์ หนูขวัญ, และ ยุพเยาว์ สายจันทร์. (2555). ชนิดและการรกระจายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. นนทบุรี: คุณาไทย จำกัด.

Apichart, S., Ponsuda, P., Nuntana, A., และ Tadsanee, P. (2003). Antimycobacterial and Antioxidant Flavones from *Limnophila geoffrayi*. *Archibes of Pharmacal Research, 26*(10), 816-820.

Arul, M. P. N. (2005). Folk herbal medicine: a survey on the paniya tribes of mundakunnu village of the nilgiri hills, South India. *Ancient science of life, 25*(1), 21.

Bakhsh, A., Aasim, M., Zia, A. B., Dogan, M., Sadl, G., Karatas, M., และ Khawar, K. M. (2016). First report of agrobacterium tumefaciens mediated genetic transformation of aquatic rice paddy herb (*Limnophila aromatica*). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 4*(8), 642-645.

Brahmachari, G. (2014). *Limnophila* (Scrophulariaceae): Chemical and pharmaceutical aspects an update. *The Open Natural Products, 7*(1-14).

Bui, M. L., Grayer, R. J., Veitch, N. C., Kite, G. C., Tran, H., และ Nguyen, Q. C. K. (2004). Uncommon 8-oxygenated flavonoids from *Limnophila aromatica* (Scrophulariaceae). *Biochemical systematics and ecology, 32*(10), 943 - 947.

Dai, D. N., Thang, T. D., Thai, T. H., และ Ogunwande, I. A. (2015). Chemical constituents of leaf essential oils of four Scrophulariaceae species grown in Vietnam. *Essential Oil Research*, 1 - 6.

Francesco, B., Carmelo, P., Antonio, T., Antonella, S., Nadia, M., Annalisa, R., และ Franco,

F. v. (2000). In-vitro Antioxidant and In-vivo photoprotective effect of three lyophilized extracts of *Sedum telephium* L. leaves. *Journal of Pharmacy and Pharmacology, 52*, 1279-1285.

Gorai, D., Jash, S. K., และ Sarkar, A. (2013). *Limnophila indica* (Scrophulariaceae): Chemical and pharmacological aspects. *International Journal of Natural Products Research, 3*(4), 110-114.

IslamBhuiyan, M. N., er, F. A., Chowdhury, J. U., และ Begum, J. (2010). Chemical constituents of essential oils from aerial parts of *Adenosma capitatum* and *Limnophila aromatica*. *Bangladesh Journal of Pharmacology, 5*(1), 13 - 16.

Kalimuthu, S., Latha, S., Selvamani, S., Rajesh, P., Balamurugan, B., และ Chandrasekar, T. M. (2011). Isolation, Characterization and antibacterial evaluation on long chain fatty acids from *Limnophila polystachy*a Benth. *sian Journal of Chemistry, 23*(2), 791 - 794.

Kukongviriyapan, U., Luangaram, S., Leekhaosoong, K., Kukongviryapan, V., และ Preeprame, S. (2007). Antioxidant and vascular protective activities of cratoxylum formosum, syzygium gratum and *Limnophila aromatica*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin, 30*(4), 661 - 666.

Kumar, R., Kumar, R., Prakash, O., Srivastava, R., และ Pant, A. (2019). GC-MS analysis of the hexane extract of *Limnophila indica* (L.) Druce, its total phenolics, in-vitro antioxidant, antiinflammatory and antifeeding activity against Spilosoma obliqua. *Journal of entomology and zoology studies, 7*(1), 970 - 975.

Padiya, R., Patel, E., และ Acharya, R. (2013). Evaluation of antimicrobial activity of *Limnophila Heterophylla* (roxb.) Benth. (Scrophulariaceae) whole plant. *International Journal of Ayurvedic Medicine, 4*(1), 27-33.

Suksamran, A., Poomsing, P., Aroonrerk, N., และ Punjanon, T. (2003). Antimycobacterial and antioxidant flavones from *Limnophila geoffrayi*. *Archibes of Pharmacal Research, 26*(10), 816-820.

Wanyo, P., Huaisan, K., Boothaisong, S., Nitisuk, P., Wongpreedee, P., และ Chamsai, T. (2018). Effect of hot-air drying and Vacuum dryingon oxalate contents of

Limnophila aromatica and *Limnophila geoffrayi*. *Food and Applied Bioscience Journa, 6*(2), 65-75.

Wijaya, C., Do, Q. D., Ju, Y. H., Santoso, S. P., Putro, J. N., Laysandra, L., Ismadji, S. (2019). Isolation and characterization of starch from *Limnophila aromatica*. *Heliyon, 5*(5), e01622.

Yamazaki, T. (1990). Scrophulariaceae. In *Flora of Thailand* (5, 139-174). Bangkok: Chutima Press.

Yehye, W. A., Rahman, N. A., Ariffin, A., Hamid, S. B. A., Alhadi, A. A., Kadir, F. A., & Yaeghoobi, M. (2015). Understanding the chemistry behind the antioxidant activities of butylated hydroxytoluene (BHT): A review. *European Journal of Medicinal Chemistry, 101*, 295 - 312.

ภาคผนวก

1. *L. micrantha*

รูปที่ 4 *L. micrantha*

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila micrantha* (Benth.) Benth.

ชื่อพื้นเมือง : หญ้าจาม (ภาคใต้)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์:

ลำใต้ดิน ลำต้นเลื้อยไปตามผิวดิน ลำต้นที่อยู่เหนือดินแตกใบเป็นจำนวนมาก ลำต้นเหนือดินจะตั้งสูง หรือลำต้นเลื้อยตามผิวดินแล้วจะค่อย ๆ ตั้งสูงขึ้น แตกกิ่งเป็นจำนวนมาก ผิวกิ่งเกลี้ยง ยาว 3 – 20 เซนติเมตร ใบออกตรงข้าม บางครั้งใบติดเป็นวงรอบตามข้อ 3 ใบ ก้านใบสั้นหรือไม่มี

ก้านใบ ใบเป็นรูปแถบ หรือรูปขอบขนาน ปลายใบมน ขอบใบหยักจนถึงใบจักฟันเลื่อย ความยาว 4 – 14 กว้าง 1 – 5 มิลลิเมตร ผิวใบเรียบเกลี้ยง หลังใบมีจุดโปร่งแสงอยู่เป็นจำนวนมาก เส้นใบร่างแห ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ หรือในซอกใบ ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบ หรือมีลักษณะคล้ายเส้นด้าย มีขนาด 1.5 – 3 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยาว 2.5 – 3 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีขนสั้น กลีบเลี้ยงมี 5 พู พูเป็นรูปใบหอก ปลายแหลมยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร เมื่อดอกโตเต็มที่กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว กลีบดอกมีสีขาวหรือสีม่วงยาว 2.5 – 4 มิลลิเมตร ผิวกลีบดอกเกลี้ยง ผลเป็นรูปรี ขนาด 2 – 2.5 ความกว้าง 1.5 – 2 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกออกเป็นวงกว้าง

ประเทศไทยพบในพื้นที่ :

อุดรธานี สุรินทร์ สระบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี นครศรีธรรมราช ขอนแก่น

แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา :

ในนาข้าว และพื้นที่ชื้น

ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ :

อินเดีย คาบสมุทรมลายู กัมพูชา เวียดนาม จีน และไทย

2. *L. geoffrayi*

รูปที่ 5 *L. geoffrayi*

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila geoffrayi* Bonati

ชื่อพื้นเมือง : กะออม,กะแยง(ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ :

ลำต้น เรียว ตั้งตรง ยาว 10 – 35 เซนติเมตร แตกแขนงใกล้ฐาน มีขนตามลำต้นหนาแน่น มีใบตรงข้าม ไม่มีก้านใบ ขอบใบขนาน ใบรูปหอก รูปขอบใบขนาน หรือ รูปไข่ยาว 1 - 3 กว้าง 0.3 – 1 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ถึงปลายมนหรือป้าน ขอบใบหยักมน จักฟันเลื่อย ผิวใบด้านบนมีขนเกลี้ยง หรือมีขนสั้นหยาบแข็ง หลังใบเกลี้ยง และมีจุดโปร่งแสง การเรียงตัวของเส้นใบขนานแบบขนนก ดอกออกตามซอกใบ หรือเป็นช่อกระจะอยู่ที่ปลายยอดแต่ละช่อ มี 2 – 10 ดอกก้านช่อดอกเรียวยาว 1.5 – 6 เซนติเมตร มีขนหยาบแข็งปกคลุมบางจนถึงขนเกลี้ยง ก้านดอกยาว 1 – 4 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย จนถึงเกลี้ยง ใบประดับ มีขนาดเล็ก เป็นรูปหอกแคบ ใบประดับย่อยคล้ายเส้นด้าย ปลายเรียวแหลมยาว 1 – 2 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 3.5 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งสั้นเล็กน้อย หรือผิวเกลี้ยง เมื่อโตเต็มที่ กลีบเลี้ยงจะเป็นริ้ว พูเป็นรูปหอกยาว 2.5 มิลลิเมตร กลีบดอกมีสีม่วงยาว 10 – 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกเกลี้ยง ด้านในตรงปลายมีขนอุย กลีบปากบนกลมกว้าง เว้าตื้น กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลรูปทรงรียาว 3 กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้

ประเทศไทยพบในพื้นที่ :

พิษณุโลก หนองคาย มหาสารคาม ขอนแก่น นครราชสีมา

แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา :

ในบึง ที่ชื้นแฉะ และในนาข้าว

ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ :

กัมพูชา ลาว เวียดนาม และไทย

3. *Limnophila laotica* 1

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila laotica* 1

ชื่อพื้นเมือง : นางรักทุ่ง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้นตั้งตรงสูง 60 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนอุยจำนวนมาก ใบออกตรงข้าม ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปใบหอกกว้าง หรือรูปไข่ยาว 2 -7 กว้าง 0.8 – 2.5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ขอบใบจักฟันเลื่อย ลำต้นไม่มีขนเกลี้ยง หลังใบมีจุดโปร่งแสง ใบแบบขนนก เส้นใบแบบร่างแห ดอกออกในบริเวณซอกใบ ช่อดอกเป็นช่อกระจะมีดอกจำนวนมากยาว 10-20 เซนติเมตร ก้านช่อดอก และก้านดอก มีต่อมขน และขนแบบแกะ ใบประดับเป็นรูปไข่ หรือรูปใบหอกยาว 1 – 7 มิลลิเมตร มีต่อมขน และมีขนยาว ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบ หรือรูปลิ่มแคบ ยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยาว 5 - 6 มิลลิเมตร มีต่อมขน มีขนยาวห่างๆ พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 3 มิลลิเมตร ปลายเรียวแหลม กลีบดอกมีสีม่วงยาว 12 - 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกมีขนยาวห่าง ๆ เล็กน้อย ผิวด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกลม กว้าง ปลายเรียวแหลม กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลเป็นรูปไข่ยาว 3 กว้าง 2 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้

ประเทศไทยพบในพื้นที่ : มุกดาหาร

แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา : ในนาข้าว

ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ : ลาว และไทย

4. *Limnophila laotica* 2

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila laotica* 2

ชื่อพื้นเมือง : นางรักทุ่ง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ :

ต้นตั้งตรงสูง 60 เซนติเมตร ผิวลำต้นมีขนอุยจำนวนมาก ใบออกตรงข้าม ก้านใบสั้น หรือไม่มีก้านใบ ใบรูปใบหอกกว้าง หรือรูปไข่ยาว 2 - 7 กว้าง 0.8 – 2.5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ขอบใบจักฟันเลื่อย ลำต้นมีขน หลังใบมีจุดโปร่งแสง ใบแบบขนนก เส้นใบแบบร่างแห ดอกออกในบริเวณซอกใบ ช่อดอกเป็นช่อกระจะมีดอกจำนวนมากยาว 10 – 20 เซนติเมตร ก้านช่อดอก และก้านดอก มีต่อมขน และขนแบบแกะ ใบประดับเป็นรูปไข่ หรือรูปใบหอกยาว 1 -7 มิลลิเมตร มีต่อมขน และมีขนยาว ใบประดับย่อยเป็นรูปแถบ หรือรูปลิ่มแคบยาว 1.5 – 2 มิลลิเมตร มีขนหยาบแข็งเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยาว 5 - 6 มิลลิเมตร มีต่อมขน มีขนยาวห่างๆ พูเป็นรูปแถบ หรือรูปใบหอกยาว 3 มิลลิเมตร ปลายเรียวแหลม กลีบดอกมีสีม่วงยาว 12 - 13 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกมีขนยาวห่าง ๆ เล็กน้อย ผิวด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกลม กว้าง ปลายเรียวแหลม กลีบปากล่างมี 3 พู พูรูปร่างกลม ผลเป็นรูปไข่ยาว 3 กว้าง 2 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้

ประเทศไทยพบในพื้นที่ : มุกดาหาร

แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา : ในนาข้าว พื้นที่แฉะ

ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ : ลาว และไทย

5. *Limnophila* sp.

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila* sp

ชื่อพื้นเมืองเมือง : -

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ :

ลำต้นตั้งตรง ใบเป็นรูปหอก ขอบใบหยักหรือจักฟันเลื่อย กลีบดอกมีสีม่วง ดอกเป็นแบบช่อกระจุกตามซอกใบ

ประเทศไทยพบในพื้นที่ :

สระแก้ว

แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา :

นาข้าว และในบึง

ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ : ไทย

6. *Limnophila balsamea* (Benth.) Benth.

รูปที่ 6 *Limnophila balsamea* (Benth.) Benth.

วงศ์ : PLANTAGINACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila balsamea* (Benth.) Benth.

ชื่อพื้นเมือง : ลิ้นงูเห่า (ตะวันออกเฉียงใต้)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ :

ลำต้นมักแตกกิ่งก้าน สูง 25 เซนติเมตร ขนเป็นแบบขนแกะเป็นจำนวนมาก ใบออกตรงข้าม ก้านดอกสั้นมาก ใบรูปไข่ ปลายใยแหลมเล็กน้อย ก้านใบแคบ ขอบใบหยัก หรือจักฟันเลื่อย ผิวทั้งสองด้านเกลี้ยง ใบเป็นแบบขนนก เส้นใบเป็นแบบร่างแห ช่อดอกออกในซอกใบ ช่อดอกเป็น

แบบกระจุก มีดอกเล็กน้อย ก้านช่อดอกเล็กยาว 3 มิลลิเมตร ก้านดอกสั้น หรือไม่มีก้านดอก หรือยาว 1 มิลลิเมตร ใบประดับย่อยคล้ายเส้นใยยาว 1 – 1.5 มิลลิเมตร มีขนแบบแกะเป็นจำนวนมาก ในดอกมีกลีบเลี้ยงยาว 3 มิลลิเมตร ผลมีกลีบเลี้ยงยาว 4 – 5 มิลลิเมตร มีขนแบบแกะเป็นจำนวนมาก พูเป็นรูปใบหอก ปลายเรียวแหลม กลีบดอกเป็นสีชมพูยาว 8 – 10 มิลลิเมตร ผิวกลีบดอกด้านนอกเกลี้ยง ด้านในมีขนอุย กลีบปากบนกลมกว้าง ปลายเว้าตื้น กลีบปากล่างมี 3 พู พูมีรูปร่างกลม ผลเป็นรูปรี ยาว 3 กว้าง 3 มิลลิเมตร ผลเป็นแบบแห้งแตกได้

ประเทศไทยพบในพื้นที่ :

ปราจีนบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี

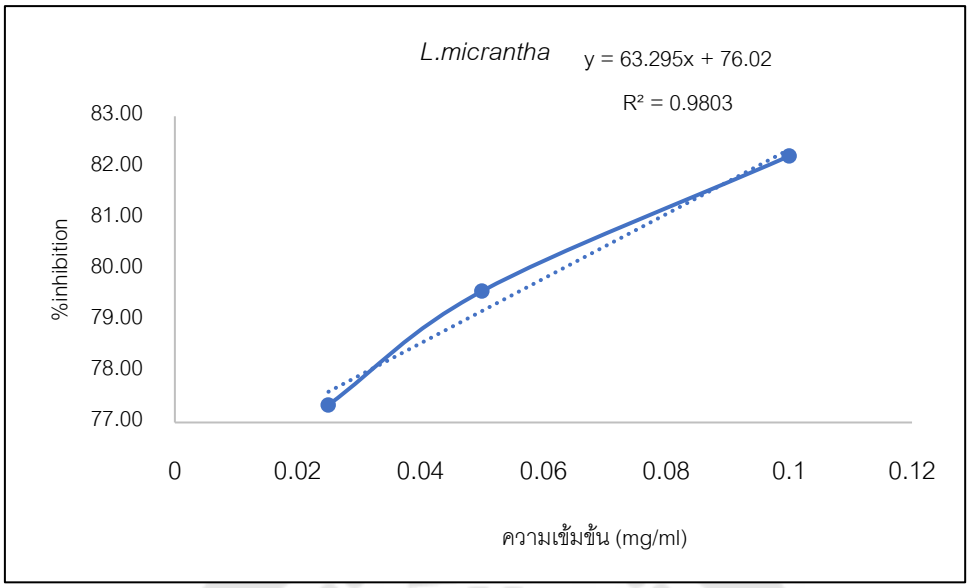
แหล่งที่อยู่ และนิเวศวิทยา :

นาข้าว และในบึง

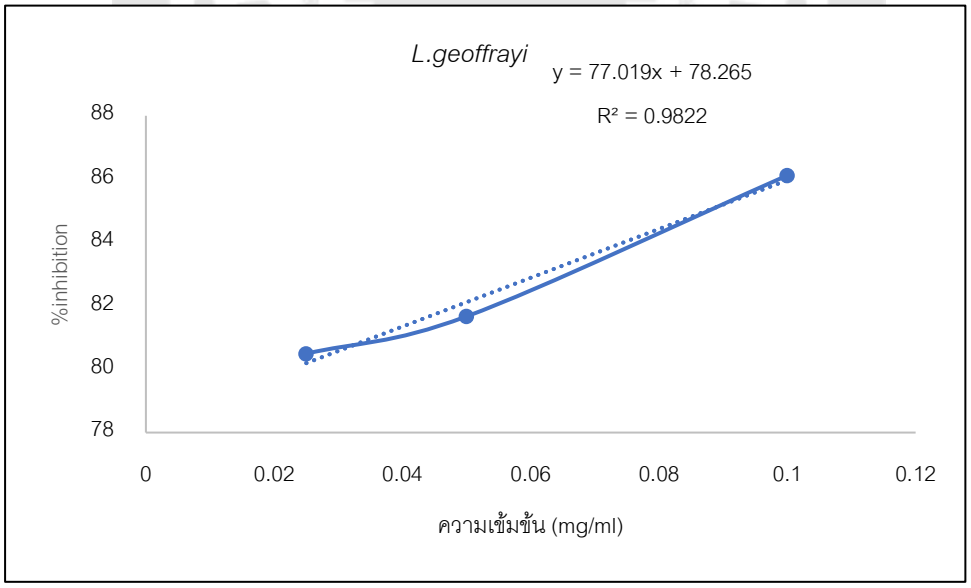
ประเทศที่พบการกระจายพันธุ์ :

เวียดนาม กัมพูชา เมียนมาร์ และไทย

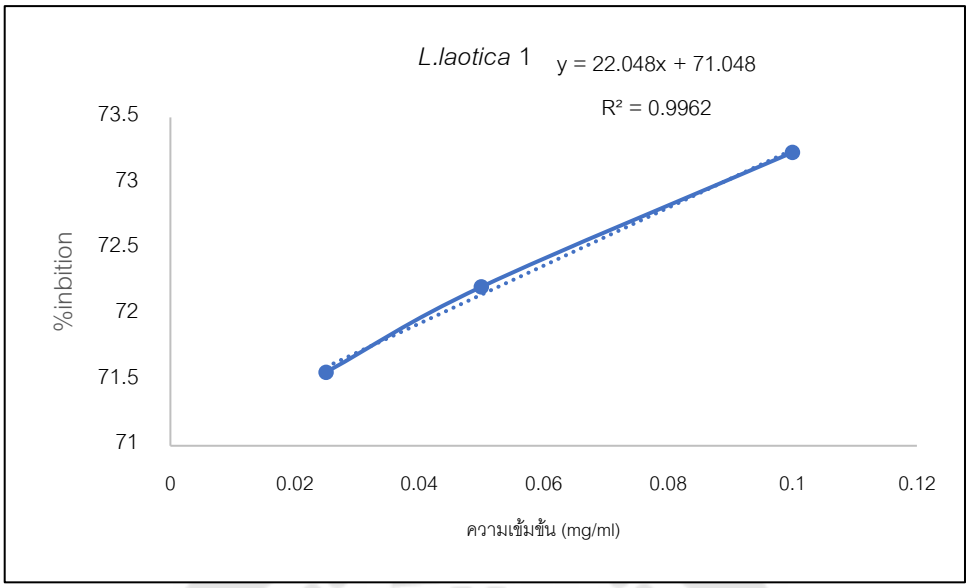
ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ



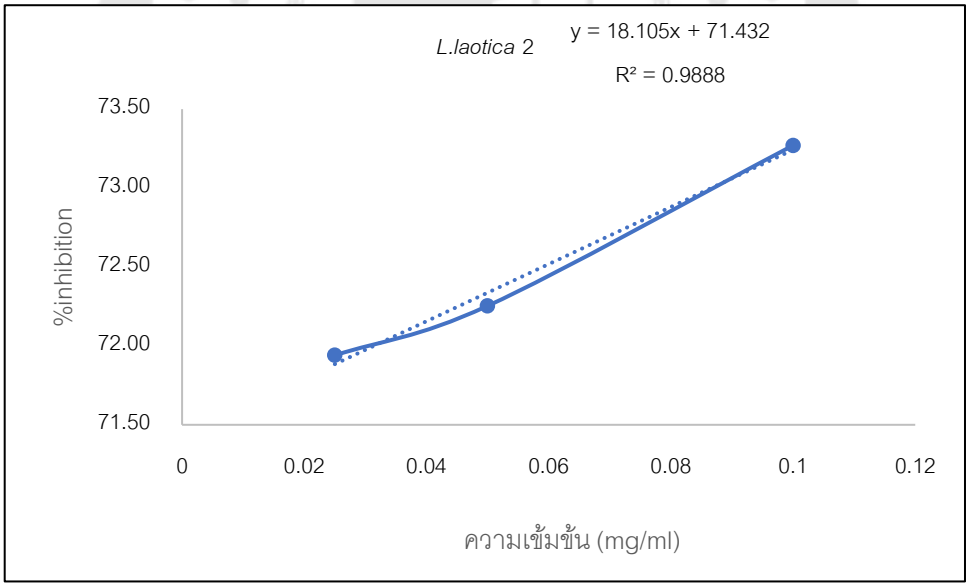
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L. micrantha*



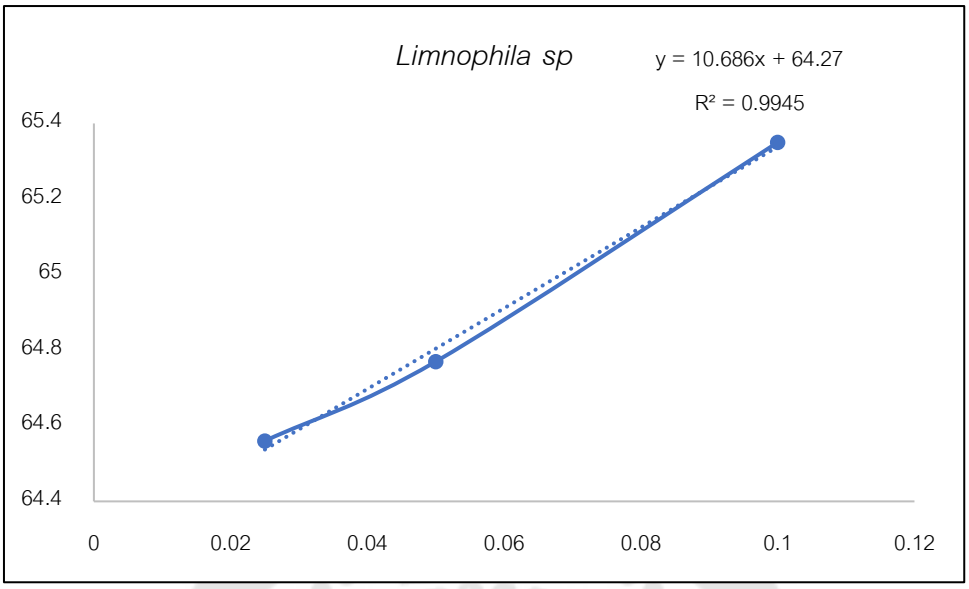
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง % Radical Scaving กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L. geoffrayi*



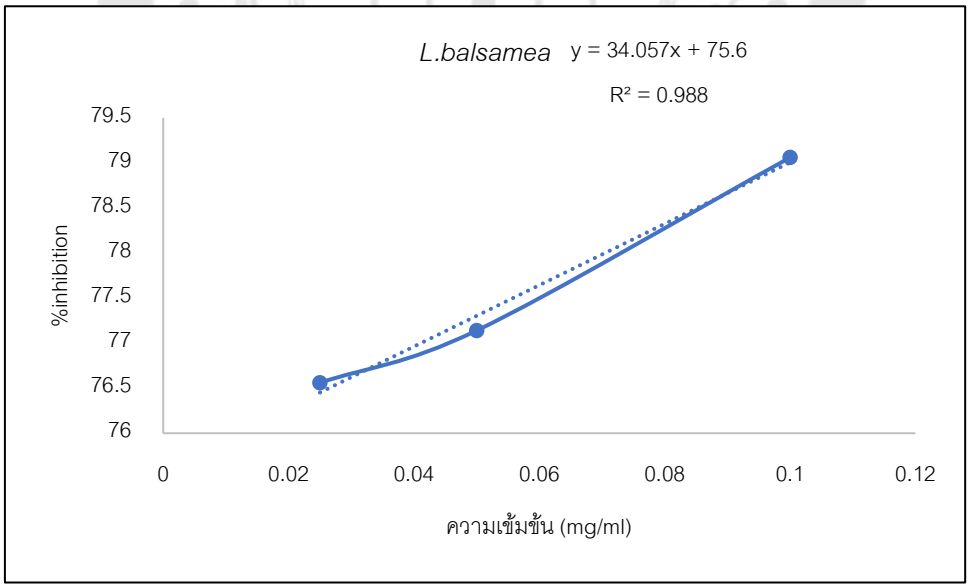
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L.laotica* 1



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L.laotica* 2

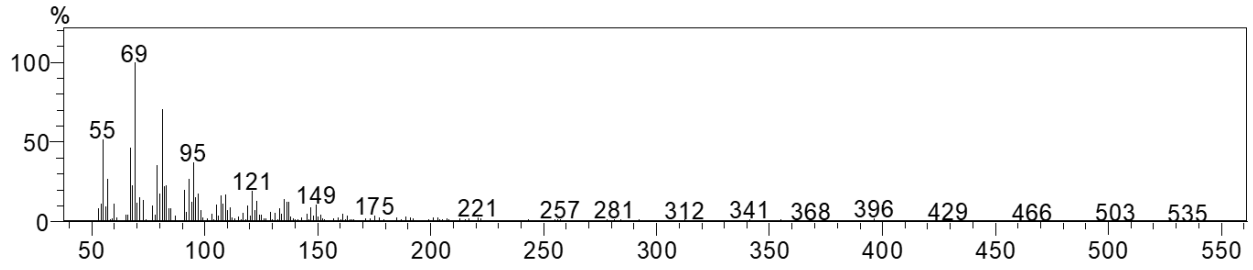


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L.* sp

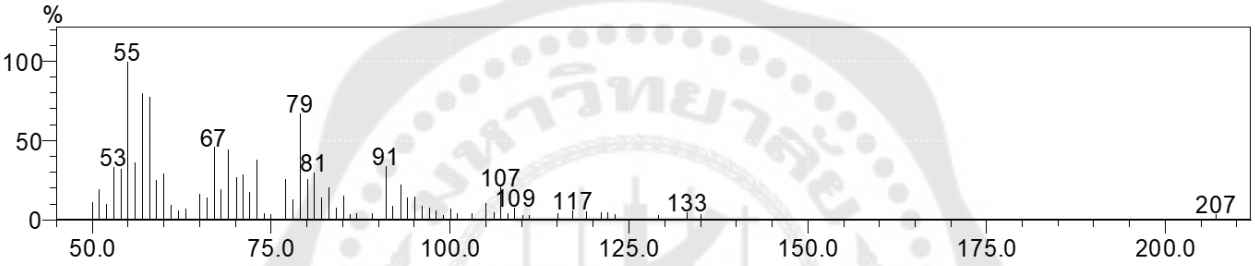


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ *L. balsamea*

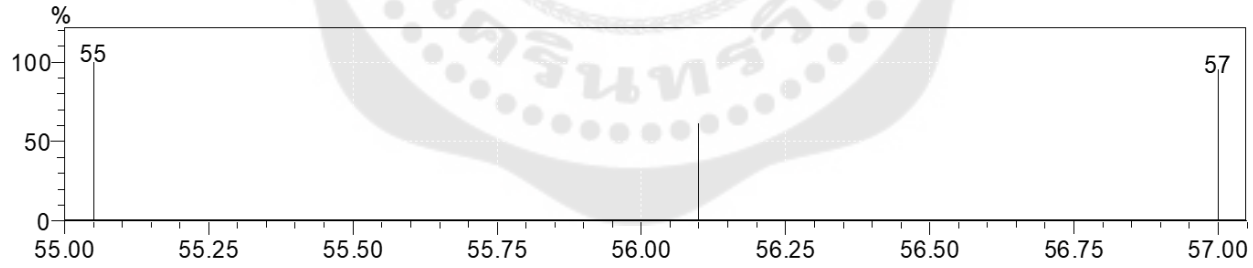
โครมาโทแกรมของพืชสกุลผักแขยง



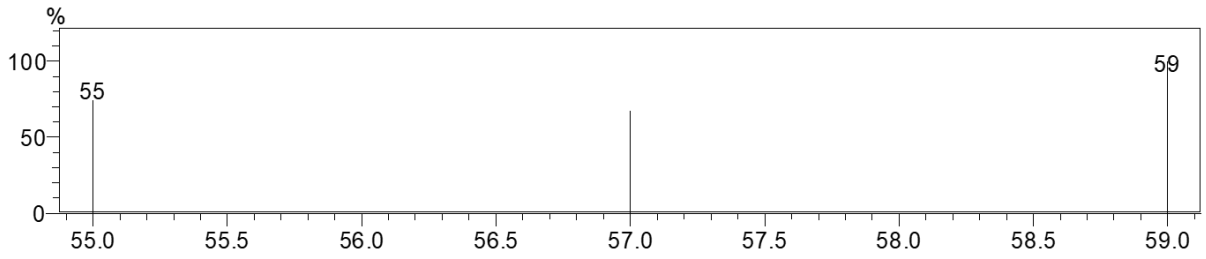
โครมาโทแกรมของ *L.micrantha* แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance



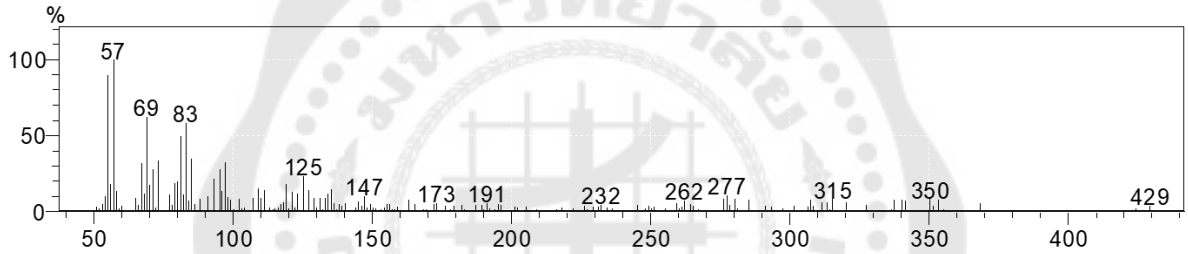
โครมาโทแกรมของ *L. geoffrayi* แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance



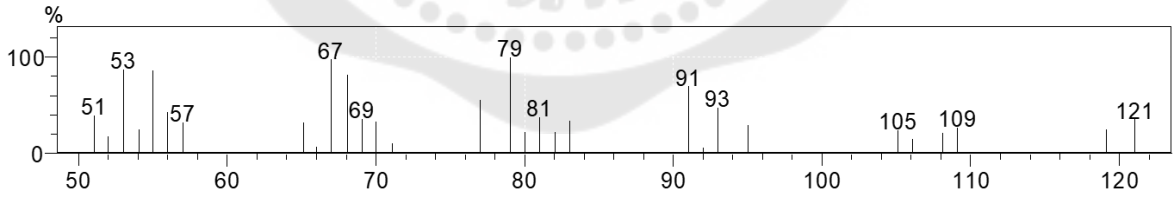
โครมาโทแกรมของ *L. laotica* 1แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance



โครมาโทแกรมของ *L. laotica* 2 แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance



โครมาโทแกรมของ *L.* sp. แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance



โครมาโทแกรมของ *L. balsamea* แกน X เป็นค่ามวลต่อประจุ (m/z) และY เป็นค่า abundance

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จิราพร เหล่าบุราณ
วัน เดือน ปี เกิด	8 มกราคม 2534
วุฒิการศึกษา	ค.บ.ชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ที่อยู่ปัจจุบัน	ตำบลบ้านยาง อำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ