ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชวงศ์ขิงของไทย และผลของกระบวนการแปรรูป

วิทยานิพนธ์

ของ

ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชวงศ์ขิงของไทย และผลของกระบวนการแปรรูป

วิทยานิพนธ์

ของ

ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์

พหุน ปญฺ ติโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

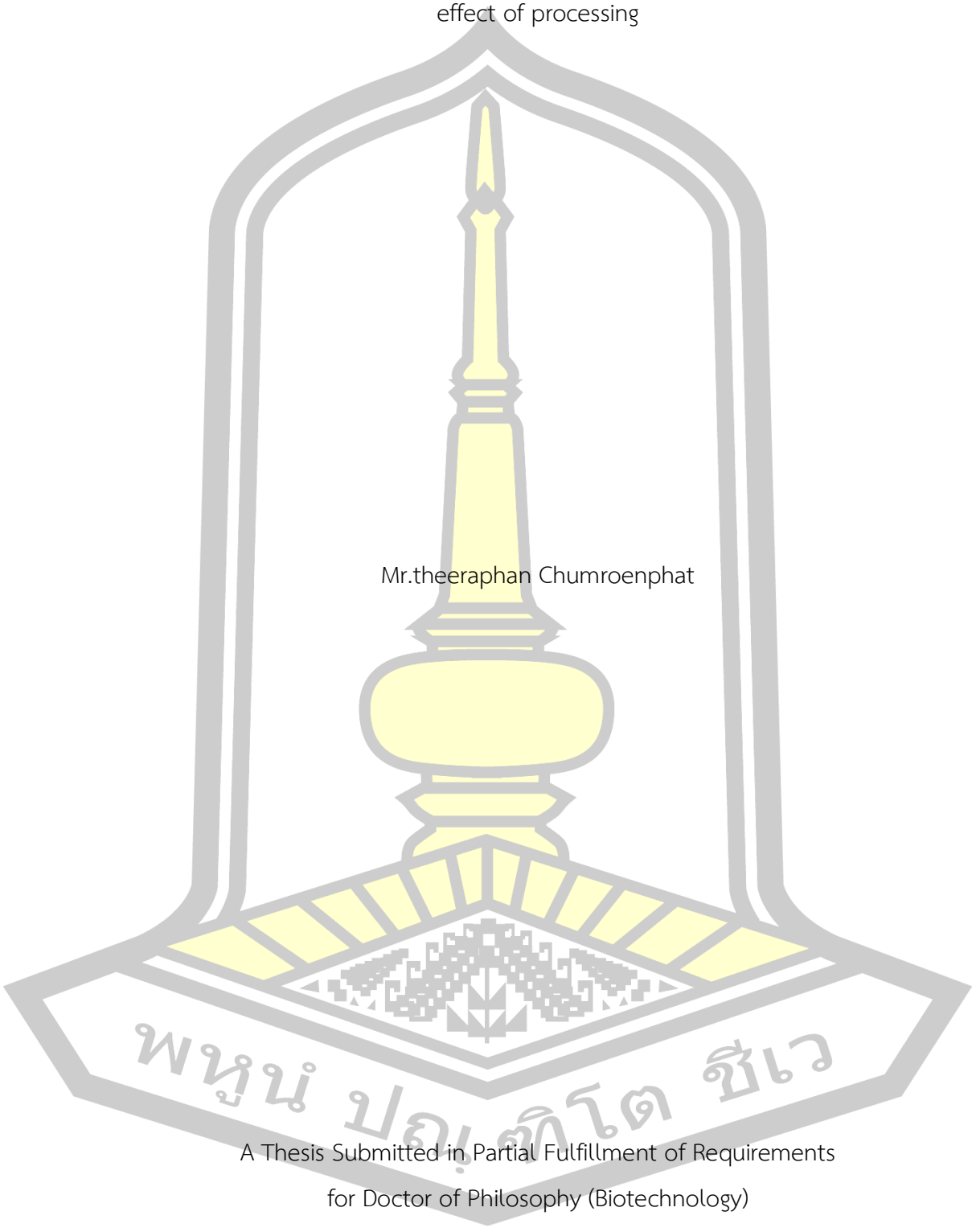
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Analysis of bioactive compounds and biological activity in Thai Zingiberaceae and the effect of processing

Mr.theeraphan Chumroenphat



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Doctor of Philosophy (Biotechnology)

May 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. คณิต วิชิตพันธุ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร. อิสราภรณ์ สมบุญวัฒนกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รศ. ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ลือชัย บุตคุป)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนุชิตา มุ่งงาม)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

.....
(รศ ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชวงศ์ขิงของไทย และผลของกระบวนการแปรรูป

ผู้วิจัย ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อิสราภรณ์ สมบุญวัฒนกุล

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีชีวภาพ

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

บทคัดย่อ

พืชวงศ์ขิงในประเทศไทยพบจำนวนมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและมีการใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงหลากหลายทั้งรับประทานเป็นอาหาร เป็นเครื่องเทศ เป็นยาสมุนไพร เป็นน้ำหอม เป็นสีย้อม และเป็นไม้ดอกไม้ประดับ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยจำนวน 10 ชนิด ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเลือกพืชที่มีศักยภาพเพื่อศึกษาผลของการแปรรูป 2 วิธี ทำเครื่องดื่มด้วยการหมักไวน์และการทำแห้ง (การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การอบแห้งด้วยลมร้อน และการตากแดด) จากการศึกษาพบว่าพืชวงศ์ขิงไทยทั้ง 10 ชนิดพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยพบสูงที่สุดในขมิ้นชัน (turmeric) 202 mg GAE/gและ 6.6 mg RE/g ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืชวงค์ขิงไทย พบกรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิกและแคมเฟอรอลในปริมาณสูง ซึ่งเป็นสารที่เป็นประโยชน์ทางยา นอกจากนี้ยังพบ สารเคอร์คูมิน จิงเจอรอลในขมิ้นชันปริมาณสูงสุด ส่วนวิตามินซีพบในขิงน้อย (ginger) สูงสุด ส่วนฤทธิ์ทางชีวภาพประกอบด้วยฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และฤทธิ์การต้านไกลเคชั่นพบสูงในขมิ้นชัน นอกจากนี้ขมิ้นชันยังความสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีที่สุดความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการศึกษาขั้นต้นจึงได้เลือกพืชที่มีศักยภาพสูงสุดคือขมิ้นเพื่อศึกษาผลของการแปรรูปขมิ้น 2 วิธี ได้แก่ การหมัก และการทำแห้ง ซึ่งการแปรรูปโดยการหมักเพื่อทำเครื่องดื่มไวน์ขมิ้นชัน พบว่าเป็นวิธีการแปรรูปที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเฉพาะสารเคอร์คูมินมีปริมาณลดลง 3.5 เท่าของปริมาณสารเริ่มต้น รวมทั้งยังคงรสชาติที่ขมและกลิ่นของขมิ้นรุนแรงไม่เหมาะต่อการพัฒนาเป็นเครื่องดื่ม ส่วนวิธีการทำแห้งด้วยขมิ้นพบว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็งยังคงมีปริมาณสารออกฤทธิ์ รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH ABTS และ FRAP) และฤทธิ์ต้านไกลเคชั่นได้สูงสุด ส่วนกระบวนการทำแห้งด้วยความร้อน (อบลมร้อน ตากแดด) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารโดยเฉพาะสารเคอร์คูมินที่เป็นองค์ประกอบหลัก

ในขมิ้นชันจะเกิดการเปลี่ยนเป็นสารวานิลลินทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพลดลง แต่กระบวนการตากแดดจะมีปัจจัยของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ร่วมด้วยทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพต่ำสุด อย่างไรก็ตามกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีต้นทุนสูงกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน และตากแดด ทั้งนี้การเลือกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเพื่อไปต่อยอดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่นขึ้นตามความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์หรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

คำสำคัญ : สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, ฤทธิ์ทางชีวภาพ, พืชวงศ์ขิงไทย, การแปรรูป, ขมิ้น

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE Analysis of bioactive compounds and biological activity in Thai Zingiberaceae and the effect of processing

AUTHOR Mr.theeraphan Chumroenphat

ADVISORS Dr. Issaraporn Somboonwatthanakul , Ph.D.

Associate Professor Sirithon Siriamornpun , Ph.D.

DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Biotechnology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2020

ABSTRACT

Zingiberaceae in Thailand is found to be the most abundant in the northeastern region and the utilization of the foods, spices, folk medicines, perfume, dye and ornamental plant. This study investigated the bioactive compounds and biological effects of 10 species of Zingiberaceae in the northeastern region in Thailand and selected the plants to study the effects of two processing methods of wine fermentation and dehydration (freeze, hot air and sun dryings). The study found that all 10 species of Thai Zingiberaceae were found bioactive compounds especially total phenolic content and total flavonoid content, which were found to be the highest in turmeric were 202 mg GAE / g and 6.6 mg RE / g, respectively. The chemical composition of the Thai Zinigberaceae was found high levels of p-hydroxybenzoic acid and kaempferol which possess medicinal properties. The highest levels of curcumin, vitamin C were observed in turmeric and ginger, respectively. The highest biological activities, namely antioxidant activities (assessed by DPPH and FRAP assays) and antiglycation activity were found in turmeric. In addition, turmeric provided the most ability to inhibit gram-positive bacteria at a concentration of 100 mg/g crud extract. The results suggested that turmeric was the most potential plant so it was subsequently selected for further study. Two processes; fermentation and dehydration were investigated. The fermentation of turmeric wine was found to be unsuitable method because it resulted in decreases of the total of bioactive compounds, especially curcumin by 3.5 times from the initial amount. In addition,

that process could not improve the bitterness taste and the intense aroma of turmeric. For dehydration methods, it was found that freeze drying provided higher the content of bioactive compounds including the antioxidant activity (DPPH, ABTS and FRAP) than hot-air and sun drying. The contents of bioactive compounds and biological activity were decreased by the thermal drying process (hot air drying and sun drying). Curcumin, which is the major compounds in turmeric, might be altered to vanillin via the thermal processes . However, the sun drying also involved with PPO enzyme, resulting in lowering the bioactive content and biological activity. However, the cost of freeze-drying is more expensive than hot air and sun dryings. Hence, the optimization of method for practical application of product development is needed for further studies.

Keyword : Bioactive compounds, Biological activity, Zingiberaceae, Processing, Turmeric

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อ.ดร. อิสราภรณ์ สมบุญวัฒนกุล ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. คณิต วิชิตพันธุ์ ประธานกรรมการสอบ ผศ.ดร.สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น และ ผศ.ดร.ลือชัย บุตคุป กรรมการสอบที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเรียบร้อย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด ประสบการณ์และวิชาการตามหลักปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุรพล แสนสุข ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับพืชและชนิดของพืช ตลอดจนการเก็บตัวอย่างพืชและการจัดจำแนกชนิดของพืชและคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ ขอบพระคุณ Dr. Colin Wrigley ที่ช่วยตรวจภาษาอังกฤษ manuscript ก่อนส่งตีพิมพ์

ขอขอบพระคุณ นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สารเคมี ขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำเรื่องเครื่องมือวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งให้กำลังใจเสมอมา ขอบคุณน้องๆ หน่วยวิจัยการพัฒนาการแปรรูปอาหารเพื่อสุขภาพ ที่ช่วยเหลือเรื่องการวิเคราะห์ในทางเทคโนโลยีอาหารรวมทั้งให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณนางธนู นางเบญญภา เด็กหญิงสุพิชญา จำเริญพัฒน์ ตอลดจน พี่สาว หลาน น้า อา เพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มเรียนในระดับปริญญาเอกนี้

ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพประกอบ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 5
2.1 พืชวงศ์ขิงของไทย 5
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชวงศ์ขิงของไทย 5
2.3 การใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ขิง 19
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ 32
2.5 ไกลเคชั่น 34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42
3.1 แผนการวิจัย 42
3.2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี 44

3.3 วัตถุดิบ 45
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย 46
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 58
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 58
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 60
4.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงไทย 60
4.2 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ฤทธิ์ต้านไกลเคชั่น (antiglycation activity) และฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) 67
4.3 ผลการทดลองที่ 4.3 ผลของการแปรรูปขมิ้นชันโดยการทำแห้งวิธีต่างๆ 72
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 91
5.1 สรุปผล 91
5.2 ข้อเสนอแนะ 92
บรรณานุกรม 93
ภาคผนวก 102
ภาคผนวก ก กราฟมาตรฐาน 103
ภาคผนวก ข ภาพผลิตภัณฑ์ 109
ประวัติผู้เขียน 111

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 การใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงไทย ที่ทำการศึกษา จำนวน 10 ชนิด 27
ตาราง 2.2 การใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงไทย ที่ทำการศึกษา จำนวน 10 ชนิด (ต่อ)..... 28
ตาราง 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 36
ตาราง 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพ (ต่อ)..... 37
ตาราง 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง 38
ตาราง 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)..... 39
ตาราง 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)..... 39
ตาราง 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)..... 40
ตาราง 3.9 พืชวงศ์ขิงไทยที่ทำการศึกษา..... 46
ตาราง 4.10 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในพืชวงศ์ขิง..... 61
ตาราง 4.11 ชนิดและปริมาณสารฟีนอลิกที่พบในพืชวงศ์ขิงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC..... 62
ตาราง 4.12 ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชวงศ์ขิงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC..... 64
ตาราง 4.13 ปริมาณวิตามินซีที่พบในพืชวงศ์ขิงไทย 65
ตาราง 4.14 ปริมาณสาร 6-gingerol ในพืชวงศ์ขิง..... 66
ตาราง 4.15 ปริมาณสารเคอร์คูมิน ในพืชวงศ์ขิง..... 67
ตาราง 4.16 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH..... 68
ตาราง 4.17 ฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียของพืชวงศ์ขิงไทย 70
ตาราง 4.18 ความสัมพันธ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์ 71
ตาราง 4.19 ชนิดและปริมาณสารฟีนอลิกในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC 84
ตาราง 4.20 ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC..... 85

ตาราง 4.21 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC 86

ตาราง 4.22 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (ต่อ)..... 87

ตาราง 4.23 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์วิธี DPPH radical scavenging FRAPและ ABTS.+ 90

ตาราง ก.24 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC..... 107

ตาราง ก.25 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC..... 107

ตาราง ก.26 ตารางแสดงสภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) สำหรับกรดอะมิโนและเคอร์คูมินอยด์ด้วยเครื่อง LC/MS/MS..... 108

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 2.1 (Zingiber officinale Roscoe.) 7
ภาพประกอบ 2.2 อีทือ (Zingiber mekongense Gagnep.) 8
ภาพประกอบ 2.3 หมายี (*Zingiber rubens* Roxb.) 9
ภาพประกอบ 2.4 ขิงกระต่าย (Zingiber junceim Gagmep.) 11
ภาพประกอบ 2.5 มหาหงส (Hedychium coronarium J. Koning.) 12
ภาพประกอบ 2.6 ขมิ้นชัน (Curcuma longa L.) 13
ภาพประกอบ 2.7 กระเจียวแดง (Curcuma angustifolia) 15
ภาพประกอบ 2.8 กระเจียวขาว (Curcuma singularis Gagnep.) 16
ภาพประกอบ 2.9 ข่าคม (Alpinia zerumbet (Pers.) Burtt & R. M. Sm.) 17
ภาพประกอบ 2.10 ข่าลิง(*Alpinia conchigera* Griff.) 18
ภาพประกอบ 2.11 สูตรโครงสร้างของสารจิงเจอรอล 31
ภาพประกอบ 2.12 สูตรโครงสร้างของสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ 31
ภาพประกอบ 2.13 กลไกการตานอนุมูลอิสระของสารจำพวกฟนอล 33
ภาพประกอบ 2.14 กลไกการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟีนอล 34
ภาพประกอบ 2.15 กลไกการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาไกเคชั่น 35
ภาพประกอบ 3.16 กรอบแนวความคิดของวิทยานิพนธ์ 43
ภาพประกอบ 4.17 ฤทธิ์การต้านไกลเคชั่นของพืชวงศ์ขิงไทย 69
ภาพประกอบ 4.18 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ของพืชวงศ์ขิงไทย ... 72
ภาพประกอบ 4.19 ผลของ pH ปริมาณน้ำตาล และปริมาณเอทานอลในระหว่างกระบวนการหมัก 73
ภาพประกอบ 4.20 ผลของสารเคอร์คูมินในระหว่างกระบวนการหมัก 74

ภาพประกอบ 4.21 ผลของชนิดและปริมาณกรดฟีนอลิกคูมินในระหว่างกระบวนการหมักวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC : GA, gallic acid; PCCA, protocatechuic acid; p-HO, p-hydroxybenzoic acid; VA, vanillic acid; SyA, syringic acid; p-CA, p-coumaric acid; FA, ferulic acid 74

ภาพประกอบ 4.22 ผลของชนิดและปริมาณฟลาโวนอยด์ในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน . 75

ภาพประกอบ 4.23 ขมิ้นสดและขมิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการแตกต่างกัน 76

ภาพประกอบ 4.24 ลักษณะโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชันสด a: ขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้องชนิด light microscope กำลังขยาย(x20); b: เซลล์น้ำมันที่พบในขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้องชนิด light microscope กำลังขยาย(x40); c: กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลไมโครสโคป Leica DVM6 (x10); d : ขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย (x200) 77

ภาพประกอบ 4.25 ลักษณะโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ 78

ภาพประกอบ 4.26 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ในขมิ้นชันด้วยวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน Fresh; ขมิ้นชันสด FD: ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง HD: ตัวอย่างทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน SD: ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ p <0.05 ภายในแต่ละตัวอย่าง 80

ภาพประกอบ 4.27 ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันด้วยวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน Fresh; ขมิ้นชันสด FD: ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง HD: ตัวอย่างทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน SD: ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด CUR: curcumin DMC: demetoxycurcumin BDMC: bis-demetoxycurcumin แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ p <0.05 ภายในแต่ละตัวอย่าง 82

ภาพประกอบ 4.28 Pathway การแตกตัวของสารเคอร์คูมินเมื่อได้รับความร้อน..... 83

ภาพประกอบ 4.29 สเปกตรัม FTIR ของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ (a) SD (b) HD 88

ภาพประกอบ ก.30 กราฟมาตรฐาน gallic acid สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด..... 104

ภาพประกอบ ก.31 กราฟมาตรฐาน rutin สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด..... 104

ภาพประกอบ ก.32 กราฟมาตรฐานวิตามินตามินซีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยเครื่องHPLC 105

ภาพประกอบ ก.33 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS..... 105

ภาพประกอบ ก.34 กราฟมาตรฐาน Trolox สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH. 106

ภาพประกอบ ก.35 กราฟมาตรฐาน $FeSO_4.7H_2O$ สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระตามวิธี FRAP 106

ภาพประกอบ ข.36 ผลิตภัณฑ์ไวน์ขมิ้นชัน 110

ภาพประกอบ ข.37 ขมิ้นชันอบแห้ง 110

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พืชสมุนไพรที่จัดอยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ทั่วโลกพบมากกว่า 52 สกุล 1,300 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่พบมากในเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทยพบพืชวงศ์ขิงจำนวน 26 สกุล 300 ชนิด (Larsen et al. 2006) โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งที่ค้นพบพืชวงศ์ขิงจำนวนมากที่สุดของประเทศไทย พืชวงศ์ขิงเป็นพืชล้มลุกหลายปีที่มีลำต้นเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน มีเซลล์น้ำมันหอมระเหยกระจายอยู่ในทุกส่วนของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของไรโซม (rhizome) จะมีมากกว่าส่วนอื่น (สุรพลแสนสุข 2554 และพวงเพ็ญ ศิริรักษ์ 2544) การใช้ประโยชน์นำมาใช้เป็นอาหารได้ทั้งขิงอ่อนและแก่ เหง้าขิงมีกลิ่นหอม มีผู้นิยมนำมาหั่นเป็นแว่นๆ ต้มน้ำตาลเป็นเครื่องดื่ม ทั้งเป็นยาขับลม แก้ปวดท้อง ท้องอืด บำรุงธาตุ ช่วยให้สดชื่น แก้อาการไอ นำมาปรุงอาหาร เป็นผักจิ้มก็ได้ ใส่ในของหวาน เช่น ไข่หวาน กลิ่นจะหอมน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังนิยมนำมาใช้แต่งกลิ่นอาหาร มีรสเผ็ดร้อน มีสารอาหารที่มีคุณค่าต่อสุขภาพ คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียม ธาตุเหล็ก วิตามินบี 1 บี 2 คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ในเหง้าขิงประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่สำคัญ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพอยู่หลายชนิดที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ กลุ่มสารประกอบฟีนอล เช่น terpenes, alcohols, ketones, flavonoids, carotenoids และ phytoestrogens (Habsah et al. 2000; Suhaj 2006) จากการรายงานของนักวิจัยชาวเกาหลีใต้พบว่าสารในกลุ่มนี้จะมีผลในการยับยั้งการสร้างเซลล์มะเร็ง บรรเทาอาการอักเสบของกล้ามเนื้อ ยับยั้งการแข็งตัวของเกล็ดเลือด ลดไข้ บรรเทาอาการอาเจียน (Surh, L. and Lee 1998) และมีการนำขิงมาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลาย ตามรายงานของนักวิจัยในประเทศบราซิลพบว่าผลิตภัณฑ์จากขิง ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และน้ำมันชัน (oleoresin) (Zancan et al. 2002) ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง และเภสัชกรรม เป็นต้น

องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากขิงประกอบด้วยสารประกอบหลัก 2 ชนิด คือ สารหอมระเหย (volatile compound) ซึ่งจะเป็นกลุ่มของน้ำมันหอมระเหย (essential oil) และ สารที่ไม่ระเหย (non-volatile compound) ซึ่งจะประกอบด้วย oleoresin (gingerol, shogaol, paradols, zingerone) เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนและเผ็ดร้อนในขิง โดยองค์ประกอบหลักของการที่ไม่ระเหยจะไปกอบไปด้วย 6-gingeraol, 8-gingerol, 10-gingerol และ 6-shogoal ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ประเทศมาเลเซียศึกษาใน *Alpinia purpurata* พบว่าสารเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อรา (anti-fungi) ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดสภาวะการอักเสบ (anti-inflammatory)

และเป็นสารกำจัดแมลง (Insecticide) (Sirat 1994; Sirat and Liamen, 1995 ; Sirat et al. 1996) จากรายงานของ I-Nan และคณะ 2008 นักวิจัยประเทศไต้หวันการสกัดเหง้าขิงด้วยน้ำสามารถได้สาร 6-gingerol ที่มีความแข็งแรงอยู่ในช่วง 130–7,138 ppm นอกจากนั้นจะพบองค์ประกอบของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆที่พบได้ทั่วไปในอาหาร เช่น Thiamine riboflavin niacin pyridoxine วิตามินเอ วิตามินอี และจะพบวิตามินซีในปริมาณที่สูง สารที่ระเหยได้ (Volatile compound) จะพบองค์ประกอบทางเคมีหลักได้แก่ กลุ่ม monoterpenoids (ß-phellandrene, (+)-camphene, cineole, geraniol, curcumene, citral, terpineol, borneol) และกลุ่ม sesquiterpenoids (α-zingiberene (30–70 เปอร์เซ็นต์), ß -sesquiphellandrene (15–20 เปอร์เซ็นต์), ß -bisabolene (10–15 เปอร์เซ็นต์), (E-E)-α-farnesene, ar-curcumene, zingiberol)

จากการรายงานการใช้ประโยชน์และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชวงศ์ขิงไทยถือได้ว่าพืชวงศ์ขิงเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญมากชนิดหนึ่งในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้คน แล้วยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน ถึงแม้ ในปัจจุบันจะมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงอยู่บ้าง แต่เป็นรายงานเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธานของขิง การปลูก การขยายพันธุ์พืช โดยเฉพาะพืชบางชนิดเท่านั้น ที่ใช้ในการค้า เช่น ขิง (*Zingiber officinale*) ปทุมมา (*Curcuma alismatifolia*) หรือข่า *(Alpinia galanga)* เป็นต้น พบว่าเป็นพืชที่ขึ้นตามธรรมชาติ พืชข่า พืชดั้งเดิมของประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาหรือรายงานมาก่อน รายงานการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณสารสำคัญและสารออกฤทธิ์ชีวภาพต่างๆ รวมทั้งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของพืชวงศ์ขิงในประเทศไทยยังมีการรายงานน้อยมาก ส่วนมากเป็นการรายงานของต่างประเทศแต่ก็เป็นการรายงานพืชที่พบทั่วไป เช่น ขิง ข่า กระชาย เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิง ซึ่งหลายชนิดที่เป็นพืชหายากและเป็นพืชถิ่นเดียว รวมทั้งพืชบางชนิดชาวบ้านนำมาเป็นอาหารจึงถือได้ว่าพืชเหล่านี้มีความสำคัญในเชิงการใช้ประโยชน์ท้องถิ่นมายาวนาน รวมทั้งเป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจของชุมชนซึ่งอาจจะหมายถึงต่อประเทศได้อีกทางหนึ่งในอนาคต และการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จัดได้ว่าเป็นการวิจัยด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นครั้งแรกของพืชหลายชนิด เช่น ข่าคม (*Alpinia zerumbet*) หมายี (*Zingiber rubens*) ขิงกระต่าย (*Zingiber juncium*) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าพืชวงศ์ขิงจะได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ งานวิจัยส่วนใหญ่มาจากข้อมูลการศึกษาพืชวงศ์ขิงในต่างประเทศ ข้อมูลเหล่านี้ในประเทศไทยยังมีจำนวนน้อย โดยเฉพาะข้อมูลด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย ดังนั้นการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยและผลของการแปรรูป จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการศึกษาวิจัยใน

ปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อประเมินศักยภาพของทรัพยากรในท้องถิ่นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตโดยเฉพาะอย่างยิ่งศักยภาพในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่า

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 พืชวงศ์ไทยแต่ละชนิดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน

1.3.2 วิธีการแปรรูปพืชวงศ์ขิงของไทยเพื่อเพิ่มมูลค่าที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พืชวงศ์ขิงของไทยที่เก็บได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 10 ชนิด โดยเก็บในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน

1.4.2 ตัวแปรของการวิจัย ประกอบด้วย

1.4.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ พืชวงศ์ขิงของไทย 10 ชนิด ได้แก่ ขิงน้อย (*Zingiber officinale* Roscoe.) อีทือ (*Zingiber mekongense*) หมายี (*Zingiber rubens*) ขิงกระต่าย (*Zingiber junceim*) มหาหงส์ (*Hedychium coronarium* J.Koenig) ขมิ้นเหลือง (*Curcuma longa* L.) กระเจียวแดง (*Curcuma angustifolia*) กระเจียวขาว (*Curcuma singularis*) ข่าคม (*Alpinia zerumbet*) ข่าลิง (*Alpinia conchigera*)

1.4.2.2 วิธีการแปรรูปคือ เครื่องดื่มจากพืช และ การทำแห้ง

1.4.2.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content)

2) ปริมาณสารประกอบฟลาวโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid c content)

3) ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ gallic acid, protocatechuic acid, p-hydroxy benzoic acid, chorogenic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid, p-cormaric acid, ferulic acid, sinapicnic acid

4) ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์ ได้แก่ rutin, myricetin, luteolin, quercetin, apigenin, kaempferol

5) ปริมาณวิตามินซี

6) ปริมาณ 6-gingerol

7) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ได้แก่ curcumin demethoxycurcumin bisdemethoxycurcumin

8) กรดอะมิโน ได้แก่ lysine histidine arginine threonine valine methionine isoleucine leucine phenylalanine tryptophan

9) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH FRAP ABTS)

10) ฤทธิ์ต้านไกลเคชั่น

11) ฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 2
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล แบ่งออกเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

2.1 พืชวงศ์ขิงของไทย

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.3 การใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ขิง

2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.6 ไกลเคชั่น

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชวงศ์ขิงของไทย

พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) จัดอยู่ในวงศ์ที่มีความโดดเด่นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวโดย ทั่วโลกมีจำนวนทั้งหมดประมาณ 1,300 ชนิด จัดจำแนกอยู่ใน 55 สกุล โดยสมาชิกส่วนใหญ่ของวงศ์มีเขตการกระจายพันธุ์อยู่ในทุกนิเวศทุกแบบของเขตร้อนในทวีปเอเชียโดยเฉพาะในเขตภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ที่จัดว่าเป็นศูนย์กลางของการกระจายพันธุ์ของวงศ์ (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2556)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชวงศ์ขิงของไทย

พืชวงศ์ขิงเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีเหง้าใต้ดิน หลายชนิดมีรากสะสมอาหาร กาบใบอาจห่อกันแน่น ตั้งขึ้นคล้ายลำต้น มีส่วนที่ลำต้นเหนือดินพัฒนาได้ดี ใบมักเรียงสลับระนาบเดียว รูปใบเป็นรูปรี หรืออาจมีลวดลายขาวหรือม่วง ช่อดอกที่เกิดจากยอดของลำต้นเทียม หรือเกิดเป็นช่อต่างหากจากเหง้าโดยตรง อาจมีใบประดับขนาดใหญ่หรือเล็ก ติดทนหรือหลุดร่วงง่าย หลายชนิดดอกบานเพียงวันเดียวบางชนิดดอกบานช่วงกลางคืน ส่วนประกอบดอกมี กลีบเลี้ยงที่เชื่อมกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 3 แฉก หรือมีช่อเปิดด้านข้างช่องเดียว แฉกด้านบนมักมีรูปร่างต่างจากอีก 2 แฉกเล็กน้อย กลีบสเตมิโนด 2 กลีบ มีขนาดใหญ่และมีสีสันคล้ายกลีบปาก ขนาดเล็ก หรือไม่มี กลีบปากมีขนาด รูปร่าง และสีสันแตกต่างกันมาก มักมีสีสันสวยงาม เกสรตัวผู้มี 1 อัน อับเรณูอาจมีรยางค์ด้านล่าง (spur) ด้านข้าง (appendage) หรือด้านบน (crest) เกสรเพศเมีย 1 อัน เกสรเพศผู้มักผ่านไประหว่างอับเรณู ยอดเกสรโผล่พ้นอับเรณู เหนือรังไข่อาจมีต่อมน้ำหวาน รังไข่อยู่ต่ำกว่าวงกลีบ มี 3 คาร์เพล และ 1 หรือ 3 ช่องเปิด (จรัญ มากน้อย และคณะ 2559) ผลแบบผลแห้งแตก รูปคล้ายกระสวย รูป

ทรงกระบอก รูปกลมแตกเป็น 3 แนวหรือแนวเดียว ผิวผลเรียบ ขรุขระ หรือมีขนหยาบแข็ง ภายในมีหลายเมล็ด รูปกระสวยหรือรูปเกือบกลม สีดำหรือสีน้ำตาล มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวหุ้ม (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2556)

2.2.1 นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์

มีเขตการกระจายพันธุ์บริเวณเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ของทวีปเอเชีย แอฟริกา อเมริกาและบางส่วนของออสเตรเลีย แต่ส่วนใหญ่มีความหลากหลายมากอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยมีเขตกระจายพันธุ์ทั่วทุกภาค พบในป่าเกือบทุกประเภท ยกเว้นป่าชายหาด ที่ความสูงใกล้ระดับน้ำทะเลถึง 2,560 เมตร สกุลที่มีความหลากหลายชนิดสูง ได้แก่ สกุลขิง (Zingiber) สกุลหงส์เหิน (Globba) สกุลเร่ว (Amomum) สกุลขมิ้น (Curcuma)

2.2.2 ระยะเวลาดอกบาน

ดอก ของพืชวงศ์ขิงมักมีอายุการบานเพียงวันเดียว มักมีสีที่ไม่โดดเด่น แต่มักมีลายที่สีฉูดฉาด ขนาดเล็กที่กลีบปากหรือโคนกลีบปากหรือกลิ่นหอมอ่อน ไว้ดึงดูดสัตว์ที่ถ่ายละอองเกสร โดยเฉพาะแมลง

ใบประดับ มีหน้าที่ปกป้องดอก ซอกของใบประดับแต่ละใบเป็นโครงสร้างที่เอื้อต่อการกักเก็บน้ำ และเก็บเมือกเหนียวมักถูกสร้างขึ้นมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละชนิด บางครั้งสร้างขึ้นมากจน ปกคลุมส่วนของช่อผลของพืชสกุล Amomum และ Plagiostachys หรืออาจพบในช่อดอกของบางชนิดในสกุลกระชายและสกุลขิง แต่สาเหตุที่มีปรากฏการณ์นี้ยังไม่ทราบแน่ชัด อาจเพียงเพื่อใช้ป้องกันการเข้าทำลายของสัตว์ที่จะมากินเป็นอาหาร (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2556)

การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพทำการศึกษาในส่วนเหง้าโดยพืชวงศ์ขิงไทยที่ทำการศึกษาจำนวน 10 ชนิด ประกอบด้วย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

1. ขิงน้อย (*Zingiber officinale* Roscoe.) (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2556)

ภาพประกอบ 2.1 (*Zingiber officinale* Roscoe.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : *Amomum zingiber* L., *Curcuma longifolia* Wall., *Zingiber blancol*

ชื่อสามัญ: Ginger

ชื่อท้องถิ่น: ขิง Khing, ขิงแกลง Khing klaeng, ขิงแดง Khing daeng (Chanthabui); ขิงเผือก Khing phueak (Chiang Mai); สะเอ Sa-e (Karen-Mae Hong Son)

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : ปลูกในพื้นที่เกษตรทั่วประเทศ ปลูกในเขตร้อนทั่วโลก ไม่ทราบแหล่งกำเนิดที่แท้จริง ปลูกทั่วประเทศที่มีความสูงใกล้ระดับน้ำทะเลจนถึง 2,000 เมตร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : พืชล้มลุกอายะหลายปี ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า ลำต้นเหนือดินสูง 0.5-1.4 เมตร มีใบ 13-26 ใบ เรียงสลับระนาบเดียว แผ่นใบรูปใบหอกแคบ กว้าง 1.5-3.5 เซนติเมตร ยาว 15-27 เซนติเมตร ปลายแหลมหรือเรียวแหลม โคนสอบ ขอบเรียบ ก้านใบยาว 2-4 มิลลิเมตร ช่อดอกแบบช่องเชิงลด เกิดจากลำต้นใต้ดิน กว้าง 2.5-3.2 เซนติเมตร ยาว 5.5-10 เซนติเมตร ก้านช่อตั้งตรงยาว 15-22 เซนติเมตร ดอกสีขาวนวลปนแดง ใบประดับรูปเกือบกลมถึงรูปไข่กลับ ปลายมน สีเขียว ขอบและปลายสีขาวนวล ใบประดับย่อยรูปขอบขนาน ปลายมนหรือหยักยาวกว่าใบประดับ กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็นแฉกลึกด้านเดียว ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร กลีบดอกโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดแคบยาว 2-2.7 เซนติเมตร ปลายแยกเป็นสามแฉก รูปใบหอกถึงรูปขอบขนาดแกมรูปไข่ กลีบปากสีแดง รูปเกือบกลมถึงรูปไข่กลับกว้าง 1.3-1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.6 เซนติเมตร ปลายตัด กลีบคู่ข้างรูปไข่กลับ เกสรตัวผู้จะมีงอยยาว 7-9

มิลลิเมตร เกสรตัวเมียยาวได้ถึง 3 เซนติเมตร ผลแบบผลแห้งแตก เมล็ดรูปกระสวย สีน้ำตาลเข้มถึงดำ เป็นมันวาว (ภาพประกอบ 2.1)

การใช้ประโยชน์ : ใช้เป็นอาหาร เครื่องเทศ ยาสมุนไพร เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง

2. อีทือ (Zingiber mekongense Gagnep.) (สุรพล แสนสุข 2543)

ภาพประกอบ 2.2 อีทือ (*Zingiber mekongense* Gagnep.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : กระทือ อีทือ

ชื่อสามัญ : อีทือ

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ออกดอกเดือนกรกฎาคมถึง เดือนสิงหาคม จัดเป็นพืชถิ่นเดียวและพืชหายากของประเทศไทย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลำต้นเหนือดิน สูง 70-90 เซนติเมตร โคนต้นมีสีแดงเข้มปนเขียว กาบใบ ยาวที่สุดประมาณ 80 เซนติเมตร สีแดงเข้มปนเขียว มีขนประปราย ปลายมีติ่งแหลม ขอบเป็นแผ่นบาง ใบ มีประมาณ 14 ใบเรียงสลับ แผ่นใบรูปรี ยาว 15-50 เซนติเมตร กว้าง 4-10 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบรูปลิ่ม ผิวใบด้านบนเกลี้ยง ด้านล่างมีขน ก้านใบ ไม่มีหรือยาวถึง 5 มิลลิเมตร ผิวมีขน โป่งพองสีแดง กาบใบ สีแดงปนเขียวหรือเขียว ผิวมีขน ลิ้นใบ แบ่งเป็น 2 แฉกยาว 2-5 เซนติเมตร เนื้อบาง มีขน ขอบเรียบ ปลายมน ช่อดอก เกิดจากเหง้าบริเวณลำต้นเหนือดิน เอียงทอดนอนไปตามผิวดิน ช่อดอกทรงกระบอกกระจุกแน่นยาวประมาณ 5 เซนติเมตร กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ปลายตัด ก้านช่อดอกสีแดง เอียงทอดนอนไปตามผิวดินยาวประมาณ 1 เซนติเมตร มีกาบใบสีแดง ยาว 1.5-2 เซนติเมตร มีขน ใบประดับ สีแดง ซ้อนเหลื่อมกันอย่างหลวมๆ รูปแถบ รูปหอก หรือ รูปไข่ ยาว 3-5 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร มีขนยาวหรือมีขนสั้นประปราย ปลายเรียวแหลม ดอกสีครีม หลอดกลีบเลี้ยง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร สั้นกว่าใบประดับย่อย ปลายมี 3 พู รอยแยกระหว่างพู ตื้นลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร ปลายพูมน สีครีม ผิวเกลี้ยง

หลอดกลีบดอก ยาวประมาณ 6 เซนติเมตร สีขาว ผิวเกลี้ยง แฉกบนยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1 เซนติเมตร รูปหอก ลายรูปคุม สีแดงเรื่อ แฉกข้างมีขนาดเล็กกว่าแฉกบนเล็กน้อย ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร รูปแถบปลายแหลม สีแดงเรื่อ กลีบปากรูปไข่ ยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 15 มิลลิเมตร สีขาวลายสมปลายแหลม เกสรเพศผู้เป็นหมัน เชื่อมติดกับปากปลายแหลม รูปไข่ หรือรูปรี สีขาวลายสม เกสรเพศผู้ ก้านเกสรเพศผู้ ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 2 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง อับเรณู ยาวประมาณ 15 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 2 มิลลิเมตร สีแดงเรื่อ สันเหนืออับเรณูหุ้มก้านเกสรเพศเมีย มีสีครีมปนแดง ยาวประมาณ 1.6 เซนติเมตร ปลายแหลม เกสรเพศเมีย รังไข่ยาว4-6 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร (ภาพประกอบ 2.2)

การใช้ประโยชน์ : ดอกรับประทานเป็นผัก

3. หมายี (*Zingiber rubens* Roxb.) (สุรพล แสนสุข 2543)

ภาพประกอบ 2.3 หมายี (*Zingiber rubens* Roxb.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : หมายี

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ออกดอกปลายเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลำต้นเหนือดิน สูงประมาณ 90-130 เซนติเมตร กาบใบที่ไม่มีแผ่นใบมี 3 ใย ยาวที่สุดประมาณ 30 เซนติเมตร ผิวเกลี้ยง สีแดง ใบ มี 10-20 ใบ แผ่นใบ รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน ยาว 40-50 เซนติเมตร กว้าง 10-13 เซนติเมตร ปลายใบแหลมถึงเรียวแหลม ฐานใบเรียวแหลมมีสีแดง ขอบใบเรียบ ผิวใบเกลี้ยงทั้งสองด้าน ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเข้มกว่าผิวใบด้านล่าง ก้านใบ ไม่มี กาบใบ เรียงสองแถวสลับกัน สีแดง ลิ้นใบ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เนื้อบาง ช่อดอก เกิดจากตาที่เหง้าบริเวณโคนลำต้นเหนือดิน ตั้งตรงแบบช่อเชิงลด รูปไข่ ยาว 5-10 เซนติเมตร กว้าง 3-4 เซนติเมตร ปลายช่อเรียวแหลม ก้านช่อดอกอวบ เรียวยาว 4-8 เซนติเมตร ทอดราบไปตามพื้นผิวดิน สีแดง ผิวเกลี้ยง มีกาบใบ 3 ใบ ยาวมากที่สุดประมาณ 4 เซนติเมตร เรียงสลับ ผิวเกลี้ยง สีแดง แขนงช่อดอกลดรูปเหลือดอกเพียงดอกเดียว ใบประดับ มีประมาณ 10 ใบ รูปรี ยาว 3-3.5 เซนติเมตร กว้าง 2.3-2.5 เซนติเมตร ลายแหลม สีแดงสด ผิวเกลี้ยง อวบ ใบประดับย่อย รูปรีหันหน้าเข้าหาใบประดับ แคบกว่าใบประดับ ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร เนื้อบาง ปลายแหลม ติดอยู่จนเป็นผล ดอก สีเหลืองอ่อน เริ่มบานจากโคนช่อดอก ร่วงง่าย หลอดกลีบเลี้ยง สีเหลือง ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร สั้นกว่าใบประดับย่อย เนื้อบาง ผิวเกลี้ยง หลอดกลีบดอก สีเหลือง ผิวเกลี้ยง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร แฉกบน สีเหลือง รูปรี ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 8 เซนติเมตร แฉกข้าง แคบกว่าแฉกบนเล็กน้อย กลีบปาก รูปรี สีเหลืองอ่อน กลางปากมีแถบสีม่วง ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1 เซนติเมตร มีรอยเว้าระหว่างพูตื้นๆ เกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน สีเหลืองอ่อน รูปขอบขนาน ปลายค่อนข้างแหลม ยาวประมาณ 15 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 7 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ ก้านเกสรเพศผู้สั้นมาก ยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร อับเรณู ยาวประมาณ 8 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 4 มิลลิเมตร สันเหนืออับเรณู ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร สีส้ม ปลายเรียวแหลม โค้งงอลงเล็กน้อย ขอบหุ้มส่วนบนของเกสรเพศเมีย เกสรเพศเมีย รังไข่ รูปไข่ ยาวประมาณ 8 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง ต่อมน้ำต้อย ยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร (ภาพประกอบ 2.3)

การใช้ประโยชน์ : ดอกรับประทานเป็นผัก

4. ขิงกระต่าย (*Zingiber junceim* Gagmep.) (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2556)

ภาพประกอบ 2.4 ขิงกระต่าย (*Zingiber junceim* Gagmep.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : ขิงกระต่าย

ชื่อสามัญ : Ginger

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณที่เปิดตามลานหินทรายในป่าผลัดใบผสมป่าไผ่ ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 200-800 เมตร จัดเป็นพืชที่ถูกคุกคามถิ่นอาศัยจากการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าธรรมชาติ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : พืชล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า ลำต้นเหนือดินสูง 0.5-1.5 เมตร มีใบ 20-25 ใบเรียงสลับระนาบเดียว แผ่นใบรูปแถบกว้าง 1-1.2 เซนติเมตร ยาว 12-18 เซนติเมตร ปลายเรียวแหลม โคนสอบเรียว ก้านใบสั้นมากหรือไม่มี ช่อดอกแบบช่อเชิงลด เกิดจากลำต้น ใต้ดินมีก้านยาวตั้งตรง ช่อรูปร่างคล้ายทรงกระบอก กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร เกลี้ยงและมีนวลขาว ก้านช่อ ตั้งตรง ยาว 10-20 เซนติเมตร ดอกสีเหลือง ใบประดับรูปขอบหรือรูป ไข่กลับ ยาวประมาณ 3.5 เซนติเมตร เปลี่ยนเป็นสีเขียวอมแดง หรือสีเขียวอมเหลืองเมื่อเป็นผล ใบประดับย่อยรูปขอบขนาน ยาว 3.7-4 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมติดกัน เป็นหลอดยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ปลายแยกเป็นแฉกลึกด้านเดียว ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว 2.7-3 เซนติเมตร ปลายแยกเป็นสามแฉก รูปรีกว้างถึงรูปใบหอก ยาว 2.3-3 เซนติเมตร กลีบปากสีเหลือง รูปขอบขนานกว้างหรือรูปกลมแป้น กว้าง 1.6 – 2 เซนติเมตร ยาว 1.3-1.6 เซนติเมตร ปลายแยกเป็นสองแฉกตื้น กลีบคู่ข้างรูปไข่ เกสรเพศผู้จะงอยยาว 1.2-1.4 เซนติเมตร

รังไข่ยาวประมาณ 7 มิลลิเมตร ผลแบบผลแห้งแตกรูปไข่กลับเมล็ดรูปกระสวยสีดำ (ภาพประกอบ 2.4)

การใช้ประโยชน์ : เหง้าและช่อดอกอ่อนรับประทานเป็นผัก มีศักยภาพปลูกเป็นไม้ประดับ

5. มหาหงส์ (*Hedychium coronarium* J. Koning.) (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559)

ภาพประกอบ 2.5 มหาหงส์ (*Hedychium coronarium* J. Koning.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : กระทายเหิน หางหงส์ (กลาง); ตาห่าน เหินแก้ว เหินคำ (มหาสารคาม)

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : พบเป็นพืชปลูก บริเวณภาคเหนือในพื้นที่โล่งที่มีน้ำขัง ต่างประเทศพบตั้งแต่ประเทศอินเดียถึงประเทศอินโดนีเซีย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน เหง้าสีนวล มีกลิ่นเฉพาะ ส่วนเหนือดินสูง 1-1.5 เมตร ลำต้นเหนือพื้นดินเป็นลำต้นเทียมที่มีกาบใบซ้อนแน่น กลม สีเขียว ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปขอบขนานหรือรูปใบหอก กว้าง 5-8 เซนติเมตร ยาว 16-25 เซนติเมตร มี 7-12 ใบ ก้านใบสั้น ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นกลางใบปรากฏเด่นชัดด้านหลังใบ แผ่นใบด้านบนเกลี้ยง ผิวใบด้านล่างมีขนนุ่มโดยเฉพาะเส้นกลางใบ แผ่นใบมักงอตัวลงด้านหลัง ก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น เกลี้ยง เป็นมัน ลิ้นใบยาว 1.5-3.0 เซนติเมตร เป็นเยื่อบางสีขาว ปลายแยกเป็นสองแฉก ดอกช่อ ออกที่ปลายยอดของลำต้นเทียม กว้าง 4.0-8.0 เซนติเมตร ยาว 10.0-15.0 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาว 5.0 เซนติเมตร มีใบประดับใหญ่จำนวนมาก เรียงซ้อนและขนาดลดหลั่นตามลำดับ ใบประดับรูปหอกหรือรูปไข่ กว้าง 2.5-4 เซนติเมตร ยาว 4-6 เซนติเมตร ปลายแหลม ผิวเกลี้ยง สีเขียว ใบประดับย่อย รูปหอก ปลายมน ผิวเกลี้ยง ขอบพับเข้าหากัน ตรงกลางเป็นสัน แต่ละอันซ้อนเหลื่อมกัน เมื่อกางออกกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 3.0-3.3 เซนติเมตร. ดอกมีขนาดใหญ่ มีกลิ่นหอม ออก

ตามซอกใบประดับ 1-5 ดอก กลีบดอกรูปแถบแคบ ๆ กว้าง 0.2 มิลลิเมตร ยาว 3.5-4.0 เซนติเมตร ปลายมน สีขาว กลีบปากรูปไข่เกือบกลม กว้าง 5.0-5.5 เซนติเมตร ยาว 4.0-4.5 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 2 กลีบ ลึกเป็นเศษหนึ่งส่วนสามของกลีบ สีขาว ตรงกลางกลีบค่อนไปทางโคนกลีบสีเหลืองสีขาวหรือนวล โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดเล็กยาว 5-8 เซนติเมตร สีขาว ปลายกลีบดอกหยักบาง กลีบเลี้ยงสีเขียว โคนเชื่อมติดกัน หลอดกลีบเลี้ยงยาว 2.0-4.0 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 3 แฉกตื้น และแยกลึกลงเพียงด้านเดียว กว้าง 6.0 มิลลิเมตร ยาว 1.7 เซนติเมตร ปลายกลีบสีขาวแกมเขียว ส่วนโคนสีขาว เกสรเพศผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นกลีบขนาดใหญ่ รูปไข่กลับแกมรูปรี หรือรูปรีแกมรูปขอบขนาน กว้าง 2.2-2.4 เซนติเมตร ยาว 4.2-4.5 เซนติเมตร ปลายมนสีขาว เกสรเพศผู้ อับเรณู รูปขอบขนาน กว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 1.4-1.5 เซนติเมตร ก้านชูอับเรณูยาว 1.4-2.0 เซนติเมตร เกสรเพศผู้ที่สมบูรณ์ 1 อัน รังไข่รูปขอบขนานกว้างประมาณ 0.2-0.4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ผิวเรียบ มี 3 ห้อง ยอดเกสรเพศเมีย เกือบกลม ขนาดประมาณ 0.1 เซนติเมตร ผลเป็นผลแห้ง รูปทรงกลม แตกออกได้เป็น 3 พู ออกดอกเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม (ภาพประกอบ 2.5)

การใช้ประโยชน์ : ตำรายาไทยใช้ เหง้า เป็นยาบำรุงกำลัง ขับลม บำรุงไต ตากแห้งแล้วบดให้ละเอียดผสมน้ำผึ้งปั้นเป็นลูกกลอน กินแก้กษัย (การป่วยที่เกิดจากหลายสาเหตุ ทำให้ร่างกายเสื่อมโทรม ซูบซีด โลหิตจาง ปวดเมื่อย) น้ำมันจากเหง้าสด ฆ่าแมลง ในต่างประเทศ ใช้เหง้าช่วยกระตุ้นน้ำย่อย และช่วยในการขับลม น้ำมันหอมระเหยจากเหง้า เมื่อนำมาเตรียมเป็นโลชั่นกันยุงกัด พบว่าป้องกันการกัดของยุงลายสวนได้ 7.5 ชั่วโมง, ยุงก้นปล่อง 7.1 ชั่วโมง และ ยุงรำคาญ 5.8 ชั่วโมง

6. ขมิ้นชัน (*Curcuma langa* L.) (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2559)

ภาพประกอบ 2.6 ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : ขมิ้น ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขี้มิ้น หมิ้น

ชื่อสามัญ : Ginger

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : พืชปลูกทั่วไปในประเทศเขตร้อน (จรัญ มากน้อยและคณะ, 2559)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกอายุหลายปีสูง 30-90 เซนติเมตร เหง้าใต้ดินรูปไข่ มีแขนง รูปทรงกระบอกแตกออกด้านข้าง 2 ด้าน ตรงข้ามกัน เนื้อในเหง้าสีเหลืองส้ม มีกลิ่นเฉพาะ ใบเดี่ยว แทงออกจากเหง้าเรียงเป็นวงซ้อนทับกันรูปใบหอก กว้าง 12-15 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ดอกช่อ แทงออกจากเหง้า แทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบ รูปทรงกระบอก กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ใบประดับสีเขียวอ่อนหรือสีนวล บานครั้งละ 3-4 ดอก ผล รูปกลมมี 3 พู

การใช้ประโยชน์ : ตำรายาไทยใช้เหง้ารักษาโรคผิวหนังผื่นคันโดยทำเป็นผงผสมน้ำหรือเหง้าสด ฝนน้ำทา มีรายงานว่าพบน้ำมันหอมระเหยและสาร curcumin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ เชื้อหนองได้ดี จากการทดลองทารักษาโรคผิวหนังพุพองในเด็ก พบว่าให้ผลเท่ายาปฏิชีวนะ นอกจากนี้ยังใช้เหง้ารักษาโรคท้องอืด ท้องเฟ้อและแผลในกระเพาะอาหาร โดยใช้ขนาด 250 มิลลิกรัม กินครั้งละ 2 เม็ดวันละ 4 ครั้งหลังอาหารและก่อนนอน ฤทธิ์แก้ท้องอืดน่าจะ เกิดจากน้ำมันหอมระเหย ส่วนการเพิ่มน้ำย่อยและขับน้ำดีเกิดจากฤทธิ์ของสารเคอร์คูมิน และ p-tolyl-carbinol ทำให้การย่อยอาหารดีขึ้นอาการจุกเสียดลดลง curcumin ยังสามารถยับยั้งการเกิดก๊าซที่สร้างโดยเชื้อโรคที่ทำให้ท้องเสีย (*Escherichia coli*) แต่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งเมือกในทางเดินอาหาร จึงใช้รักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ มีข้อควรระวัง คือสารเคอร์คูมินในขนาดที่สูงกว่าขนาดรักษา 2 เท่าทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ (ภาพประกอบ 2.6)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

7. กระเจียวแดง (*Curcuma angustifolia*) (สุรพล แสนสุข 2543)

ภาพประกอบ 2.7 กระเจียวแดง (*Curcuma angustifolia*)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : Ginger

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : เหง้า สีครีมหรือสีเหลืองอ่อน ลำต้นเหนือดินสูง 40-60 เซนติเมตร เจริญพ้นพื้นดินก่อนหรือพร้อมกับช่อดอก กาบใบที่ไม่มีแผ่นใบ มี 3-4 ใบ ยาว 7-20 เซนติเมตร ผิวเกลี้ยง หรือมีขน ใบ เรียงสลับ แผ่นใบ รูปรีหรือรูปขนาน ยาว 30-40 เซนติเมตร กว้าง 15-20 เซนติเมตร ปลายใบรูปลิ่ม ฐานใบแหลม ขอบใบเรียบ สีเขียว ผิวใบเกลี้ยง หรือมีขนสั้น นุ่มทั้งสองด้าน บริเวณเส้นกลางใบบางครั้งมีแถบสีม่วงหรือแดง ก้านใบ ยาว 4-6 เซนติเมตร กาบใบ ยาว 8-20 เซนติเมตร ลิ้นใบ เนื้อบาง แคบ ขนาดเล็ก ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ช่อดอก แบบช่อเชิงลด รูปทรงกระบอก ยาว 10-20 เซนติเมตร กว้าง 4-10 เซนติเมตร เกิดสองช่วง ช่วงแรกเกิดจากตาของเหง้าบริเวณโคนลำต้นเหนือดิน ช่วงที่สอง เกิดบริเวณปลายยอดลำต้นเหนือดิน ก้านช่อดอกยาว 15-25 เซนติเมตร มีใบประดับ 11-24 ใบ แขนงช่อดอกมี 6-7 ดอก ใบประดับ รูปไข่กลับ 2.6-3.6 เซนติเมตร ปลายแหลม โค้งออกนอกช่อดอก ใบประดับกระจุกที่ปลายช่อดอกไม่รองรับดอก สีแดงเข้มหรือสีชมพูอ่อนปนขาว ส่วนใบประดับที่โคนช่อดอกรองรับดอก สีเขียว ผิวด้านนอกมีขน และมีขนาดสั้นกว่าใบประดับที่ปลายช่อดอก ใบประดับย่อย รูปรี ยาวประมาณ 8 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร ปลายแหลม เนื้อยาง ดอก สีเหลือง หลอดกลีบเลี้ยง ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เนื้อบาง

มีขนสั้น หลอดกลีบดอก ยาว 1-2 เซนติเมตร มีขน แฉกรูปรี ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง ปลายรูปคุ่ม และโค้งเข้าด้านในดอก แฉกข้างแคบกว่าเล็กน้อย ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร ปลายมนโค้งเข้าใน มีขน กลีบปาก รูปไข่กลับ ยาวประมาณ 1.2 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1 เซนติเมตร สีเหลือง กลางกลีบปากมีแถบหนาสีเหลือง ปลายแยกเป็น 2 พู รอยเว้าระหว่างพูลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร ขอบเรียบขนสั้น เกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน รูปไข่กลับ หรือรูปรี ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 4 มิลลิเมตร สีเหลือง มีขนสั้น เกสรเพศผู้ ก้านเกสรเพศผู้ ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร กว้าง 2-5 มิลลิเมตร มีจุดสีแดงเล็ก ๆ จำนวนมาก อับเรณูยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 2 มิลลิเมตร โคนอับเรณูเรียวแหลมเป็นเดือย 2 อัน โค้งเข้าหากัน ไม่มีสันเหนืออับเรณู เกสรเพศเมีย รังไข่ยาว 2-3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 2 มิลลิเมตร มีขนสั้นหนาแน่น ต่อมน้ำต้อย ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ผล รูปไข่ ผิวมีขนหนาแน่น (ภาพประกอบ 2.7)

การใช้ประโยชน์ : หน่ออ่อนและดอกรับประทานเป็นผัก

8. กระเจียวขาว (*Curcuma singularis* Gagnep.) (จรัญ มากน้อยและคณะ 2559)

ภาพประกอบ 2.8 กระเจียวขาว (*Curcuma singularis* Gagnep.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : กระเจียวขาว

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : พบได้ที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ขึ้นในป่าผลัดใบ ต่างประเทศพบในประเทศลาว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ส่วนเหนือดินสูงประมาณ 50 เซนติเมตร ใบรูปรีแกมขอบขนาน สีเขียวตลอดแผ่นใบ ผิวใบด้านบนเกลี้ยง ด้านล่างมีขน ช่อดอกเกิดจาเหง้า และเกิดก่อนใบ ใบประดับ

รูปรี ปลายเรียวแหลมและมักโค้งออก ผิวเกลี้ยงทั้งสองด้าน มีสีขาว กลีบดอกและสเตมิโนดมีสีขาว สเตมิโนดรูปรี ปลายมน ด้านในมีขน กลีบปากรูปไข่กลับ ปลายนูนขึ้นและแยก 2 แฉก สีขาวและมีแถบสีเหลืองกลางแผ่น อับเรณูมีเดือยเป็นแท่งปลายมน ชี้มาด้านหน้าเกือบตั้งฉากกับอับเรณู (ภาพประกอบ 2.8)

การใช้ประโยชน์ : รับประทานช่ออ่อนเป็นผัก

9. ข่าคม (*Alpinia zerumbet* (Pers.) Burtt & R. M. Sm.) (องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2559)

ภาพประกอบ 2.9 ข่าคม (*Alpinia zerumbet* (Pers.) Burtt & R. M. Sm.)

ที่มา : Larsen, K. and Larsen, S. (2006)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : Ginger

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ต้น ไม้ล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นตั้งตรง มีเหง้าใต้ดิน สูงได้ถึง 2.5 เมตร เหง้ารูปทรงกระบอกยาว มีกลิ่นหอม ใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปขอบขนานแกมวงรี กว้าง 12-18 เซนติเมตร.ยาว 30-45 เซนติเมตร มีขนละเอียดสีขาว หนาแน่นทั้งสองด้าน ดอก ออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ดอกย่อยจำนวนมาก มีใบประดับ กลีบดอกสีขาวมีแถบสีเหลืองส้มตรงกลางกลีบ ผล เมื่อแห้งจะแตก รูปทรงกลม มีขน (ภาพประกอบ 2.9)

การใช้ประโยชน์ : เหง้า ตากแห้ง บดเป็นผง ละลายน้ำร้อนดื่ม แก้ลม

10. ข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff.) (จรัญ มากน้อยและคณะ 2559)

ภาพประกอบ 2.10 ข่าลิง(*Alpinia conchigera* Griff.)

วงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อพ้อง : -

ชื่อสามัญ : ข่าลิง

ข้อมูลทั่วไป :

แหล่งที่พบ : ประเทศไทยพบทั่วไปตามป่าดิบชื้น ต่างประเทศพบบริเวณประเทศอินเดีย บังกลาเทศ พม่า ลาว เวียดนาม กัมพูชา มาเลเซีย และอินโดนีเซีย (เกาะสุมาตรา)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ส่วนเหนือดินสูง 20-120 เซนติเมตร ใบรูปขอบขนาน ใบเกลี้ยง มีขนบริเวณขอบใบ ช่อดอกออกกลางกลุ่มใบ กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน มีขนปกคลุมประปราย กลีบดอกสีขาวหรือเหลืองอ่อน กลีบปากแผ่ออก สีครีมแกมชมพู มีสีแดงแต้มบริเวณกลางกลีบและด้านข้าง ผลกลม ผลสุกสีส้มหรือแดง (ภาพประกอบ 2.10)

การใช้ประโยชน์ : เหง้า ต้มน้ำดื่มช่วยขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ แก้บิด ต้นอ่อน รับประทานเป็นผักสดหรือลวก

2.3 การใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ขิง

พืชวงศ์ขิงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและยังมีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยสามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ด้านดังนี้

2.3.1 พืชอาหารและเครื่องเทศ

ส่วนต่าง ๆ ของพืชวงศ์ขิงสามารถนำมาใช้เป็นอาหาร รับประทานสดแบบผัก เช่น ช่อดอกอ่อน ช่อดอก ช่อผลอ่อน หน่ออ่อน ใบ เมล็ดอ่อน รากสะสมอาหาร และเหง้า เป็นต้น หรือนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหาร รวมทั้งนิยมนำส่วนของผล เมล็ด เหง้า และรากสะสมอาหาร มาใช้เป็นเครื่องเทศปรุงแต่งรสชาติ

2.3.1.1 ช่อดอกและช่อผลอ่อนรับประทานเป็นผัก ได้แก่ ก๊า เร่วสุเทพ เร่วหัวช้าง (*Amomum siamense* Craib) อาว ดอกอาว อาวแดง (*Curcuma angustifolia* Roxb) ใช้ช่อดอกอ่อน ลวกจิ้มน้ำพริก ดอกดิน (*Curcuma candida* (Wall.) Techapr. & Skornick.) ใช้ช่อดอกอ่อนลวกจิ้มน้ำพริก ผัดแกง ว่านเปรี้ยวหมอคาร์ กระชายใบกลม หัวละแอนส้ม (*Boesenberia kerrii* Mood. L.M. Prince & Triboun) ว่านเปรี้ยว (*Boesenbergia kingie* Mood L.M. Prince & Triboun) ช่อดอกรับประทานสด ส่วนกุ๊ก (*Apinnia roxburghii* Sweet) ใช้ช่อดอกอ่อนนำไปย่างเป็นผักเครื่องเคียง

2.3.1.2 ช่อดอกอ่อนนำมาประกอบอาหารและเป็นผัก ได้แก่ ปุดใหญ่ กะปุด ปุดหน่อปุด (*Etlingera littoralis* (J.Koening) Giseke.) ดาหลา กะลา กาหลา (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm.) เร่วหอม (*Etlingera pavieana* (Pierre ex Gagnep.) R.M. Sm.) ขิงหมอคาร์ (*Zingiber Kerrii* Craib) หัวกำบิด ขิงยูนาน ตะข่าป่า (*Zingiber thorelii* Gagnep.) ตะไคร้พราน ขิงแมงดา (*Zingber citriodrum*. Theilade & Mood) ขิงกระต่าย (*Zingiber janceum* Gagnep.) ขิงลาว ขิงดา ขิงแมงดา (*Zingiber laoticum* Gagnep.) และ ดอกดิน (*Kaempferia rotunda* L.)

2.3.1.3 หน่ออ่อนใช้สำหรับประกอบอาหาร ได้แก่ กะลา กะหลา หน่อกะลา (*Alpinia nigra* (Gaertn.) B.L. Burtt) ใช้หน่ออ่อนและช่อดอกอ่อนลวกรับประทานเป็นผักจิ้มน้ำพริก หรือนำไปทำทอดมันหน่อกะลา แกงส้มหน่อกะลา อาหารของคนมอญ (ทยา 2556) หลาว (*Alpinia oxymitra* K. Schum.) ข่าหลวง (*Alpinia galanga* (L.) Willd.) ขิงโป่ยกั๊ก ปุดหวาน (*Zingiber wrayil* Prain ex Ridl. var. halabala C.K. Lim) ใช้หน่ออ่อนลวกรับประทานเป็นผักจิ้มน้ำพริก หมากเหน่ง (*Amomum repoense* Pierre ex Gagnep.) หน่ออ่อนและเยื่อหุ้มเมล็ดรับประทานได้

2.3.1.4 ใบอ่อนที่ม้วนยังไม่คลี่ขยาย ได้แก่ ตูบหมูบ (*Kaempferia marginata* Carey ex Roscoe) เปราะหอม (*Kaempferia galangal* L.) (*Kaempferia roscoeana* Wall.)

นำมาผัดผัก ใส่แกง หรือหั่นผสมกับแป้งและเครื่องแกงทอดกคล้ายเทมปุระ (ทยา 2556)

2.3.1.5 เมล็ดอ่อนรับประทานเป็นผัก ได้แก่ หลาว (*Alpinia oxymitra* K. Schum.)

2.3.1.6 รากสะสมอาหาร ได้แก่ กระชาย (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) ใช้ประกอบอาหาร เช่น น้ำยา ผัดฉ่า ผัดขี้เมา ส่วนผสมในน้ำพริกแกงป่า และแกงส้ม เป็นต้น

2.3.1.7 เหง้า ได้แก่ ขมิ้นขาว (*Curcuma manga* Valeton & Zilp) เหง้าอ่อนรับประทานเป็นผักสด ข้าง (*Zingiber officinale* Roscoe) ใช้ทั้งเหง้าอ่อนและเหง้าแก่มาดองรับประทานเป็นผัก เครื่องเคียง และนำมาประกอบอาหาร เช่น ผัดขิง น้ำพริก ตะไคร้พราน ขิงแมงดา (*Zingiber citriodorum* Theilade & Mood) ขิงกระต่าย (*Zingiber junceum* Gagnep.) ขิงลาว ขิงดา ขิงแมงดา (*Zingiber laoticum* Gagnep.) เหง้า รับประทานเป็นผักเครื่องเคียง

2.3.1.8 เครื่องเทศปรุงแต่งรสชาติอาหาร ได้แก่ ข่าเล็ก (*Alpinia conchigera* Griff.) และข่าหลวง (*Alpinia galanga* (L.) Willd.) ใช้เหง้าแก่ใส่ในต้มยำ ต้มข่า หรือใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องแกงต่างๆ ผลแห้งของกระวาน (*Amomum testaceum* Ridl.) ใช้แต่งกลิ่นเครื่องแกง เช่น มัสมั่น และข้าวหมกไก่ ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ใช้เหง้าแก่ใส่ในเครื่องแกง เช่น แกงเหลือง แกงกะหรี่ และมัสมั่น ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ใช้เหง้าเป็นส่วนผสมของเครื่องแกงต่างๆ หรือน้ำจิ้มสุกี้

2.3.1.9 เครื่องดื่มและขนมหวาน ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) นำเหง้าแก่มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขิงผงสำเร็จรูปชงพร้อมดื่ม หรือการนำเหง้าขิงมาต้มกับน้ำตาลเป็นของหวาน เช่น มันต้ม น้ำขิง บัวลอยน้ำขิง หรือนำมาแต่งกลิ่มขนม เช่น คุกกี้ และเค้ก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมี ดาหลา กะลา และกาหลา (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm.) นำเหง้ามาต้มหรือสกัดผสมในเครื่องดื่ม

2.3.2 สมุนไพรและยารักษาโรค

จากการร่วมเสวนาทางวิชาการ “ขิง – ข่าเพื่อชีวิต” เทิดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์“พระมารดาแห่งการคุ้มครองความหลากหลายทางชีวภาพ” ณ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ จังหวัดเชียงใหม่ มีผู้ร่วมเสวนาที่มีทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งอาจารย์เนตรดาว ยวงศรี เป็นผู้แทนในกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงในด้านเป็นยารักษาโรค โดยอาจารย์เนตรดาวกล่าวว่า มีการใช้กลุ่มตำหรับยาที่มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนประกอบประมาณ 15 ตำรับ ดังนี้

1) ตรีกฏุก

ตรีกฏุก บ่งถึงจำนวนตัวยาที่มีรสเผ็ดร้อน 3 อย่าง ซึ่ง 1 ในส่วนผสมที่เป็นพืชวงศ์ขิง คือ ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ใช้เหง้าขิงแห้ง ทำให้มีรสหวานเผ็ดร้อน ช่วยขับลม

แก้ท้องอืด จุกเสียด แน่นเฟ้อ แก้บิด คลื่นไส้ อาเจียน แก้หอบไอ ขับเสมหะ เจริญอากาศธาตุ กระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะอาหารและลำไส้

2) จตุวาตะผล

จตุวาตะผล บ่งถึงจำนวนตัวยาแก้ลมได้ผล 4 อย่าง ซึ่ง 1 ในส่วนผสมที่เป็นพืชวงศ์ขิง คือ ขิง ใช้เหง้าขิงแห้ง โดยมีคุณสมบัติดังกล่าวไว้ในตรีกฎุก

3) ตรีสัตกุลา (รัตตกุลา)

ตรีสัตกุลา บ่งถึงจำนวนตัวยาที่มีตระกูลสามารถ 3 อย่าง ซึ่ง 1 ในส่วนผสมที่เป็นพืชวงศ์ขิง คือ ขิง ใช้เหง้าขิงสด โดยมีคุณสมบัติดังกล่าวไว้ในตรีกฎุก

4) เบญจกุล

เบญจกุล บ่งถึงจำนวนตัวยาที่มีรสร้อน 5 อย่าง ซึ่ง 1 ในส่วนผสมที่เป็นพืชวงศ์ขิง คือ ขิง ใช้เหง้าขิงแห้งโดยมีคุณสมบัติดังกล่าวไว้ในตรีกฎุก

5) เบญจผลธาตุ

เบญจผลธาตุ บ่งถึงจำนวนตัวยาผลแก้ธาตุได้ 5 อย่าง ซึ่ง 1 ในส่วนผสมที่เป็นพืชวงศ์ขิง คือ เปราะหอม ใช้หัวเปราะ ให้รสเผ็ดขม ขับเลือดและหนองให้ตก แก้ไอ แก้ลมพิศ แก้ผื่นคัน แก้บาดแผล แก้เสมหะ

6) ทศกุลาผล

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ เร่วน้อย ให้รสเผ็ดร้อนปร่า ขับลมในลำไส้ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปวดท้อง แก้คลื่นเหียนอาเจียน แก้ริดสีดวง แก้หืดไอ แก้ไขสันนิบาต ขับน้ำนม บำรุงธาตุ และเร่วใหญ่ มีรสเผ็ด ขับลม ขับน้ำนม แก้ปวดท้อง แก้คลื่นเหียนอาเจียน ลดไขมันในเส้นเลือด ลดสารพิษในตับ

7) ชีรณัคคีจร

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ เปราะหอม โดยมีคุณสมบัติดังกล่าวไว้ในเบญจผลธาตุ

8) ตกขาว

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ว่านชักมดลูก ว่านมหาเมฆ ว่านนางคำ และไพล

9) ธรณีสัณฑฆาต

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ เร่ว และขิง

10) ธาตุบรรจบ

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ขิง กระวาน และเปราะหอม

11) ประสะเปราะใหญ่

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ลูกกระวาน และเปราะหอม

12) ประสะเจตพังคี

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ลูกกระวาน และข่า

13) ประสะไพล

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ขิง ขมิ้นชัน และไพล

14) ไฟบรรลัยกัลป์

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ขิง ไพล ขมิ้นอ้อย กะทือ และข่า

15) ลูกประคบและน้ำมันนวด

ตำรับยานี้มีพืชวงศ์ขิงเป็นส่วนผสม คือ ไพล ว่านเอ็นเหลือง ว่านนางคำ เปราะหอมไพล ใช้กับผู้ที่มีภาวะกล้ามเนื้ออักเสบ ปวดเมื่อย ได้ผลเป็นอย่างดี แก้เคล็ดขัดยอก ว่านเอ็นเหลือง ใช้กับผู้ที่มีปัญหากล้ามเนื้อ และเส้นเอ็นได้ดี ว่านนางคำ แก้ผดผื่นคัน ใช้รักษาอาการปวดบวมแก้ฟกช้ำ รับประทานช่วยขับลม ลดอาการปวดท้อง บรรเทาอาการแผลในกระเพาะอาหาร เปราะหอม แก้ลมพิษ แก้ผื่นคัน และแก้บาดแผล

นอกจากนี้ พืชวงศ์ขิงที่มีสรรพคุณทางยาหรือเป็นสมุนไพรไว้เพิ่มเติมดังนี้

ไพล (*Zingiber purpureum* Roscoe) เหง้าเป็นยาขับลม ขับประจำเดือน มีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ แก้บิด น้ำมันไพลผสมแอลกอฮอล์สามารถทากันยุงได้ ในเหง้ามีสารซึ่งมีฤทธิ์ขยายหลอดลมให้ผลดีทั้งอาการหอบหืดแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง มีผลิตภัณฑ์ของไพลจำหน่ายหลายรูปแบบ โดยเฉพาะครีมไพลสำหรับนวดแก้เคล็ดขัดยอก

ไพลดำ (*Zingiber ottensii* Valeton) ตำรายาไทยใช้ หัว ฝนทาแก้เคล็ดขัดยอก ฟกบวม แก้เหน็บชา แก้เมื่อยขบ ขับประจำเดือน หัวสดตำคั้นเอาน้ำผสมกับเกลือสะตุ 1 ช้อนโต๊ะ กินเป็นยาระบายอ่อนๆ แก้บิด สมานลำไส้

ข่าหลวง (*Alpinia galangal* (L.) Willd.) จีนใช้เป็นสมุนไพรแก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ขับลม เหง้าสดรักษาโรคผิวหนังที่เกิดจากเชื้อรา เช่น กลาก เกลื้อน โดยข่าจัดเป็นสมุนไพรที่ปลอดภัยชนิดหนึ่ง

กระวาน (*Amomum krervanh* Pierre) ผลสุกแห้งใช้เป็นยาขับลม

เร่วกระวาน (*Amomum uliginosum* J. Konenig) เมล็ดเป็นยาขับลม

กระชาย (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) เหง้าใช้เป็นยาแก้โรคในปาก รักษาโรคบิด

ว่านชักมดลูก (*Curcuma comosa* Roxb., *Curuma zanthorrhiza* Roxb.) เหง้าช่วยให้มดลูกเข้าอู่สำหรับสตรีหลังคลอดบุตร

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เหง้ารักษาโรคผิวหนังผื่นคัน แก้ท้องอืดท้องเฟ้อและแผลในกระเพาะอาหาร มีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งเมือกในทางเดินอาหาร จึงใช้รักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ขับไล่และกำจัดแมลง

ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zdeoaria* (Bergius) Roscoe) ตำรายาไทยใช้เหง้าแก้ท้องร่วง อาเจียน แก้ไข ผสมในยาระบายเพื่อให้มีฤทธิ์ระบายน้อยลง และสมานแผล

เปราะ (*Kaempferia galanga* L.) เหง้าใช้เป็นยาขับลม รากใช้บรรเทาอาการปวดศีรษะ

2.3.3 ไม้ดอกไม้ประดับ

พืชวงศ์ขิงหลายชนิดมีรูปทรงช่อดอก สีของใบประดับ และใบมีลวดลายสวยงาม จึงทำให้มีการนำออกมาจากป่า เพื่อปลูกประดับตกแต่งสถานที่ ทั้งแบบปลูกลงแปลง ปลูกลงกระถาง และตัดดอกเพื่อนำไปบูชาพระในวันสำคัญทางศาสนา โดยสกุลที่นิยมนำมาใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ สกุลปทุมมาและกระเจียว (Curcuma) สกุลหงส์เหิน (Globba) สกุลดาหลา (Etlingera) สกุลมหาหงส์ (Hedychium) เป็นต้น

ตัวอย่างพืชวงศ์ขิงที่นิยมเป็นไม้ดอกไม้ประดับ มีดังนี้

ประทุมมา กระเจียว กระเจียวโคก กระเจียวบัว ขมิ้นโคก (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) บัวลาย กระเจียวลาย บัวโกเมน บัวลายลาว บัวลายอุบล แววอุบล (*Curcuma rhabdota* Sirirugsa & M.F. Newman) กระเจียวส้ม ขมิ้นแดง และบัวสวรรค์ (*Curcuma roscoeana* Wall.)

ทับทิมสยาม (*Globba siamensis* (Hemsl.) Hemsl.) เข้าพรรษาพุ่มข้าวบิณฑ์ (*Globba marantina* L.) เข้าพรรษาร้อยดอก ข่าลิงร้อยดอก และเทียนพรรษา (*Globba colpicola* K. Schum.)

มหาหงส์เหลือง (*Hedychium flavescens* Carey ex Roscoe) ข่าดง ข่าไฟ มหาหงส์ดอกแดง (*Hedychium coccineum* Buch-Ham. Ex Sm.) ตาเหินพะวอ ตาเหินสองดอก (*Hedychium biflorum* Siriugsa & K. Larsen) โกเมศ ตาเหินฝอย ปุดเดือนน้อย (*Hedychium gomezianum* Wall.) ตาเหินฝอย ว่านใจดำ (*Hedychium samuiense* Sirirugsa & K. Larsen) และตาเหิน (*Hedychium villosum* Wall.)

ตาหลาขาว ดาหลาเผือก (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm. Alba Todam & C.K. Lim) เร่วเขาคิชกุฏ (*Amomum pierreanum* Gagnep.) และข่าใหญ่ (*Alpinia malaccensis* (Burm.f.) Roscoe)

ขิงสนธยา ขิงขน (*Zingiber idae* Triboun & K. Larsen) กะปุดช้าง (*Zingiber longibracteatum* Theilade) ข่าแดง (*Zingiber orbiculatum* S.Q. Tong) และขิงยูนนาน (*Zingiber yunnanense* S.Q. Tong & X.Z. Liu)

มีอีกหลายชนิดที่นิยมใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับ และหลายชนิดที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นไม้ดอกไม้ประดับ เช่น กระชายเขาพังงา (*Boesenbergia acuminata* Sirirugsa) กระชายเขาหลวง (*Boesenbergia basispicata* K. Larsen ex Sirirugsa) กระชายเขา (*Boesenbergia tenuispicata* K. Larsen) ศักดิ์สุวรรณ (*Caulokaempferia saksuwaniae* K. Larsen) เปราะภูหลวง (*Caulokaempferia phuluangensis* Picheans. & Mokkamul) กำเบ้อ (*Gagnepainia godefroyi* (Baill.) K. Schum.) สุวรรณหงส์ (*Pommereschea lackneri* Wittm.) และบานค่ำ (*Kaempferia filifolia* K. Larsen) เป็นต้น

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชวงศ์ขิง และความสวยงามสะดุดตา จึงทำให้ปัจจุบันมีการคัดเลือกพันธุ์จากธรรมชาติ และการพัฒนาพันธุ์และลูกผสมใหม่ ๆ ขึ้นมาในสกุลปทุมมาและกระเจียว (Curcuma) และสกุลหงส์เหิน (Globba) โดยคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยพืชสองกลุ่มนี้แบบบูรณาการหน่วยงานมีเนื้อหาของงานวิจัยเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมกับภาครัฐและเอกชน เกษตรกร และผู้ประกอบธุรกิจการค้าไม้ดอกไม้ประดับ จนได้ผลงานวิจัยออกมาเป็นที่ประจักษ์ มีพันธุ์ใหม่ ๆ เกิดขึ้นจำนวนมาก นอกจากนี้เกษตรกรผู้ปลูกเลี้ยง หรือบริษัทส่งออกได้มีการพัฒนาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ทำให้ปัจจุบันมีการใช้งานพืชกลุ่มนี้อย่างกว้างขวางในรูปแบบไม้ตัดดอก ไม้กระถาง และไม้ประดับแปลง

2.3.4. ประเพณี วัฒนธรรม ความเชื่อ และการท่องเที่ยว

ประเพณี วัฒนธรรม และความเชื่อถือล้วนเป็นสิ่งที่สังคมไทยถือปฏิบัติกันมายาวนาน ประเพณีหนึ่งที่สืบทอดมากันมารุ่นสู่รุ่น ตั้งแต่ครั้งโบราณกาล คือ ประเพณีตักบาตรดอกไม้ ที่วัดพระพุทธบาทราชวรมหาวิหาร อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี จัดขึ้นในช่วงเทศกาลเข้าพรรษา ปัจจุบันประเพณีนี้สร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นดังกล่าวนับหลักล้านบาทต่อปี เนื่องจากชาวบ้านในบริเวณโดยรอบวัดจะปลูกพืชสกุลหงส์เหิน หรือเข้าพรรษา (Globba) และเก็บช่อดอกมาเข้ากำร่วมกับธูปเทียน เพื่อจำหน่ายให้กับผู้ที่มีจิตศรัทธามาตักบาตร ทำบุญ และนมัสการรอยประพุทธบาท ในเทศกาลนี้ในแต่ละปีจะมีทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติมาร่วมงานกันเป็นจำนวนมาก

คนไทยสมัยโบราณมีความเชื่อเกี่ยวกับการปลูกพืชวงศ์ขิงในกลุ่มที่เรียกว่า ว่าน ที่มีความเชื่อในเรื่องของการเป็นไม้มงคล หรือมีความเชื่อในสรรพคุณต่าง ๆ ของพืช ซึ่งพืชกลุ่มนี้ส่วน

ใหญ่เป็นสกุล Curcuma เช่น ด้านเมตตามหานิยม ได้แก่ ว่านห้าร้อยนาง ว่านสาลิกาลิ้นทอง ว่านเพชรแดง ว่านนางคำ และว่านมหาอุดม ด้านคงกระพันชาตรี ได้แก่ ว่านมหาเมฆ ว่านมหาปราบ ว่านพระนารายณ์ ว่านทรหด และว่านขมิ้นดำ แก้พิษถอนพิษ เช่น ว่างรางจืด ว่างจางจืด ว่านจ่าว่าน และว่านขอทองแก้ ป้องกันภัยและป้องกันภูตผีปีศาจ แก้คุณไสย เช่น ว่านพระตะบะ และว่านปลาไหลเผือก หรือบำรุงกำลัง เช่น ว่านม้า ว่านเพชรม้า ว่านม้าขาว และว่านม้าเหลือง เป็นต้น (จรัญและพวงเพ็ญ 2555)

นอกจากนี้พืชวงศ์ขิงที่ขึ้นตามธรรมชาติ ยังมีคุณค่าทางเศรษฐกิจในส่วนของส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เนื่องจากบางชนิดขึ้นอยู่จำนวนมากในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะออกดอกและบานสะพรั่งพร้อมกัน ทำให้มีความสวยงามเป็นธรรมชาติมาก จนเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติติดอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย เช่น เทศกาลทุ่งดอกกระเจียว (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ณ อุทยานแห่งชาติป่าหินงาม อำเภอเทพสถิต จังหวัดชัยภูมิ นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มของเปราะภู (Caulokaempferia) และตาเหิน (Hedychium) ซึ่งมีทั้งที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก หรืออุทยานแห่งชาติภูเรือ และภูหลวง จังหวัดเลย ซึ่งจะมีความแตกต่างกันที่ชนิดพันธุ์ของพืช

2.3.5 ด้านอื่นๆ

ปัจจุบันมีการนำพืชวงศ์ขิงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องสำอาง สีย้อม สปา สารสกัดน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้พืชวงศ์ขิงในด้านอื่นๆ มีดังนี้

มหาหงส์ (*Hedychium coronarium* J. Koenig) มีการสกัดสารหอมระเหยไปใช้เป็นน้ำหอม

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) หรือรู้จักกันในชื่อ Turmeric ซึ่งเหง้าของขมิ้นชันมีสารเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นสารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) เป็นสารกลุ่มโพลีฟีนอล มีสีเหลือง มีสรรพคุณทางยางหลายประการ ทำให้ขมิ้นชันเป็นพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง นอกจากจะใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงอาหาร ยังใช้ผงขมิ้นในการแต่งกลิ่นและสีในอุตสาหกรรมทั้งอาหารและเครื่องสำอาง รวมทั้งสีย้อมผ้า

ว่านสาวหลง เร่วหอม ว่านร่อนทอง หรือ เสน่ห์มหาพรม (*Amomum schmidtii* (K. Schum.) Gagnep.) ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สบู่และเครื่องสำอาง

ดาหลา กะลา กาหลา (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm.) เหง้าต้มหรือสกัดผสมทำสบู่ และยาสระผม

ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ใช้เหง้ามาสกัดเพื่อใช้น้ำมันหอมระเหยในการแต่งกลิ่นเครื่องสำอาง และอาหาร

จากคุณประโยชน์ของพืชวงศ์ขิงที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จะเห็นว่า พืชวงศ์ขิงนั้นมีคุณค่าทางเศรษฐกิจในทุกๆ ด้าน ซึ่งควรค่าต่อการอนุรักษ์ และนำมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน ควรปลูกฝังให้คนไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยาวชนได้รู้จัก และเห็นคุณค่าของพืชวงศ์นี้ ในขณะเดียวกันควรนำมาพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ และต่อยอดองค์ความรู้จากปราชญ์ชาวบ้าน เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์ การพัฒนาอย่างยั่งยืน และสร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น และเกษตรกร มีการส่งเสริมการส่งออก เพื่อนำเงินตราเข้าประเทศ สร้างความมั่นคงให้กับประเทศไทยต่อไป โดยพืชวงศ์ขิงไทย ทั้ง 10 ชนิด ที่ได้ทำการศึกษาสามารถมีการนำไปใช้ประโยชน์สรุปในตารางที่ 2.1-2.2 ดังนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 2.1 การใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงไทย ที่ทำการศึกษา จำนวน 10 ชนิด

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาสาสตร์	ส่วนที่ใช้ประโยชน์	การใช้ประโยชน์	References
ขิง	*Zingiber officinale* Roscoe.	ราก ใบ ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง อาหาร เครื่องเทศ ใบและดอก: อาหาร ผัก	Zieliński et al.,2012 Srivastava and Mustafa 1992
อีทือ	*Zingiber mekongense* Gagnep.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน ดอก: อาหาร ผัก	Whitney et al. 2013
หมายี	*Zingiber rubens* Roxb.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al.2016
ขิงกระต่าย	*Zingiber junceum* Gagnep.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al.2016
มหาหงส์	*Hedychium coronarium* J.G. Koenig	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง ดอก: อาหาร ผัก	Sirirugsa, 1999 ; Hartati et al. 2014
ขมิ้นชัน	*Curcuma longa* Linn.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง ดอก: อาหาร ผัก	Chattopadhyay et al.2004 ; Uzun et al 2004

ตาราง 2.2 การใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงไทย ที่ทำการศึกษา จำนวน 10 ชนิด (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาสาสตร์	ส่วนที่ใช้ประโยชน์	การใช้ประโยชน์	References
กระเจียวแดง	*Curcuma angustifolia* Roxb.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al.2016; Sharma 2012
กระเจียวขาว	*Curcuma singularis* Gagnep.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al.2016; Cruz-Garcia and Price 2011
ข่าคม	*Alpinia zurumbet*	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al. 2016
ข่าลิง	*Alpinia conchigera* Griff.	ราก ดอก	ราก: ยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง ดอก: อาหาร ผัก	Seansouk et al. 2016

2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) หมายถึง สารที่พบในธรรมชาติจากพืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ ที่มีคุณสมบัติทางชีวภาพและทางเภสัชวิทยา เช่น มีความสามารถการต้านหรือชะลอการเกิดออกซิเดชันฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ และต้านเชื้อจุลชีพ (Carocho et al. 2013) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) เป็นสารที่มีความสำคัญ ทั้งในเชิงการแพทย์เนื่องจากมีศักยภาพทางด้านเภสัชวิทยา และเชิงคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มในการนำเอาสารเหล่านี้มาใช้มากขึ้น นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพยังมีราคาไม่แพงและยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค การแสวงหาแหล่งของสารที่มีศักยภาพและประสิทธิภาพสูงจึงมีความจำเป็น ตัวอย่างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น

2.4.1 แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) แคโรทีนอยด์ เป็นรงควัตถุที่ละลายได้ในไขมัน ให้สีเหลือง ส้ม และแดง พบมากในผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง เช่น แครอท มะเขือเทศ และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น แคโรทีนอยด์มีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายและในอาหาร ซึ่งคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของแคโรทีนอยด์ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันและความเข้มข้นของออกซิเจน พบว่าภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง ทำให้สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแคโรทีนอยด์ลดลง เนื่องจากสภาวะดังกล่าวจะเร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระแคโรทีนอยด์เพอร์ออกซิลซึ่งมีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยา แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) แคโรทีน เช่น บีตา-แคโรทีน (β-carotene) แอลฟา-แคโรทีน (α-carotene) และไลโคพีน (lycopene)

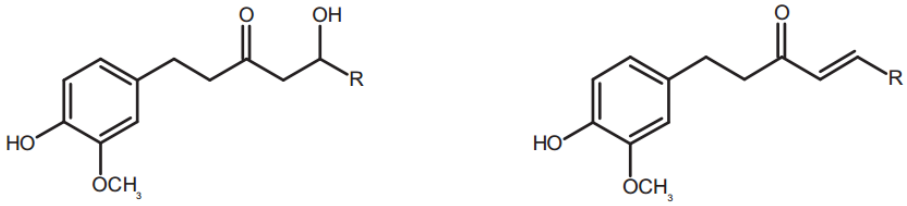
2) แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เช่น แอสทาแซนทิน (astaxanthin) และแคนทาแซนทิน(canthaxanthin) (ศิริธร ศิริอมรพรรณ 2557)

2.4.2 สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มของสารที่มีหมู่ฟีนอล ซึ่งเป็นวงเบนซีนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) มาเกาะจำนวนมากในโมเลกุล สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่มีในธรรมชาติ เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในขั้นทุติยภูมิของพืช พบทั่วไปในผักและผลไม้ มีมากมายหลายชนิดซึ่ง สามารถจำแนกได้ตามลักษณะของจำนวนคาร์บอนอะตอม สารประกอบ ฟีนอลิกนั้นมีจำนวนมากมายหลายชนิด และชนิดที่เป็นกลุ่มหลักคือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุดในกลุ่มที่มีหมู่ฟีนอลเพียงหมู่เดียว อยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) จากรายงานการวิจัยพบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สำคัญ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Procházková et al. 2011) สารฟลาโวนอยด์ในธรรมชาติสามารถพบได้เป็นจำนวนมาก

ในพืชผักและผลไม้ เช่น เควอร์ซิติน(quercetin) ไมริซิทิน (myricetin) และแคมป์เฟอรอล (keampferal) เป็นต้น ประโยชน์ของฟลาโวนอยด์มีบทบาทหลายอย่างในพืช (Halliwell 2007) ได้แก่ ascorbic acid เป็น antioxidant ซึ่งพบมากในเซลล์พืช เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme inhibitor) เป็นสารตั้งต้นของสารพิษต่างๆ เป็นสารที่ทำให้เกิดสีต่างๆ ในพืชและเป็นสารที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เป็นตัวป้องกันแสง เพราะว่าฟลาโวนอยด์จะค่อนข้างคงตัวในช่วงความยาวคลื่นแสง ultraviolet และ visible ป้องกันพืชจากสารพิษอื่นๆ โดยทำหน้าที่เป็น photosensitizing compound โดยเฉพาะพวก methoxylated flavonoid ช่วยในการสังเคราะห์และหายใจของพืชตลอดจน morphogenesis นอกจากนี้สารประกอบฟลาโวนอยด์จำนวนมากยังมีพิษทางเภสัชวิทยาต่อคนและสัตว์ ได้แก่มีฤทธิ์เป็น antibiotic โดยมีสารแอนโทไซยานิน ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น Lactobacillus, Salmonella และ Shigella เป็นต้น มีฤทธิ์เป็น antimalignancy พบว่า eupatin และ centaureidin มีฤทธิ์ในการยับยั้ง carcinoma จาก nasopharynx ทาให้เพิ่มความเพิ่มความต้านทานให้กับหลอดเลือดฝอย ได้แก่ ฟลาวาโนน ฟลาวานอล flavandiol และ chalcone เป็นต้น

2.4.3 วิตามินซีหรือ กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารเสริมฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระวิตามินซีพบได้ในธรรมชาติในส่วนประกอบต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะในผักและผลไม้วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่น่าสนใจเนื่องจากพบได้มาในธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่จำกัดปริมาณ (ศิริธร ศิริอมรพรรณ 2557)

2.4.4 จิงเจอรอล (gingerol) เป็นสารประกอบที่สำคัญพบอยู่ในเหง้าขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) มีกลิ่นฉุน มีคุณสมบัติที่ช่วยเรื่องสุขภาพของมนุษย์ในด้านโภชนาการรวมทั้งมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคบรรเทาอาการคลื่นไส้ โรคข้ออักเสบ โดยจิงเจอรอลเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสูญเสียน้ำเปลี่ยนรูปอยู่ในรูปของโชกาออล (shogaol) ซึ่งจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับจิงเจอรอลที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในขิง (ภาพประกอบ 2.11) โดยจะออกฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ต้านการอักเสบ ป้องกันการเกิดการแพ้ (anti-allergic) ซึ่งเป็นสาเหตุของ โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคท้องร่วง โรคภูมิแพ้ โรคไขข้ออักเสบ การอักเสบและรูปแบบต่าง ๆ ของโรคมะเร็ง (Semwal et al 2015)



6-Gingerol [R=$(CH_2)_4CH_3$]
8-Gingerol [R=$(CH_2)_6CH_3$]
10-Gingerol [R=$(CH_2)_8CH_3$]

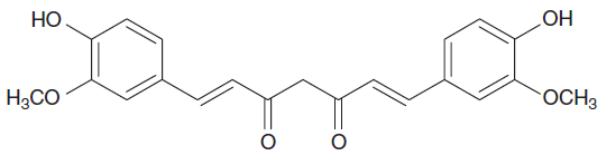
6-Shogaol [R=$(CH_2)_4CH_3$]
8-Shogaol [R=$(CH_2)_6CH_3$]
10-Shogaol [R=$(CH_2)_8CH_3$]

ภาพประกอบ 2.11 สูตรโครงสร้างของสารจิงเจอรอล

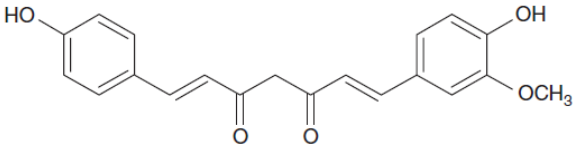
ที่มา : Semwal et al. 2015

2.4.5 สารกลุ่ม เคอร์คูมินอยด์

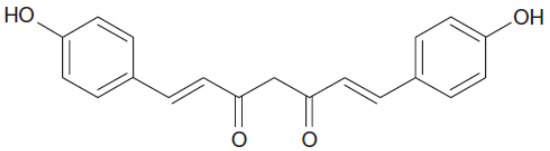
สารกลุมเคอรคูมินอยด (curcuminoids) เป็นสารกลุ่มที่พบมากในขมิ้น โดยจะเป็นสารที่ให้สีเหลืองซึ่งมี 3 ชนิดหลัก ไดแก่ เคอร์คูมิน (curcumin) ดีเมทอกซีเคอร์คูมิน (desmethoxycurcumin) และ บิสดีเมทอกซีเคอร์คูมิน (bisdesmethoxycurcumin) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพประกอบ 2.12



Curcumin



Demethoxycurcumin



Bisdemethoxycurcumin

ภาพประกอบ 2.12 สูตรโครงสร้างของสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์

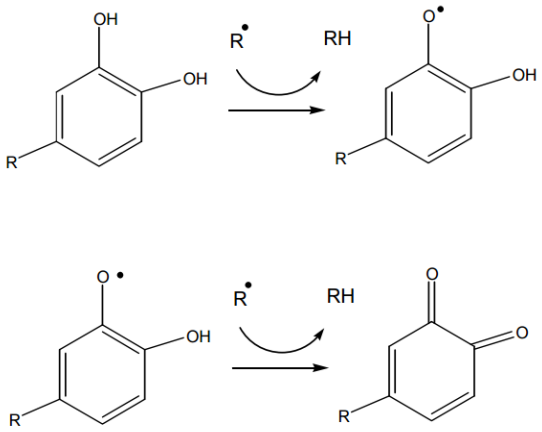
ที่มา : Chempakam, B. and Parthasarathy V.A. 2008

สารเคอร์คูมินอยด์ (cucuminoids) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยสารเคอร์คูมิน ที่สรรพคุณในการลดการอักเสบ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มพอลิฟีนอล (ศิริธร ศิริอมรพรรณ 2557) ช่วยในเรื่องความจำ ป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ (Satyajit D.K. and Nahar L. 2007) ฤทธิ์ตานการเกิดออกซิเดชั่น ตานการอักเสบ ตานแบคทีเรีย และตานเชื้อรา เปนตน

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง โมเลกุลของสารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดออกซิเดชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังสารออกซิไดซ์ ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติในอาหารเกิดสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและยังสามารถทำลายคุณค่าทางโภชนาการด้วย นอกจากนั้นอนุมูลอิสระยังสามารถทำลายเซลล์ของร่างกายสารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่เหล่านี้ด้วยการจับกับอนุมูลอิสระและสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้(ศิริธร 2557) สารเหล่านี้อาจพบในธรรมชาติ พืชผักผลไม้ ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินต่างๆ เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน กลูตาไทโอน และยูบิควิโนน โดยสารเหล่านี้จะหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ (Weecharangsan and Opanasopit, 2004) เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระมีโครงสร้างเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน เช่น วิตามินอีมีโครงสร้างเคมีที่ละลายไขมันได้ดีจึงสามารถเข้าไปออกฤทธิ์ที่เมมเบรนได้ และมีฤทธิ์ที่สามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ โดยจะทำปฏิกิริยาขจัดอนุมูลลิพิดเปอร์ออกซีและได้เป็นอนุมูลวิตามินอี ส่วนวิตามินซีละลายน้ำได้ดีมีหน้าที่เปลี่ยนอนุมูลวิตามินอีทำให้วิตามินอีกลับคืนโดยการรับอิเล็กตรอน จากอนุมูลอี อนุมูลวิตามินซีจะถูกขับออกทางปัสสาวะ (โอภา 2549) สารต้านอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร เช่น beta hydroxy acid (BHA) Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้ จะทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายคน เพื่อป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับ สารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อาจก่อผลเสียต่อร่างกาย นอกจากนี้ในอาหาร เช่น ผลไม้ ผัก และสมุนไพร ที่มีสารโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่พบในพืชต่างๆ มากกว่า 5,000 ชนิด เป็นองค์ประกอบสำคัญจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ โดยสารจำพวกฟนอลิกเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืชตัวอย่างของสารกลุ่มมนี้ได้แก่ สารจำพวก flavonoids ที่มี catechol เป็นองคประกอบ stilbenes, tannins ซึ่งโครงสรางหลักประกอบดวย aromatic ring แทนที่ด้วย hydroxy group โดยมากเป็นสารที่มีขั้วละลายในตัวทำละลายจำพวกเอทานอลไดดี กลไกของสารจำพวกฟนอลที่แสดงฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระ ดังภาพประกอบ 2.13 คือเมื่อมีอนุมูลอิสระมาดึงอิเลกตรอนไปแตในโครงสรางมีอิเล็กตรอนหนาแน่น จึง

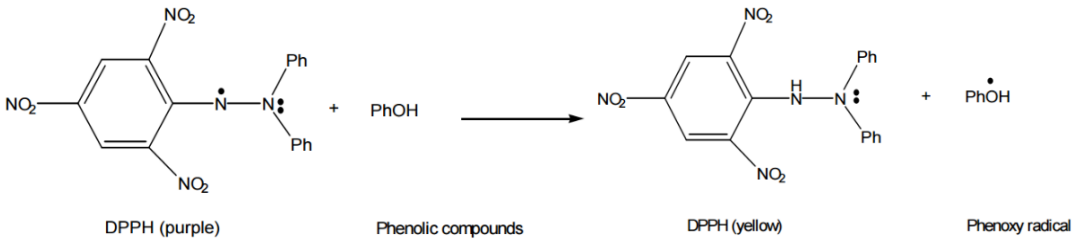
สามารถเกิดการเคลื่อนยายอิเล็กตรอนไปทั่วโครงสราง (delocalization) ทำให้โครงสรางเสถียรไม เกิดเปนอนุมูลอิสระตอไป (ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง 2559)



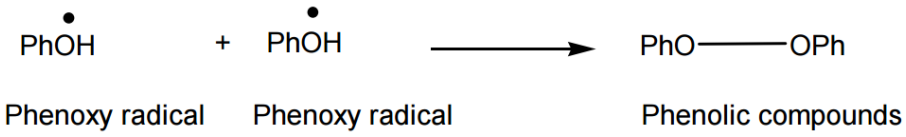
ภาพประกอบ 2.13 กลไกการตานอนุมูลอิสระของสารจำพวกฟนอล
ที่มา : ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง 2559

สำหรับกลไกการตานอนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟนอล (ภาพประกอบ 2.13) เกิดจากการใหอิเล็กตรอนแกอนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟนอลโดยที่อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายจะมีสีมวง เมื่อสารจำพวกฟนอลใหอิเล็กตรอนแกอนุมูลอิสระ DPPH จะไดเปนสาร DPPH ที่ไมเปนอนุมูลอิสระตอไป ซึ่งจะเห็นเปนสีเหลืองนวล (ขั้นที่ 1) สวน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกัน ทำใหปฏิกิริยาลูกโซของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป (ขั้นที่ 2)

ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



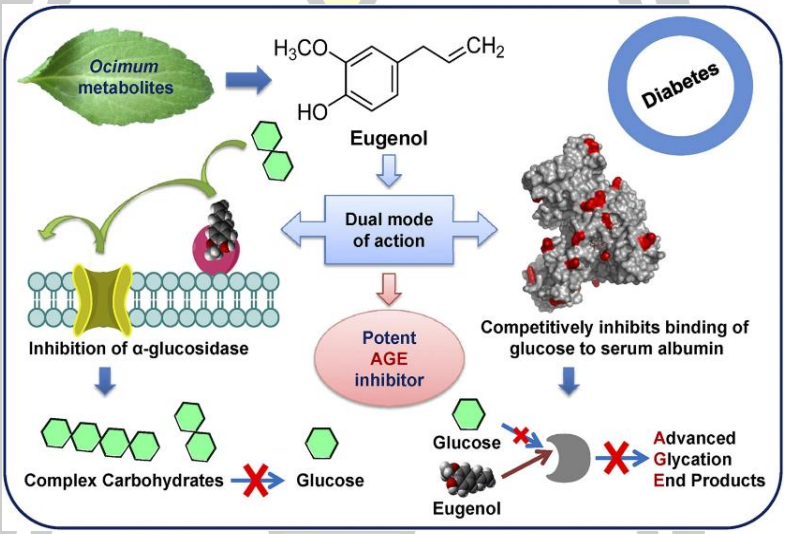
ภาพประกอบ 2.14 กลไกการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟีนอล
ที่มา : ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง 2559

2.5 ไกลเคชั่น

กระบวนการไกลเคชั่น เป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากการยึดติดทางเคมีของน้ำตาลรีดิวซ์ เช่นกลูโคสและฟลุกโตส การเกิดปฏิกิริยากันเป็นแบบไม่อาศัยเอนไซม์ระหว่างหมู่คาร์บอนของน้ำตาลรีดิวซิ่งกับหมู่อะมิโนของโปรตีน ซึ่งมักเกิดกับ หมู่อะมิโนของไลซีนและหมู่กวานิดีนของอาร์จินีน จึงเรียกปฏิกิริยาไกลเคชั่น ได้อีกชื่อหนึ่งว่าการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นจากแต่ละปฏิกิริยาสามารถเป็นสารเริ่มต้นของปฏิกิริยาถัดไปได้เรื่อยๆจนเกิดผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ advanced glycation end products (AGEs) ซึ่งถือว่าเป็นสารพิษที่เรียกว่าไกลโคท๊อกซิน (glycotoxins) ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทา งานของอวัยวะนั้นให้ทำงานน้อยลง จนเกิดโรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยเบาหวานและนำไปสู่การเสียชีวิตได้ ดังนั้น กระบวนการเกิดไกลเคชั่นจึงมีความสำคัญต่อโรคเบาหวาน หากสามารถป้องกันภาวะดังกล่าวในผู้ป่วยเบาหวานได้ก็จะสามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดโรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้เช่นกัน กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับน้ำตาลระหว่างเกิดปฏิกิริยา อนุมูลอิสระและโลหะหนักในร่างกาย เช่น ทองแดงหรือธาตุเหล็กสามารถเข้าร่วมทำปฏิกิริยาในขั้นตอนต่างๆและนำไปสู่การเกิด AGEs ในที่สุด นอกจากนี้ AGEs ที่เกิดขึ้นยังสามารถเพิ่มการสร้างอนุมูลอิสระภายในเซลล์และทำให้เกิด ภาวะที่มีการทำลายจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) ตามมาได้ ปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไกลเคชั่นในผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นอยู่กับระดับของน้ำตาลในเลือด ระยะเวลาของการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงและการเกิดอนุมูลอิสระในระหว่างการดำเนินกลไกของปฏิกิริยาไกลเคชั่นในขั้นตอนการเกิดสารประกอบแอมาดอริ (Amadori product) (ชมนาด สิงห์หันต์ และไมตรี สุทธจิตต 2017)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่พบในพืช มีความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาไกลเคชั่น โดยจะไปยับยั้งขั้นตอนการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสาร AGE ยกตัวอย่างเช่น สารยูจีนอลที่พบในพืชวงศ์ขิงมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาไกลเคชั่นได้ โดยสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ถึง 38 เปอร์เซ็นโดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α-glucosidase และทำให้ลดการ

เกิดปฏิกิริยาไกลเคชั่นได้ กลไกในการยับยั้งการเกิดไกลเคชั่นเกิดขึ้น 2 กลไล ได้แก่ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α-glucosidase ซึ่งจะยับยั้งการแปลงคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนเป็นน้ำตาลกลูโคสทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง และเมื่อน้ำตาลลดลงส่งผลทำให้ลดการก่อตัวของ AGE ได้ นอกจากนี้สารยูจีนอลยังสามารถยับยั้งการจับตัวของน้ำตาลในเซรั่มอัลบูมินโดยการจับกับกลุ่มเอมีนของไลซีนที่ตกค้างบนผิวผ่านกลุ่มปฏิกิริยา 4′-OH ซึ่งจะลดการเกิดปฏิกิริยาไกเคชั่นได้ด้วย (Singh et al. 2016) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.15



ภาพประกอบ 2.15 กลไกการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาไกเคชั่น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการรายงานขั้นต้น เรื่องการนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ สามารถกล่าวได้ว่าพืชวงศ์ขิงไทยเป็นพืชที่มีประโยชน์ โดยมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ในพืชหลายชนิด โดยมีการศึกษาสารออกฤทธิ์ในพืชวงศ์ขิงทั่วโลกรวมถึงความสามารถในการออกฤทธิ์ต่างๆ เช่น ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านมะเร็งเป็นต้น ซึ่งแสดงดังตาราง 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และตาราง 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง

ตาราง 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ชนิดของพืช	ชนิดของสารออกฤทธิ์	เอกสารอ้างอิง
ขิง	gingerols, shogaols, and paradols. quercetin, zingerone, gingerenone-A, and 6-dehydrogingerdione camphene sabinene α-curcumene zingiberene	Mao, Qian-Qian et al.2019 Ko et al. 2019. Yeh et al. 2014
อีทือ	(3S,5S)-3,5-diacetoxy-1,7-bis(3,4,5-trimethoxyphenyl)heptane (1),	Chareonkla et al. 2011
หมายี	Phenolic compounds	Chumroenphat et al. 2019
ขิงกระต่าย	Phenolic compounds	Chumroenphat et al. 2019
มหาหงส์	Phenolic compounds, Flavonoids	Metha et al. 2014 Chumroenphat et al. 2019
ขมิ้นชัน	Curcuminoid (containing curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin), Phenolic compounds, Flavonoids	Chumroenphat et al. 2019 Kocaadam, B., & Şanlier, N. 2017 Soleimani et al. 2017
กระเจียวแดง	Phenolic compounds, Flavonoids	Assumi, et al., 2017; Chumroenphat et al. 2019
กระเจียวขาว	Phenolic compounds, Flavonoids	Chumroenphat et al., 2019
ข่าคม	Phenolic compounds, Flavonoids, ,8-Dihydro-5,6-dehydrokawain, 5,6-Dehydrokawain, Aniba dimer A	De Araújo et al. 2005 Elzaawely et al. 2007 Chumroenphat et al. 2019
ข่าลิง	Phenolic compounds, Flavonoids, eugenol	Chumroenphat et al. 2019

ตาราง 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพ (ต่อ)

ชนิดของพืช	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	เอกสารอ้างอิง
ขิง	Antioxidant, Anti-Inflammatory Activity, Antimicrobial Activity, Cytotoxicity, anticanter	Mao, Qian-Qian, et al. 2019 Chumroenphat et al. 2019
อีทือ	Antioxidant, Anti-HIV-1 activities	Chareonkla et al. 2011
หมายี	Antioxidant,antiglycation	Chumroenphat et al. 2019
ขิงกระต่าย	Antioxidant, antiglycation	Chumroenphat et al. 2019
มหาหงส์	Antimicrobial, antioxidant	Ho, J. C. (2011). , Chumroenphat et al. 2019
ขมิ้นชัน	Anti-alzhemer, anti-viral, anti-baterial, anti-fungal, anti-inflamatory, anti-diabetic , anti-oxidant,anticancer	Kim et al. 2016 Chumroenphat et al. 2019
กระเจียวแดง	Anti-Proliferative Activity	Assumi,, et al. 2017; Chumroenphat et al. 2019
กระเจียวขาว	Antimicrobial, antioxidant	Cuong, et al. 2017; Chumroenphat et al. 2019
ข่าคม	Anti-inflammatory, Antiproliferative, antioxidant, Antinociceptive	De Araújo et al. 2005 Elzaawely et al. 2007 ; Chompoo et al.2011 Roman et al. 2017; Chumroenphat et al. 2019 Nishidono,et al. 2020; Ibrahim, et al. 2009
ข่าลิง	Antioxidant, antiglycation, Antimicrobial, Antifungal, Antinociceptive, anti-inflammatory	Sulaiman, et al. 2010 Aziz et al. 2013 Chumroenphat et al. 2019

สำหรับกระบวนการแปรรูปพืชวงศ์ขิงมีการศึกษาการแปรรูปที่หลากหลาย แต่ส่วนใหญ่จะศึกษาการแปรรูปในพืชวงศ์ขิงที่มีการใช้ประโยชน์และเป็นที่รู้จัก ได้แก่ ขิง และขมิ้น โดยการศึกษาจะเป็นการเปรียบเทียบการแปรรูปในรูปแบบการทำให้เป็นผงแห้ง โดยเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งต่าง ๆ ต่อผลปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงดังแสดงใน.

ตาราง 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง

ชนิดของพืช	กระบวนการแปรรูป	ผลของการแปรรูปต่อสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ	เอกสารอ้างอิง
ขิง	-การตาก (AD) -ไมโครเวฟ (MD) -ระบบสุญญากาศ (VD) -แบบเยือกแข็ง (FD)	ศึกษาผลของสารหอมระเหยในการทำแห้งขิงด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน พบว่ามีจำนวนองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยที่พบใน การทำแห้งด้วยวิธี AD ที่อุณหภูมิ 50 60 และ70 องศาเซลเซียส MD และ VD มีจำนวน 19, 28, 21, 20, 31 และ 20 ชนิด ตามลำดับ โดยพบว่าสารที่มีการเพิ่มขึ้นเมื่อทำแห้งได้แก่สาร benzene,1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-,1,3-cyclohexadiene,5-(1,5-dimethyl-4 -hexenyl)-2 -methyl-,[S-(R*,S*)]-,α-farnesene and cyclohexene,3 -(1 , 5 -dimethyl-4-hexenyl) -6-methylene-,[S-(R*,S*)]- ในขณะที่สาร 2,6-octadienal,3,7-dimethyl-,(Z) และ 2,6-octadienal,3,7-dimethyl- ลดลง และพบว่าการทำแห้งด้วยวิธี MD จะทำให้เกิดกลิ่นในขิงสูงที่สุดและตามด้วยวิธีการทำแห้ง AD ที่ 60 องศาเซลเซียส VD FD AD ที่ 60 องศาสเซลเซียส และ AD 70 AD ที่ 60 องศาสเซลเซียส ตามลำดับ	Ding et al 2012
ขิง	-การตากแดด -การอบแห้งอุโมงค์พลังงานแสงอาทิตย์ -การอบแห้งถาดใส่ตู้ที่อุณหภูมิ 50, 55, 60 และ 65 ℃	ศึกษาการทำแห้งขิงโดยเปรียบเทียบการหั่นตามความยาวที่ 5, 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 มม. และเหง้าทั้งหมด รวมถึงเปรียบเทียบการอบแห้งโดยวิธีต่าง ๆ พบว่าการอบแห้งเหง้าขิงทั้งหมดด้วยวิธีการตากแดดใช้เวลานานสูงสุด (9 วัน) ตามด้วยการอบแห้งอุโมงค์พลังงานแสงอาทิตย์ (8 วัน) การหั่นขิงตามขนาดต่างๆ จะทำให้ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและน้ำมันโอเลโอซินรลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งโดยเฉพาะเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น จากกการศึกษาการอบแห้งพบว่าการอบแห้งเหง้าขิงทั้งหมดด้วยการตากแดดหรือวิธีใช้เครื่องอบแห้งในอุโมงค์พลังลังงานแสงอาทิตย์จะคงมีน้ำมันหอมระเหยสูงสุด (13.9 mg / g) และปริมาณโอเลอรีซิน (45.2 mg / g)สูงสุด	Jayashree et al. 2014

ตาราง 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)

ชนิดของพืช	กระบวนการแปรรูป	ผลของการแปรรูปต่อสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ	เอกสารอ้างอิง
		ด้วย ส่วนวิธีการอบแห้งที่ 60 ° C ถือว่าเหมาะสมเพราะมีการสูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยสุดที่ 12.2 เปอร์เซ็นต์	
ขิง	- ตากแดด (AD) -การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (FD) -อินฟาเรด (IR) -ไมโครเวฟ (MD)	ผลการศึกษาพบว่า AD และ IR เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการรักษาคุณสมบัติของสารระเหย FD, IR และ IM&CD สามารถรักษาสารจิงเจอรอลได้สูงสุด รวมทั้ง total phenolic compound (TPC) total flavonoid compound (TFC) และ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม FD กับ IR มีการใช้ค่าใช้พลังงานในการทำแห้งสูงและใช้เวลานานและเวลาพิจารณาเกี่ยวกับการเก็บรักษาที่มีคุณภาพและการใช้พลังงานพบว่าวิธีการ IM ร่วมกับ CD เหมาะสมเนื่องมีประสิทธิภาพสูงสามารถเก็บยังคงรักษาสารสำคัญในตัวอย่างได้ดีรวมถึงค่าใช้จ่ายในการทำแห้งตัวอย่างต่ำ	An et al 2015
ขมิ้น	-การอบแห้งอุโมงค์แสงอาทิตย์ -การอบแห้งแบบเดิม -การอบแห้งเชิงพาณิชย์	ศึกษาการอบแห้งขมิ้นด้วยแสงแดดที่โดยใช้วิธีการ 3 วิธีคือ (1) การอบแห้งอุโมงค์แสงอาทิตย์ (2) การอบแห้งแบบเดิม และ (3) การอบแห้งเชิงพาณิชย์ ผลการศึกษาพบว่าแบบดั้งเดิมสามารถรักษาคุณภาพที่แท้จริงได้ถึงระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถบรรลุคุณภาพภายนอก วิธีการอบแห้งด้วยอุโมงค์พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการอบแห้งด้วยแสงแดดแบบดั้งเดิมเนื่องจากปริมาณ เคอร์คูมินของน้ำมันหอมระเหยและโอเลอรีซินอยู่ในระดับสูงใช้เวลาในการแห้งน้อยกว่า	Jose & Joy, 2009

ตาราง 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)

ชนิดของพืช	กระบวนการแปรรูป	ผลของการแปรรูปต่อสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ	เอกสารอ้างอิง
ขมิ้นชัน	ขมิ้นสด ขมิ้นแห้งตากแดด	เป็นการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยและ oleoresin ของเหง้าสดและแห้งของขมิ้น วิเคราะห์โดย GC-MS องค์ประกอบที่สำคัญ ในขมิ้นสดพบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ turmerone (21.4 เปอร์เซ็นต์), alpha-santalene (7.2 เปอร์เซ็นต์) ส่วนในเหง้าขมิ้นแห้งพบองค์ประกอบของ turmerone (21.4 เปอร์เซ็นต์), alpha-santalene (7.2 เปอร์เซ็นต์) and aromatic-curcumene (6.6 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ในส่วนของ oleoresins พบสารหลักในเหง้าสดได้แก่ alpha-turmerone (53.4 เปอร์เซ็นต์), beta-turmerone (18.1 เปอร์เซ็นต์) และ aromatic-turmerone (6.2 เปอร์เซ็นต์)ส่วนในเหง้าแห้งพบ aromatic-turmerone (9.6 เปอร์เซ็นต์), alpha-santalene (7.8 เปอร์เซ็นต์) alpha-turmerone (6.5 เปอร์เซ็นต์) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อผ่านการทำแห้งปริมาณสารสำคัญจะลดลงโดยจะพบปริมาณสารในเหง้าสดสูงกว่าเหง้าแห้งซึ่งจะสอดคล้องกับผลของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี lipid peroxidation assays และ DPPH พบในเหง้าสดสูงกว่าเหง้าแห้ง	Singh et al., 2014
ขมิ้น	ไมโครเวฟ-สุญญากาศ (microwave-vacuum dryer)	ศึกษาผลของพลังงานไมโครเวฟ (2,400–4,000 W) และเวลาในการอบแห้ง (10–30 นาที) ต่อคุณภาพของขมิ้นอบแห้งในแง่ของสี (L, a *, b *) ปริมาณความชื้นกิจกรรมทางน้ำ (aw)), เถ้า, สารต้านอนุมูลอิสระ (2,2-dipheneyl-1-picrylhydrazyl; DPPH), ปริมาณฟีนอลและ curcuminoids รวม โดยหาสภาวะที่เหมาะสมในการด้วยสถิติแบบพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือใช้พลังงานไมโครเวฟสุญญากาศสูง (3,500–4,000 W) และระยะเวลานาน (	Hirun et al., 2014

ตาราง 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปพืชวงศ์ขิง (ต่อ)

ชนิดของพืช	กระบวนการแปรรูป	ผลของการแปรรูปต่อสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ	เอกสารอ้างอิง
ข่าคม	-การทำแห้งด้วยอากาศ -การอบแห้งที่ 70 °C	การศึกษา การทำแห้ง ใบข่าคม (Alpinia zerumbet (Pers.) Burtt and Smith) รวมถึงศึกษาการสกัดที่แตกต่างกันสามวิธี (การต้มน้ำเดือด การนึ่งด้วยความร้อนและการสกัดด้วยเอทานอล) โดยเปรียบเทียบผลของสาร dihydro-5, 6-Dehydrokawain (DDK) และสารประกอบฟีนอลิก ผลการศึกษาพบว่าสกัดด้วยน้ำเดือดและอบแห้งที่ 70 ° C มีปริมาณ DDK และสารฟีนอลิกสูงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการสกัดและวิธีการอบแห้งจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการทำแห้งข่าคม	Elzaawely &Tawata, 2011

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในพืชวงศ์ขิงของไทย ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ วิตามินซี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การต้านไกลเคชั่น ฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย โดยทำการเปรียบเทียบสารสกัดที่สกัดได้จากส่วนเหง้าของพืชวงศ์ขิงไทย และเลือกพืชที่ศักยภาพ 1 ชนิดเพื่อศึกษาผลของการแปรรูปต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1 แผนการวิจัย
3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
3.3 วัตถุดิบ
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงการทดลองดังนี้

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย

1) ศึกษาเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds)
- ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid compounds)
- ชนิดของสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ gallic acid, protocatechuic acid, *p*-hydroxy benzoic acid, chorogenic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid, *p*-cormaric acid, ferulic acid และ sinapicnic acid
- ชนิดของสารประกอบฟลาโวนอยด์ ได้แก่ rutin, myricetin, luteolin, quercetin,apigenin และ kaempferol
- ปริมาณวิตามินซี
- ปริมาณจิงเจอรอล

- ปริมาณเคอร์คูมิน

2) ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่

- ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH FRAP)
- ฤทธิ์ต้านไกลเคชั่น
- ฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย

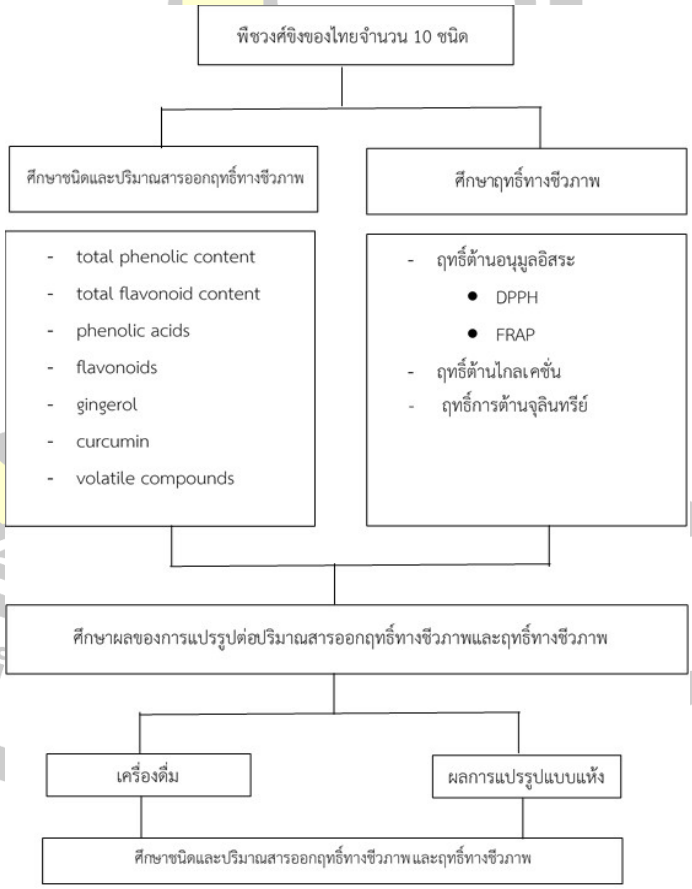
<u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาผลของการแปรรูป

เลือกพืชวงศ์ขิงไทยที่มีศักยภาพจากการทดลองที่ 1 จำนวน 1 ชนิด มาทำการแปรรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าได้แก่

- เครื่องดื่ม
- การแปรรูปด้วยการทำแห้ง

<u>กรอบแนวความคิดของวิทยานิพนธ์</u>

การศึกษาสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงไทย ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดของวิทยานิพนธ์โดยสรุปดังภาพประกอบ 3.16



ภาพประกอบ 3.16 กรอบแนวความคิดของวิทยานิพนธ์

3.2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

- บีกเกอร์
- ขวดรูปชมพู่
- ไมโครปิเปต
- ขวดปรับปริมาตร
- หลอดทดลอง
- ขวดใส่สารละลาย
- กระบอกตวง
- กรวยแก้ว
- ตู้ปลอดเชื้อ
- เครื่องชั่ง
- เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง
- เครื่อง Sonicate
- ตู้อบลมร้อน
- เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ
- เครื่อง Freeze dry
- เครื่อง Rotary evaporator
- เครื่อง Parallel evaporator
- เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer
- เครื่อง FD - Spectrophotometer
- เครื่อง HPLC ตัววัดสัญญาณชนิด photodiode array
- เครื่อง GCMS
- เครื่อง LCMS/MS
- กล้องจุลทรรศน์ (light microscope)
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope : SEM)
- เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ

สารเคมี

- Methanol (เกรด AR)
- Ethanol (เกรด AR)
- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

- 2,4,6-tripiridyl-s-triazine (TPTZ)
- Folin–Ciocalteu's reagent
- สารโซเดียมไนเตรท (NaNO2)
- สารอลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl3·6H20)
- โซเดียมคาร์บอเนต
- กรดอะซิตริก
- อะซีโตไนไตร (เกรด HPLC)
- กรดไฮโดรคลอลิค
- สารฟอรฟอริก
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟส
- 6-gingerol
- สารเคอร์คูมิน (cucumin)
- Ascorbic acid
- n-alkane (C7-C30)
- สารมาตรฐานกรดฟีโนลิก ได้แก่ gallic, ferulic, p-hydroxybenzoic, protocatechuic, p-coumaric, caffeic, syringic, sinapic, chlorogenic และ vanillic acids
- สารมาตรฐานฟลาโวนอยด์ ได้แก่ rutin, myricetin, luteolin, quercetin, apigein และ kaempferol กรดอะมิโน ได้แก่ lysine histidine arginine threonine valine methionine isoleucine leucine phenylalanine tryptophan

3.3 วัตถุดิบ

พืชวงศ์ขิงของไทยที่ใช้ในการทดลองเก็บได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน จำนวน 10 ชนิด จัดจำแนกชนิดของขิงไทยโดยนักอนุกรมวิธานที่เชี่ยวชาญเรื่องพืชวงศ์ขิง ล้างทำความสะอาด ใช้ส่วนเหง้าของพืชวงศ์ขิงของไทยหั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทำแห้งแบบเยือกแข็งด้วยเครื่อง Freeze dry และนำไปบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากัน เก็บที่ดูดความชื้นก่อนนำไปสกัด

ตาราง 3.9 พืชวงศ์ขิงไทยที่ทำการศึกษา

ลำดับ	ชื่อทั่วไป	ชื่อวิทยาศาสตร์	แหล่งที่มา
1	ขิงน้อย	*Zingiber officinale* Roscoe.	อ.กมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์
2	อีทือ	*Zingiber mekongense*	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์
3	หมายี	*Zingiber rubens*	อ.ภูพาน จ.สกลนคร
4	ขิงกระต่าย	*Zingiber junceim*	อ.กุดบาก จ.สกลนคร
5	มหาหงส์	*Hedychium coronarium*	อ.เมือง จ.มหาสารคาม
6	ขมิ้นเหลือง	*Curcuma longa*	อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม
7	กระเจียวแดง	*Curcuma angustifolia*	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์
8	กระเจียวขาว	*Curcuma singularis*	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์
9	ข่าคม	*Alpinia zerumbet*	อ.ภูพาน จ.สกลนคร
10	ข่าลิง	*Alpinia conchigera*	อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย

3.4.1.1 รวบรวมชนิดของพืชวงศ์ขิงของไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เก็บรวบรวมตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทย ในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 2560 โดยเก็บตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และที่ได้ทำการจัดจำแนกโดย รศ.ดร.สุรพล แสนสุข นักอนุกรมวิธาน ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชวงศ์ขิง สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม นำส่วนเหง้าของพืชวงศ์ขิงไทยล้างเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ ได้แก่ ดิน หิน และกรวด จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นก่อนทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งให้มีความชื้นต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ และนำไปเก็บไว้ที่ตู้เย็น 4 องศาเซลเซียสเพื่อทำการศึกษาเพื่อทำการศึกษาต่อไป

3.4.1.2 การสกัดตัวอย่าง

นำตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทยที่ผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ปริมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่และสกัดด้วย เมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน ขิง : เมทานอล ; 1 : 10) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำส่วนที่กรองได้ไปเพิ่มความเข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิอ่างให้ความร้อน 40 องศา

เซลเซียส จนสารมีปริมาณน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปรับปริมาตร เป็น 5 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) และนำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ ตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC จะต้องนำไปกรองด้วยกระดาษกรองรูพรุน 0.45 (An et al. 2015; Kubola et al. 2011)

3.4.1.3 ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

1) การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic compounds โดยวิธี Folin-Ciocalteus method (Kubola et al. 2011)

<u>การเตรียมสารมาตรฐาน gallic acid</u>

เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 4.69 9.38 18.75 37.50 75.00 และ 150.00 มิลกรัมต่อลิตร ปิเปตสารละลาย Gallic acid มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้นอย่างละ 300 ไมโครลิตร ผสมกับสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteus reagent 10 เปอร์เซ็นต์ (Folin-Ciocalteus reagent เจือจางกับด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2.25 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย sodium carbonate 6 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณ 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 90 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน gallic acid

<u>การวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

ปิเปตสารสกัดที่ได้จากข้อ 1.2 ปริมาณ 300 ไมโครลิตร ผสมกับสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteus reagent ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 2.25 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย sodium carbonate 6 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณ 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 90 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน gallic acid เพื่อหาความเข้มข้นของ total phenolic content ในพืชวงศ์ขิงไทยโดยรายงานในหน่วย mgGAE/g

2) การวิเคราะห์ปริมาณ Total flavonoid compounds (Kubola et al. 2011)

<u>การเตรียมสารมาตรฐาน rutin</u>

เตรียมสารละลายมาตรฐาน rutin ที่ความเข้มข้น 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00 และ 200.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปิเปตสารละลาย rutin มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้นละ 500 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร และเติมสารโซเดียมไนเตรท ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 150 ไมโครลิตร ตั้งไว้ 6 นาที แล้วเติมสารอลูมิเนียมคลอไรด์

($AlCl_3 \cdot 6H_20$) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันทำปฏิกิริยา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 M ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน rutin (ภาพประกอบ ก.34)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ปิเปตสารสกัดที่ได้จากข้อ 1.2 ตัวอย่างละ 500 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร และเติมสารโซเดียมไนเตรท ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 150 ไมโครลิตร ตั้งไว้ 6 นาที แล้วเติมสารอลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3 \cdot 6H_20$) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันทำปฏิกิริยา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน rutin เพื่อหาความเข้มข้นของ total flovonoid compound ในพืชวงศ์ขิงของไทยโดยรายงานในหน่วย mgRE/g

3) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC(Kubola and Siriamornpun. 2011)

การสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

ตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทยแห้ง 1 กรัม สกัดด้วยสารสกัด เมทานอล:กรดไฮโดรคลอลิค (1:50,v/v) ปริมาณ 20 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 แล้วทำการเพิ่มความเข้มข้นโดยแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตรน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย เมทานอล: น้ำ (50:50, v/v) ให้มีปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำมากรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (รุ่น 20Series ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น)

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC

สภาวะในการวิเคราะห์กรดฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC มีดังนี้ใช้คอลัมน์ชนิด C18 ขนาด 4.6 x 150 mm, 5 μm เฟสเคลื่อนที่ ประกอบด้วยเฟสเคลื่อนที่ A คือ น้ำประกอบด้วยกรดอะซิตริก 1 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B อะซีโตไนไตร โดยระบบ gradient ดังนี้นาทีที่ 0-40 เฟสเคลื่อนที่ A 30 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 70เปอร์เซ็นต์ นาทีที่ 40-

45 เฟสเคลื่อนที่ A 20 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 80 เปอร์เซ็นต์ นาทีที่ 45-55 เฟสเคลื่อนที่ A 15 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 85 เปอร์เซ็นต์ นาทีที่ 55-57 เฟสเคลื่อนที่ A 10 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิคอลัมน์ 20 องศาเซลเซียส ปริมาตรในการฉีด 20 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยดีเทคเตอร์ ชนิด photo diode array detector ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตรและ 320 นาโนเมตรสำหรับสารประกอบฟีนอลิก ความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร สำหรับสารประกอบฟลาโวนอยด์จำแนกชนิดขององค์ประกอบของสารเทียบกับสารมาตรฐานของสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยคำนวณปริมาณของกรดฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์จากสมการในตาราง ก.22 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC และตาราง ก.23 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC

4) หาปริมาณวิตามินซีในพืชวงศ์ขิงของไทยอ้างอิงตามวิธีของ Kubola et al. 2011

<u>การสกัด</u>

ตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทยแบบแห้ง 1 กรัม เติมสารละลายกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Shaker incubator ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำสารสกัดที่ผ่านการกรองเก็บไว้ที่ตู้แช่ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

<u>การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี</u>

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีด้วยเครื่อง HPLC (รุ่น 20Series ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) ด้วยสภาวะดังต่อไปนี้ คอลัมน์ชนิด C18 (4.6 มม. X 250 มม.5 µm) ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่ชนิดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟสความเข้มข้น 0.1 M และเมทานอล อัตราส่วน 97: 3 อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดสัญญาณด้วยดีเทคเตอร์ชนิดโฟโตไดโอดแอเรย์ (photodiode array) ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร วิเคราะห์ชนิดและปริมาณวิตามินซีโดยเทียบค่า retention time กับสารมาตรฐานกรดแอดคอบิคแอซิด คำนวณปริมาณจากสมการของกราฟมาตรฐานดังภาพประกอบ ก.35

5) วิเคราะห์สาร 6-gingerol ด้วยเครื่อง HPLC ดัดแปลงวิธี An et al. 2015

<u>การสกัด</u>

ตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทยแห้ง 1 กรัม ผสมกับ เมทานอล: กรดไฮโดรคลอลิค (1:50,v/v) ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 แล้วทำการเพิ่มความเข้มข้นโดยแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตรน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย เมทานอล: น้ำ (50:50, v/v) ให้มีปริมาตร 5

มิลลิลิตร นำมากรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณสาร 6-gingerol ด้วยเครื่อง HPLC (รุ่น 20Series ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น)

การวิเคราะห์สาร 6-gingerol ด้วยเครื่อง HPLC

สภาวะในการวิเคราะห์ปริมาณสาร 6-gingerol ดังนี้ คอลัมน์เป็นชนิด C18 (4.6mm x 250 mmx i.d., 5 µm) เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย เฟสเคลื่อนที่ A คือ น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) เฟสเคลื่อนที่ B คือ อะซีโตไนไตร ระบบ gradient ดังนี้ นาทีที่ 0-5 เฟสเคลื่อนที่ A 80 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 20 เปอร์เซ็นต์ นาทีที่ 5-45 เฟสเคลื่อนที่ A 10 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B 90 เปอร์เซ็นต์ นาทีที่ 45-55 เฟสเคลื่อนที่ B 100 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส ปริมาตรในการฉีด 20 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยดีเทคเตอร์ชนิด photo diode array detector ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร จำแนกชนิดขององค์ประกอบของสารเทียบกับ สารมาตรฐาน 6-gingerol

6) วิเคราะห์สารเคอร์คูมิน (cucumin) ด้วยเครื่อง HPLC ดัดแปลงวิธี An et al. 2015

การสกัดสารเคอร์คูมิน

ตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไทยแห้ง 5 กรัม ผสมกับเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 แล้วทำการเพิ่มความเข้มข้นโดยแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตรน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย เมทานอล: น้ำ (50:50, v/v) ให้มีปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำมากรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปฉีดด้วย ด้วยเครื่อง HPLC ปริมาตร 20ไมโครลิตร

การวิเคราะห์สาร เคอร์คูมิน ด้วยเครื่อง HPLC

สภาวะในการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมิน ดังนี้ คอลัมน์เป็นชนิด C18 (4.6mm x 250 mmx i.d., 5 µm) ใช้ เฟสเคลื่อนที่ A คือ น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) 90 เปอร์เซ็นต์ เฟสเคลื่อนที่ B อะซีโตไนไตร 10เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรในการฉีด 20 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยดีเทคเตอร์ ชนิด photo diode array detector ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร จำแนกชนิดขององค์ประกอบของสารเทียบกับสารมาตรฐานเคอร์คูมิน

3.4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ฤทธิ์ต้านไกลเคชั่น (antiglycation activity) และฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial activity)

3.4.2.1 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ

1) การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเสถียร DPPH โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay (Wanyo et al. 2014)

เป็นวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้น โดยดูถึงความสามารถในการจับ 2,2 diphemyl-1-picrylhydrazyl radical ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร ถ้าสารสกัดสามารถจับกับ DPPH radical ได้สีของสารละลาย DPPH จะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเป็นสีเหลือง ซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น)

1. เตรียม 2,2 diphemyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล โดยละลายสาร DPPH ในเมทานอล เก็บไว้ในขวดสีชา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมงก่อนทำการวิเคราะห์

2. ทดสอบตัวอย่างสารสกัดโดยดูดสารสกัดอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง จากนั้นปิเปตสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดทดลองที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 3 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากัน แล้วทำการเขย่าทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank ทำ 3 ซ้ำการทดลอง

3. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ในแต่ละความเข้มข้น และคำนวณและรายงานผลโดยเทียบกับสารมาตรฐานของ Trolox จากกราฟมาตรฐานของ Trolox ตามภาพประกอบ ก.37 โดยรายงานในหน่วย mg Trolox/g

2) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing/ antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงจากวิธีของ (Wanyo et al. 2014)

เป็นวิธีการวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลักการว่าสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่โดยการให้อิเล็คตรอนจึงจัดเป็นสารรีดิวซ์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระเป็นความสามารถร่วมในการรีดิวซ์ วิธีนี้ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+} -TPTZ (ferric tripyridy triazine) เป็นสารทดสอบ อะตอมนี้จะถูกรีดิวซ์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe^{2+}-TPTZ ซึ่งมีสีน้ำเงินดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (โอภา, 2549) โดยนำสารละลาย FRAP reagent ซึ่งเตรียมได้จากการนำ acetate buffer ความเข้มข้น 300 มิลลิโมล (pH 3.6) จำนวน 100 มิลลิลิตร สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมล จำนวน 10 มิลลิลิตร สารละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล ในอัตราส่วน 10:1:1 และ เติมน้ำกลั่น 12 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์เริ่มจากการนำสารละลาย FRAP reagent จำนวน 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่น จำนวน 180 ไมโครลิตร และสารสกัดจำนวน 60 ไมโครลิตร หรือ สารละลายมาตรฐาน ใส่ใน

หลอดทดลองนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง เป็น blank แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ เพื่อหาความสามารถในการออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การทำกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ นำสารละลาย FRAP reagent จำนวน 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่น จำนวน 180 ไมโครลิตร ปิเปตสารละลาย $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ในแต่ละความเข้มข้น (0.06 0.13 0.25 0.50 และ 1.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) อย่างละ 60 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (รุ่น UV1700 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (ภาพประกอบ ก.38)

3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านไกลเคชั่น (Kaewseejan and Siriamornpun, 2015)

<u>การสกัดตัวอย่าง</u>

นำพืชวงศ์ขิงไทยที่ผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ปริมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่และสกัดด้วย เมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน ขิง : เมทานอล; 1 : 10) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่า 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 เก็บไว้ในตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

<u>การวิเคราะห์</u>

1.ผสมสารละลาย Bovine serum albumin ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรกับ D-fructose ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ sodium azide ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ phosphate buffered-saline (pH = 7.4) ได้สารละลายที่เรียกว่า BSA/fructose

2.นำสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตรผสมกับสารละลาย BSA/fructose ที่เตรียมจากข้อ 1) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในที่มืด เป็นเวลา 5 วัน

3.นำไปวัดความเข้มของแสงฟลูออเรสเซนต์ ด้วยเครื่อง fluorescent spectrometer (รุ่น LS50B ยี่ห้อPerkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ความยาวคลื่นกระตุ้น (excitation wavelength) 330 นาโนเมตร และความยาวคลื่นแผ่กระจาย (emission wavelength) 410 นาโนเมตรคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจาก

ประสิทธิภาพการยับยั้ง(เปอร์เซ็นต์) = $[1-(FI_{sample} - FI_{sampleblank})/(FI_{control} - FI_{controlblank})] \times 100$

FI_{sample} = ค่าความเข้มแสงของตัวอย่าง

$FI_{sampleblank}$ = ค่าความเข้มแสงของblankตัวอย่าง

$FI_{control}$ = ค่าความเข้มแสงของตัวควบคุม

$FI_{controlblank}$ = ค่าความเข้มแสงของ blank ตัวควบคุม

4) ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial activity)

1. การเตรียมสารสกัด (Chen et al. 2008)

พืชวงศ์ขิงไทยที่ผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ปริมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่และสกัดด้วยเมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน ขิง : เมทานอล ; 1 : 10) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่า 150 รอบ ต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำไปแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จนเมทานอลแยกออกหมด จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ละลายสารสกัดหยาบให้มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรด้วยสารละลาย DMSO เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย

2. Disc-diffusion method (Kamazeri et al. 2012)

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus. aureus* *Bacillus aureus* และ*Bacillus subtilis* แบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Salmonella typhimurium* *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* เจือจางแบคทีเรียให้มีความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 10^8 CFU/mL และ ใช้ปริมาณ 100 ไมโครลิตร swab ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดอาหารแข็ง Mueller Hinton Agar (MHA) ด้วยสำลีที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว หยดสารสกัดปริมาณ 15 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นดิสก์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วก่อนนำไปวางบนอาหารแข็งที่มีเชื้อจุลินทรีย์แล้วนำไปบ่ม ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เกิดการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (zone of inhibition (ZOI)) โดยมีกลุ่มควบคุมแบบบวก (positive control) ได้แก่ Tetracycline (30 µg/mL) และ nystatin (100 µg /mL) กลุ่มควบคุมแบบลบ (negative control) ใช้ DMSO ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์หยดลงบนแผ่นดิส (15 ไมโครลิตร)

3.4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ ต่อชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ ของพืชวงศ์ขิงของไทย

3.4.3.1 ทำการแปรรูป เลือกไทยที่มีศักยภาพ 1 ชนิดจากการทดลองที่ 1 และ 2 นำมาแปรรูปด้วย 2 กระบวนการ คือ

1) เครื่องดื่มจากพืชวงศ์ขิงไทย

ทำการหมักไวน์ (wine) ดัดแปลงวิธีการจาก Panprom et al. 2014 โดย นำขมิ้นที่ผ่านการอบแห้ง 20 กรัม เติมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลและปรับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นเป็น 16 ºBrix pH 4.5 หลังจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งแรงดันไอ (121 องศาเซลเซียส 15 นาที) ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนเติมเชื้อยีสต์ โดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 5013 TISTR (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand) เริ่มต้น 1×10^8 cell/ml ที่ หมักเป็นเวลา 7 วันที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างวันละ 1 ครั้งเพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ

2) ศึกษาผลของการทำแห้งที่เหมาะสม

นำขมิ้นชัน (เก็บเกี่ยวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 2561) เก็บมาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และที่ได้ทำการจัดจำแนกโดย รศ.ดร.สุรพล แสนสุข นักอนุกรมวิธาน ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชวงศ์ขิง สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และเก็บตัวอย่างไว้ในหอสมุนไพร หมายเลขตัวอย่าง คือ CT021 ทำการล้างขมิ้นชันเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ ได้แก่ ดิน หิน และกรวด จากนั้นนำขมิ้นชันมาหั่นเป็นชิ้นก่อนอบแห้งด้วยวิธีการทำแห้งที่ได้กล่าวเบื้องต้น ส่วนขมิ้นชันสดจะถูกเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างแห้งต่อไป

2.1 วิธีการทำแห้งตัวอย่าง

นำขมิ้นชันที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นปริมาณ 100 กรัม ไปทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ และทำการศึกษาผลของการแปรรูปเทียบกับขมิ้นชันที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป ขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีการแต่ละวิธี ให้มีปริมาณความชื้นลดลงเหลือน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ที่ตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

2.1.1 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying: FD) นำขมิ้นชันสดที่ผ่านการหั่นเป็นชิ้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนไปทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง ด้วยเครื่อง Freeze dryer (รุ่น 100-9 Pro, LaboGene ApS, เดนมาร์ก) ภายใต้ระบบความดันสุญญากาศจนความชื้นลดลงน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปเก็บไว้ที่ตู้แช่ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2.2 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven drying: HD) นำขมิ้นชันสดที่ผ่านการหั่นเป็นชิ้นไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น FED 115, WTB Binder, ประเทศเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 24 ชั่วโมง จนความชื้นลดลงน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปเก็บไว้ที่ตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2.3 การทำแห้งด้วยวิธีการตากแดด (Sun drying: SD) นำขมิ้นชันสดที่ผ่านการหั่นเป็นชิ้นไปทำแห้งไปตากแดด (เดือนมีนาคม 2561) อุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จนความชื้นลดลงน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปเก็บไว้ที่ตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

หลังจากนั้นนำขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งทั้งหมด ไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง จนได้ผงละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40-mesh ตัวอย่างที่ได้ เก็บใส่ถุงซิปป้องกันความชื้นแล้วนำไปเก็บไว้ที่ตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

3.4.3.2 ศึกษาสารผลของการแปรรูปขิงต่อชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

1) การวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์ ด้วยเครื่อง Liquid chromatography–mass spectrometry (LC/MS/MS)

<u>การวิเคราะห์</u>

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่เป็นองค์ประกอบหลักทางเคมีของขมิ้น ประกอบด้วยสาร curcumin demethoxycurcumin และ bisdemethoxycurcumin ดัดแปลงวิธีของ (Hawaz et al. 2016)

<u>การสกัด</u>

นำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ ปริมาณ 200 มิลลิกรัมเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่อง ultrasonic prob (รุ่น Sonics VCX-750 ยี่ห้อ Vibra cell® ประเทศอังกฤษ) ที่สภาวะ แอมพลิจูด 50เปอร์เซ็นต์ รอบการเปิด 50 วินาที รอบปิด 50 วินาทีหลังจากการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (รุ่น2-16KL ยี่ห้อ Sigma ประเทศเยอรมนี) ที่ความเร็วที่ 19,000 × g เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แยกส่วนใสเพื่อรอการวิเคราะห์ และนำส่วนตะกอนไปสกัดซ้ำอีก 2 รอบ นำส่วนใสรวมกัน แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (รุ่น R114 ยี่ห้อ Buchi ประเทศสวิตเซอร์แลน) ที่อุณหภูมิอ่างให้ความร้อน 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างแห้งและละลายกลับด้วยเมทานอลปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองด้วยเมมเบรนชนิด ไนล่อนขนาด 0.22 ไมโครเมตรก่อนการวิเคราะห์ LC/MS/MS (รุ่น LCMS8030 Triple Quadrupole Mass Spectrometer ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น)

<u>การวิเคราะห์ของเคอร์คูมินอยด์</u>

สภาวะในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC/MS/MS ดังนี้ ใช้โหมด electrospray ionization (ESI) คอลัมน์ชนิด C18 (รุ่น InertSustain® ยี่ห้อ GL Science ประเทศญี่ปุ่น ขนาด 2.1 × 150 mm, 3 µm) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ (เฟส A) สารละลายกรดฟอรมิกในน้ำปราศจากไอออน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) (เฟส B) อะซิโตรไนไตร์ อัตราการไหล 0.2 มิลลิลิตรต่อนาที ด้วยระบบแบบ Gradient elution ดังนี้ 0–3 นาที เฟส B จาก 90 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ 3–5

นาที เฟส B จาก 50 เปอร์เซ็นต์ เป็น 20 เปอร์เซ็นต์ 5–8 นาที เฟส B จาก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น 90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิคอลัมน์ 37 องศาเซลเซียส สภาวะของ Mass spectrometer ดังนี้ ionization source ที่ใช้เป็นชนิด Electrospray ionization (ESI) มีการตั้งค่า ion source โดยใช้อุณหภูมิแก๊ส 400 องศาเซลเซียส Gas flow capillary voltage ที่ 4.5 kV cone voltage ที่ 1.72kV ปริมาณที่ฉีด 2 ไมโครลิตร โดยสภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) แสดงดังตาราง ก.24 สภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) สำหรับเคอร์คูมินอยด์ด้วยเครื่อง LC/MS/MS

2) การวิเคราะห์สารกรดอะมิโน ด้วยเครื่อง Liquid chromatography–mass spectrometry (LC/MS/MS)

<u>การวิเคราะห์</u>

วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างประกอบด้วยสาร Lysine Histidine Arginine Threonine Valine Methionine Isoleucine Leucine Phenylalanine และ Tryptophan ดัดแปลงวิธีของ (Nimbalkar et al. 2012)

<u>การสกัด</u>

นำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ ปริมาณ 1 กรัมเติมสารสกัดกรดฟอร์มิก ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ต่อ เมทานอล สัดส่วน 20 ต่อ 80 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex หลังจากการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (รุ่น2-16KL ยี่ห้อ Sigma ประเทศเยอรมนี) ที่ความเร็วที่ 19,000 × g เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แยกส่วนใสเพื่อรอการวิเคราะห์ และนำส่วนตะกอนไปสกัดซ้ำอีก 2 รอบ นำส่วนใสรวมกัน แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (รุ่น R114 ยี่ห้อ Buchi ประเทศสวิตเซอร์แลน) ที่อุณหภูมิอ่างให้ความร้อน 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างแห้งและละลายกลับด้วย เมทานอลปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองด้วยเมมเบรนชนิดไนล่อนขนาด 0.22 ไมโครเมตรก่อนการวิเคราะห์ LC/MS/MS

<u>การวิเคราะห์กรดอะมิโน</u>

โดยเครื่อง LC/MS/MS (รุ่น LCMS8030 Triple Quadrupole Mass Spectrometer ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) สภาวะในการวิเคราะห์ ดังนี้ คอลัมน์ชนิด C18(รุ่น InertSustain® ยี่ห้อ GL Science ประเทศญี่ปุ่น ขนาด 2.1 × 150 mm, 3 µm) ชนิดของเฟสเคลื่อนที่ (เฟส A) สารละลายกรดฟอร์มิกในน้ำปราศจากไอออน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) (เฟส B) อะซิโตรไนไตร์ อัตราการไหล 0.2 มิลลิลิตรต่อนาที ด้วยระบบแบบ Gradient elution ดังนี้ (เฟส A) กรดฟอร์มิก ความเข้มข้น0.1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน และ (B) กรดฟอร์มิกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์(v/v) ละลายด้วย เมทานอล : น้ำปราศจากไอออน อัตราส่วน (50:50) โดยเริ่มจาก 0–1.0 นาทีเป็น เฟส B 2เปอร์เซ็นต์ (v/v) 1–10 นาที เฟส B จาก 2 เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ (v/v) 10–12 นาที

เฟส B คงที่ 80 เปอร์เซ็นต์ (v/v) 12–13 นาที เฟส B จาก 80 เป็น 2 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และ 12–15 นาที เฟส B คงที่ 2เปอร์เซ็นต์ (v/v) อุณหภูมิคอลัมน์ 38 องศาเซลเซียส สภาวะของ Mass spectrometer ดังนี้ ionization source ที่ใช้เป็นชนิด Electrospray ionization (ESI) มีการตั้งค่า ion source โดยใช้อุณหภูมิแก๊ส 400 องศาเซลเซียส Gas flow capillary voltage ที่ 4.5 kV cone voltage ที่ 1.72kV ปริมาณที่ ฉีด 2 ไมโครลิตร ผลลัพธ์ที่ได้จะรายงานในหน่วยไมโครกรัมต่อ 1.0 กรัมตัวอย่างน้ำนักแห้งในหน่วย (µg / g db ± SD (n = 3)) โดยสภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) แสดงดังตาราง ก.24 สภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) สำหรับกรดอะมิโนด้วยเครื่อง LC/MS/MS

3) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared (FTIR) Spectroscopy

นำตัวอย่างพืชที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการต่างๆ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างตามลักษณะของหมู่ฟังก์ชั่น โดยใช้เครื่อง FTIR (Frontier, Perkin Elmer) ส่วนตัววัดใช้ชนิด UATR ซึ่งประกอบด้วย Diamond/ KRS-5 crystal composite (1 bounce) โดยตั้งค่าแสกนของสเปกตรัมการสแกน 32 ครั้งต่อการวัด ความละเอียดสเปกตรัม 4 cm^{-1} แสกนสเปกตรัมที่ 4,000–400 cm^{-1} ใช้แรงกดที่ 110 หน่วย

4) การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้านโครงสร้างของพืช

สำหรับตัวอย่างพืชสดทำการหั่นแบบบางด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชเพื่อทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพพืชผ่านกล้องจุลทรรศน์ light microscope (Carl Zeiss Inc., Toronto, Canada) และศึกษาลักษณะโครงสร้างของพืชที่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำแห้งตัวอย่างด้วยวิธีการต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) (Hitachi, TM-4000plus) โดยตัวอย่างจะผ่านการห่อหุ้มด้วยวัสดุนำไปไฟฟ้าชนิดทองคำก่อนทำการศึกษา

3.4.3.3) ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ

1) การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเสถียร DPPH ตามวิธีข้อ 2.1.1

2) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing/ antioxidant power (FRAP) ตามวิธี 2.1.2

3) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\cdot+}$ radical cation assay assay ($ABTS^{\cdot+}$) อ้างอิงวิธีการวิเคราะห์ (Jorjong et al. 2015)

<u>การเตรียมสารมาตรฐาน trolox</u>

เตรียมสารละลายมาตรฐาน trolox ที่ความเข้มข้น 1.00 2.00 4.00 8.00 และ 16.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS เช่นเดียวกันกับตัวอย่างสารสกัด

การเตรียมสารละลาย ABTS

เตรียมสาร ABTS ความเข้มข้น 7.4 มิลลิโมลาร์ (ชั่งสาร ABTS 0.0203 กรัมละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เป็น 5 มิลลิลิตร) เตรียมสารละลาย potassium persulphate ความเข้มข้น 2.6 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร potassium persulphate 0.0035 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั้น เป็น 5 มิลลิลิตร นำสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7.4 มิลลิโมลาร์ ผสมกับสารละลาย potassium persulphate ความเข้มข้น 2.6 มิลลิโมลาร์ อัตราส่วน 1:1 ตั้งไว้อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้งาน

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ปิเปตสารสกัดและสารละลายมาตรฐาน trolox ปริมาณ 10 ไมโครลิตร ลงใน microplate เติมสารละลายของ ABTS ที่ผ่านการบ่มแล้ว 12 ชั่วโมง 190 ไมโครลิตร (blank ใช้เมทานอลแทนตัวอย่าง) ผสมให้เข้ากันตั้งไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 120 นาทีในความมืดแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader (รุ่น UVM 340 ยี่ห้อ ASYS ประเทศออสเตรเลีย) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน trolox (ภาพประกอบ ก.36 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS) เพื่อหาฤทธิ์ในการการต้านอนุมูลอิสระและรายงานในหน่วย mgTrolox equivalent antioxidative capability ต่อ 100.0 กรัม dry basis (mg Trolox/ 100g db)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

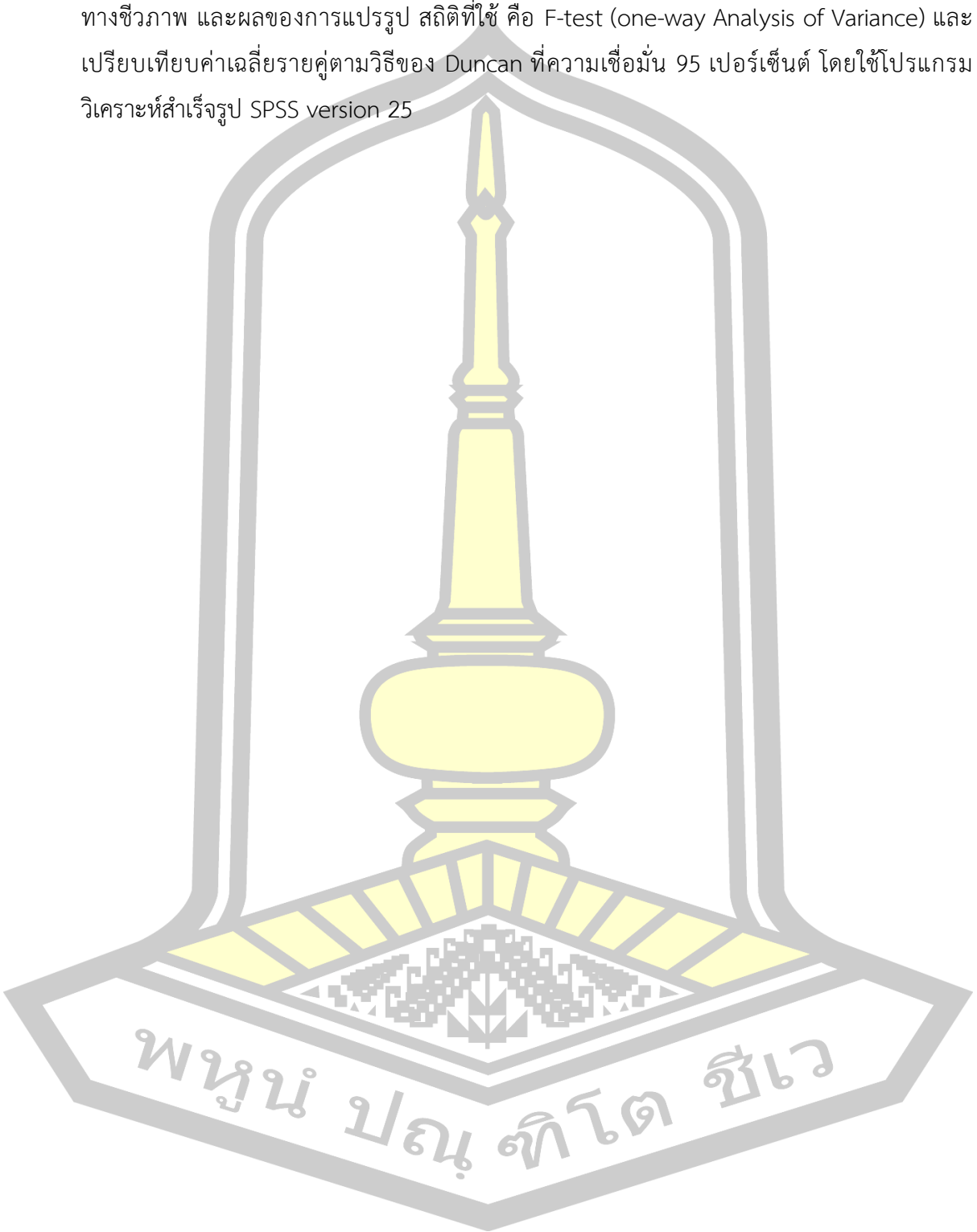
3.5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ในรูปแบบตารางและกราฟ

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- ค่าเฉลี่ย
- ร้อยละ
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ และผลของการแปรรูป สถิติที่ใช้ คือ F-test (one-way Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ตามวิธีของ Duncan ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS version 25



บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองผู้วิจัยได้วิเคราะห์สารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงไทยโดยได้นำเสนอรายงานผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงไทย

4.1.1 ผลการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดพบในพืชวงศ์ขิงไทยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยขมิ้นชันมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ พบปริมาณ 202.77 mg GAE/g DW ตามด้วย ข่าคม (97.40 mg GEA/g DW) และ ข่าลิง (81.47 mg GEA/g DW) ตามลำดับ ส่วนขิงกระต่ายจะพบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 3.22 mg GEA/g DW (ดังแสดงในตาราง 4.10) ซึ่งพบว่าปริมาณสารฟีอนอลิกทั้งหมดในขมิ้นชันสูงกว่าในขิงกระต่ายถึง 67 เท่า นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการรายงานของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในขมิ้นในประเทศไทยพบว่ามีปริมาณ 188.20 mg GAE/g ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่ศึกษาในพืชวงศ์ขิงของต่างประเทศพบว่ามีการรายงานปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในพืชวงศ์ขิงในประเทศอินเดีย (10 ชนิด) พบว่ามีปริมาณสูง (10 -35 mg GAE/g DW) โดยพบในขมิ้นมีปริมาณสูงสุด คือ 35.15 mg GAE/g DW (Jamir และ Kottapalli 2017) และจาก การศึกษาของปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในพืชวงศ์ขิงของประเทศมาเลเซีย (10 ชนิด) ซึ่งพบว่าขมิ้นมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเช่นกัน คือ 40.00 mg GAE/g DW ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าขมิ้นที่ทำการศึกษาในตัวอย่างขมิ้นของพืชวงศ์ขิงไทยถึง 5 เท่า (Ghasemzadeh et al., 2010)

ผลการศึกษาปริมานสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นกัน โดยพบปริมาณสูงสุดในขมิ้นชัน ตามด้วย ข่าลิง และ ขิงน้อย โดยมีปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 6.60 1.65 และ 1.61 mg RE/g DW ตามลำดับ (ดังแสดงในตาราง 4.10) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในขมิ้นชันสูงสุดนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลกับการรายงานการศึกษาปริมาณ ฟลาโวนอยด์ในพืชวงศ์ขิงประเทศมาเลเซีย 10 ชนิดพบปริมาณ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดในขมิ้น (Ghasemzadeh et al. 2010)

ตาราง 4.10 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในพืชวงศ์ขิง

ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(mg GAE/gDW)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(mg RE/gDW)
ขิงน้อย	75.30±0.67^{d}	1.61±0.01^{c}
อีทือ	38.83±0.08^{e}	1.40±0.01^{d}
หมาหยี	11.60±0.58^{h}	0.54±0.01^{i}
ขิงกระต่าย	3.22±0.29^{i}	0.43±0.01^{j}
มหาหงส์	24.87±0.44^{g}	1.32±0.01^{e}
ขมิ้นชัน	202.77±0.84^{a}	6.60±0.01^{a}
กระเจียวแดง	26.38±0.20^{f}	0.97±0.01^{f}
กระเจียวขาว	28.81±1.39^{f}	0.82±0.01^{g}
ข่าคม	97.40±1.07^{b}	0.73±0.01^{h}
ข่าลิง	81.47±1.26^{c}	1.65±0.01^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

เมื่อทำการศึกษาชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC พบปริมาณกรดฟีนอลิกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.05) พบว่าปริมาณฟีลอลิกรวมสูงสุดในข่าคมมีปริมาณ 419.50 µg/g DW โดยมีปริมาณสาร p-hydroxybenzoic acid (165.36 µg/gDW) caffeic acid (63.06 µg/g DW) และ chorogenic acid (54.04 µg/g DW) ตามลำดับ และพบว่า ในขมิ้นชัน และข่าลิงมีปริมาณฟีนอลิกรวมเป็นลำดับต่อมาโดยมีปริมาณ 278.59 และ 223.72 µg/g DW ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.11 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Elzaawely และคณะ 2007 ได้ทำการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกในข่าคม พบว่ามีปริมาณสาร p-hydroxybenzoic acid โดยทำการศึกษาในดอกและเมล็ดโดยพบปริมาณ 28.01 และ 23.10 µg/g DW ตามลำดับ ซึ่งสาร p-hydroxybenzoic acid เป็น เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม hydroxybenzoic acid ใช้ประโยชน์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายอย่างแต่โดยทั่วไปเชื่อว่าจะมีผลยับยั้งเนื้อเยื่อขนส่งสารและยับยั้งการทำงานของไมโทคอนเดรีย ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ใช้เติมในเครื่องสำอาง ยา ใช้ในการต้านเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สินค้าอบแห้ง เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ น้ำสลัด ไซรับ และน้ำมันมะกอก เป็นต้น (ศุภชัย สมัปปิโต 2554)

ตาราง 4.11 ชนิดและปริมาณสารฟีนอลิกที่พบในพืชวงศ์ขิงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

	กรดฟีนอลิก (µg/gDW)									
	ขิงน้อย	**อีทือ**	**หมาหยี**	**ขิงกระต่าย**	**มหาหงส์**	**ขมิ้นชัน**	**กระเจียวแดง**	**กระเจียวขาว**	**ข่าคม**	**ข่าลิง**
GA	22.15±0.71^{a}	19.13±0.42^{b}	6.93±0.09^{f}	10.51±0.06^{c}	11.78±0.05^{c}	9.07±0.04^{d}	5.80±0.02^{g}	7.22±0.03^{e}	6.84±0.07^{f}	11.29±0.04^{c}
PCCA	11.01±0.18^{e}	11.00±0.10^{e}	16.19±0.25^{c}	30.55±0.10^{a}	10.01±0.39^{f}	7.72±0.07^{g}	5.54±0.03^{h}	5.35±0.01^{h}	15.34±0.14^{d}	19.38±0.25^{b}
p-OH	5.28±0.13^{d}	nd	1.56±0.01^{e}	7.25±0.32^{c}	nd	7.03±0.08^{c}	nd	nd	165.36±0.39^{a}	30.59±0.28^{b}
VA	7.92±0.11c	nd	6.03±0.09^{d}	6.75±0.03^{c}	4.87±0.06^{f}	10.17±0.40^{b}	5.22±0.01^{e}	4.93±0.02^{f}	11.48±0.29^{a}	10.24±0.20^{b}
Ch A	6.47±0.07^{b}	nd	4.06±0.02^{f}	nd	4.73±0.01^{d}	4.41±0.02^{e}	nd	nd	54.04±0.04^{a}	5.22±0.08^{c}
CFA	54.86±0.09^{e}	58.74±0.04^{c}	nd	52.84±0.54^{h}	51.98±0.08^{h}	57.05±0.33^{d}	52.83±0.24	53.77±0.02	63.06±0.33^{b}	77.42±0.06^{a}
SyA	5.09±0.02^{c}	4.99±0.12^{c}	5.03±0.07^{c}	5.25±0.12^{b}	nd	5.07±0.12^{c}	nd	nd	5.74±0.12^{a}	5.05±0.01^{c}
p-CA	10.60±0.04^{d}	6.48±0.10^{g}	5.28±0.07^{i}	32.12±0.13^{a}	5.67±0.05^{b}	17.77±0.10^{c}	6.95±0.05^{f}	7.34±0.01^{e}	22.43±0.02^{b}	6.48±0.06^{g}
FA	20.27±0.16^{b}	6.26±0.09^{g}	4.97±0.08^{i}	13.34±0.07^{c}	4.74±0.04^{j}	102.43±0.74^{a}	9.60±0.16^{d}	7.48±0.09^{f}	6.00±0.21^{h}	7.84±0.05^{e}
SNA	8.28±0.03^{a}	5.39±0.11^{e}	6.95±0.03^{c}	5.73±0.04^{e}	5.01±0.01^{g}	5.02±0.01^{g}	6.08±0.05^{f}	4.97±0.02^{h}	4.85±0.09^{h}	6.48±0.14^{d}
ปริมาณรวม	209.15±0.15^{e}	189.40±0.10^{f}	113.73±0.34^{i}	218.13±0.14^{d}	152.02±0.07^{g}	278.59±0.19^{b}	92.05±0.06^{j}	147.11±0.02^{h}	419.50±0.17^{a}	233.72±0.12^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(n =3); a,b,c... อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) GA คือ gallic acid; PCCA คือ protocatechuic acid; p-HO คือ p-hydroxybenzoic acid; ChA คือ chorogenic acid; VA คือ vanillic acid; CFA คือ caffic acid; SyA คือ syringic acid; p-CA คือ p-coumaric acid; FA คือ ferulic acid; SNA คือ sinapic acid; nd คือ not detected ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC ได้ทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Kubola และ Siriamornpun 2011 โดยพบว่า ฟลาโวนอยด์รวมพบสูงใน อีทือ กระเจียวแดง ขิงน้อย เท่ากับ 1,179.80 1,046.17 และ 719.70 µg/g DW ตามลำดับ โดยชนิดของ ฟลาโวนอยด์ที่พบสารที่พบปริมาณสูงในอีทือ คือ สาร Kaempferol โดยพบปริมาณ 620.59 µg/g DW ดังแสดงในตาราง 4.12 ซึ่งสาร Kaempferol เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญของเซลล์ลิวคีเมียในมนุษย์ได้หลายชนิด สามารถยับยั้งเอนไซม์ α-glucosidase และ glyoxalase ในยีสต์ได้ดีและยับยั้งเอนไซม์ xanthine oxidase และ PI3-Kinase (IC50 = 1.8 µM) ในนมวัว ออกฤทธิ์ร่วมกับควอซิตินและคาเทชิน-แกลเลทในการยับยั้งการดูดซึมกลูโคส โดยไปยับยั้งเอนไซม์ protein-tyrosine kinase จึงมีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนอินซูลิน ไมริเซตินพบทั่วไปในพืช ผักและผลไม้ เช่น ในมะเขือเทศ (ศุภชัย สมัปปิโต 2554)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 4.12 ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชวงศ์ขิงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

ชื่อตัวอย่าง	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (µg/gDw)					ปริมาณรวม
	Rutin	Myricetin	Quercetin	Apigenin	Kaempferol	
ขิงน้อย	70.07±0.64^{e}	171.43±0.01^{a}	99.47±0.71^{a}	170.50±0.51^{c}	208.52±0.24^{b}	719.70±1.22^{c}
อีทือ	83.46±0.45^{c}	68.71±0.31^{e}	81.99±0.42^{b}	325.05±0.09^{b}	620.59±0.46^{a}	1179.80±0.67^{a}
หมาหยี	44.68±0.14^{f}	19.77±0.21^{h}	10.00±0.04^{h}	19.30±0.04^{f}	13.60±0.06^{g}	107.35±0.49^{i}
ขิงกระต่าย	37.13±0.09^{g}	100.29±0.31^{d}	5.62±0.04^{j}	3.38±0.02^{i}	7.62±0.14^{f}	154.04±0.12^{g}
มหาหงส์	34.52±0.52^{h}	16.72±0.18^{i}	51.85±0.03^{e}	6.28±0.05^{g}	53.20±0.57^{f}	162.58±0.45^{f}
ขมิ้นชัน	131.63±0.39^{b}	9.48±0.16^{j}	16.82±0.93^{f}	86.69±0.43^{d}	111.72±0.05^{c}	356.34±0.70^{d}
กระเจียวแดง	281.12±0.87^{a}	125.37±0.37^{b}	69.74±0.04^{d}	467.70±0.59^{a}	102.24±0.01^{d}	1046.17±0.85^{b}
กระเจียวขาว	23.60±0.42^{j}	111.30±0.62^{c}	13.06±0.04^{g}	58.94±0.33^{e}	62.64±0.06^{e}	269.53±1.42^{e}
ข่าคม	30.63±0.58^{i}	25.92±0.63^{g}	71.97±0.08^{c}	5.69±0.02^{h}	4.74±0.03^{g}	138.95±0.50^{h}
ข่าลิง	73.01±0.99^{d}	47.97±0.56^{f}	6.57±0.09^{i}	5.74±0.07^{h}	6.70±0.09^{f}	139.99±0.40^{h}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(n =3); a,b,c... อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.2 หาปริมาณวิตามินซีในพืชวงศ์ขิงอ้างอิงตามวิธีของ Kubola และคณะ 2011 ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยเครื่อง HPLC จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่พบในพืชวงศ์ ขิงไทยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 5.86 ถึง 20.83 mg /100g DW โดยพบปริมาณสูงในขิงน้อยปริมาณ 20.83 mg /100g DW และพบ กระเจียวแดง และขิงกระต่าย ตามลำดับ และพบปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดในมหาหงส์ ซึ่งพบในปริมาณ 4.01 mg /100g DW ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Denre 2014 ที่ศึกษาปริมาณวิตามินซีในเครื่องเทศประเทศอินเดียพบวิตามินซีในขิงมีปริมาณ 0.48 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบวิตามินซีในขมิ้นด้วยซึ่งมีปริมาณ 0.75 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ปริมาณวิตามินซีที่พบในพืชวงศ์ขิงไทย

ชื่อตัวอย่าง	วิตามินซี(mg /100g DW)
ขิงน้อย	20.83±0.54[a]
อีทือ	10.43±0.53[f]
หมาหยี	7.33±0.23[e]
ขิงกระต่าย	12.34±0.63[g]
มหาหงส์	4.01±0.08[d]
ขมิ้นชัน	13.78±0.78[d]
กระเจียวแดง	17.33±0.74[c]
กระเจียวขาว	5.86±0.20[b]
ข่าคม	4.55±0.26[i]
ข่าลิง	4.24±0.20[h]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(n =3); [a,b,c...] อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.1.3 ศึกษาปริมาณสาร 6-gingerol ในพืชวงศ์ขิง ด้วยเครื่อง HPLC โดยดัดแปลงวิธี An et al. 2015 ทำการศึกษาพืชวงศ์ขิงไทยจำนวน 10 ชนิด จากการศึกษาพบ ปริมาณสาร 6-gingerol อยู่ในช่วง 0.23 ถึง 55.27 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง โดยพบในขมิ้นชั้นสูงสุดปริมาณ 55 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และพบในขมิ้นชันและกระชายตามลำดับ (ดังแสดงในตาราง 4.14) มีพืช 2 ชนิดไม่พบสาร 6-gingerol คือ อีทือ และหมายี ซึ่งสาร 6-gingerol เป็นสารให้ที่กลิ่นเฉพาะใน

ขิง และเป็นสารที่เป็นประโยชน์ โดยมีคุณสมบัติทางยา เช่น รักษาอาการอักเสบ ภูมิแพ้ แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ และยังออกฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียด้วย (Semwal et al. 2015)

ตาราง 4.14 ปริมาณสาร 6-gingerol ในพืชวงศ์ขิง

ชื่อตัวอย่าง	6-gingerol (mg /g DW)
ขิงน้อย	11.24±0.18^{d}
อีทือ	nd
หมาหยี	nd
ขิงกระต่าย	27.41±0.38^{b}
มหาหงส์	0.80±0.01^{f}
ขมิ้นชัน	55.27±0.50^{a}
กระเจียวแดง	0.23±0.02^{h}
กระเจียวขาว	0.64±0.01^{g}
ข่าคม	3.72±0.04^{e}
ข่าลิง	23.07±0.02^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(n =3); $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.14 ศึกษาปริมาณสารเคอร์คูมิน (curcumin) ด้วยเครื่อง HPLC โดยดัดแปลงวิธี An และคณะ 2015 พบสารเคอร์คูมินในตัวอย่างพืชวงศ์ขิงทั้ง 10 ชนิด โดยเฉพาะเหง้าพืชที่ให้สีเหลืองส้มจะพบสาร เคอร์คูมินในปริมาณที่สูง โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในขมิ้นชันมีสารเคอร์คูมินในปริมาณที่สูงโดดเด่น โดยมีปริมาณ 59,879.33 µg /g DW ตามด้วยขิงกระต่าย และกระเจียวแดงตามลำดับ ที่มีปริมาณสารเคอร์คูมินปริมาณ 267.54 และ 120.55 µg /g DW ส่วนปริมาสารเคอร์คูมินที่พบน้อยที่สุดพบใน มหาหงส์พบปริมาณ 7.28 µg /g DW ซึ่งเป็นเหง้าของพืชวงศ์ขิงที่มีสีขาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ToDA และคณะ 1985; Sharma และคณะ 2006 ที่พบปริมาณสารเคอร์คูมินสูงในพืชวงศ์ขิง โดยเฉพาะในขมิ้นจะมีสารเคอร์คูมินในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักของขมิ้น ดังแสดงในตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ปริมาณสารเคอร์คูมิน ในพืชวงศ์ขิง

ชื่อตัวอย่าง	เคอร์คูมิน (µg /g DW)
ขิงน้อย	93.80±1.12[d]
อีทือ	45.58±1.39[f]
หมาหยี	22.08±1.05[g]
ขิงกระต่าย	267.54±0.82[b]
มหาหงส์	7.28±0.64i
ขมิ้นชัน	59,879.33±65.04[a]
กระเจียวแดง	120.55±1.75[c]
กระเจียวขาว	59.95±0.48[e]
ข่าคม	17.37±0.38[h]
ข่าลิง	43.94±0.88[f]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(n =3); [a,b,c...] อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.2 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ฤทธิ์ต้านไกลเคชั่น (antiglycation activity) และฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial activity)

4.2.1 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ

4.2.1.1 การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเสถียร DPPH และ FRAP โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay (Wanyo et al. 2014)

จากการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าพืชวงศ์ขิงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยพบว่า ข่าคม ข่าลิง ขิงน้อย มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความสามารถในการยับยั้ง 9.48 -9.51 mg Trolox eq./g DW รองลงมาคือ ขมิ้น (9.19 mg Trolox eq./g DW) และมหาหงส์ (7.87 mg Trolox eq./g DW) ตามลำดับ ส่วนขิงกระต่ายมีความสามารถในต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดโดยที่ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ 2.40 mg Trolox eq./g DW เมื่อพิจารณาผลการศึกษาการความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่า ขิงและขมิ้นชันมีความสามารถสูงสุด โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (553.88 µmol FeSO4/g) รองลงมา คือ ข่าคม (540.20 µmol FeSO4/g) และข่าลิง (444.76 µmol FeSO4/g) ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.16 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขมิ้นชันและขิงมี

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงสุดทั้งสอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akinola และคณะ 2014 ที่ทำการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า ขิงน้อย ขมิ้น ข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี โดยขิงและขมิ้นมีความสามรถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าขมิ้นมีสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในปริมาณที่สูงซึ่งสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จะเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งรวมถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และ FRAP (ศิริธร ศิริอมรพรรณ 2557)

ตาราง 4.16 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH

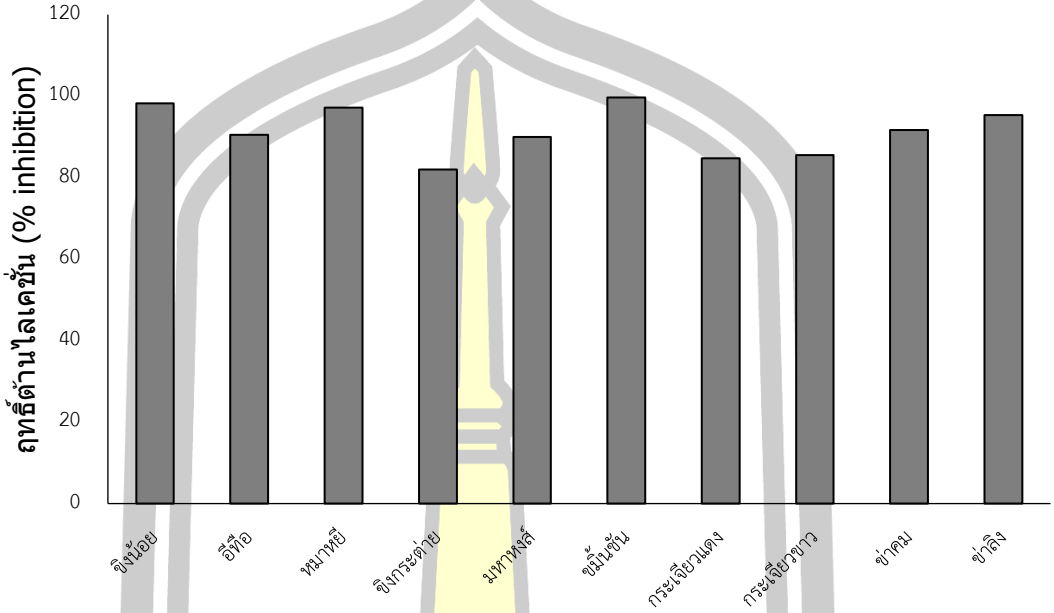
ชื่อตัวอย่าง	FRAP (µmol $FeSO_4$/g)	DPPH (mg Trolox eq./gDW)
ขิงน้อย	553.82±0.31^{a}	9.40±0.02^{a}
อีทือ	105.45±0.21^{g}	2.81±0.03^{g}
หมาหยี	110.24±2.13^{h}	4.36±0.02^{d}
ขิงกระต่าย	94.97±2.04^{i}	2.40±0.01^{h}
มหาหงส์	264.77±2.75^{d}	7.87±0.03^{c}
ขมิ้นชัน	553.88±0.81^{a}	9.19±0.03^{b}
กระเจียวแดง	144.88±0.91^{e}	4.13±0.05^{e}
กระเจียวขาว	61.04±4.01^{j}	3.62±0.02^{f}
ข่าคม	540.20±4.09^{b}	9.48±0.06^{a}
ข่าลิง	444.76±4.48^{c}	9.51±0.05^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n =3); $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.2.1.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านไกลเคชั่น (Kaewseejan and Siriamornpun 2015)

จากการศึกษาฤทธิ์ในการต้านไกลเคชั่นของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงไทยจำนวน 10 ชนิดพบว่า สามารถออกฤทธิ์ต้านไกลเคชั่นมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ทุกชนิด โดยขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านไกลเคชั่นสูงสุด 99.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขิงกระต่ายมีความสามารถในการต้านไกลเคชั่นต่ำสุด 81.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพืชวงศ์ขิงไทยเกือบทุกชนิดมีความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านไกลชั่น แสดงดังภาพประกอบ 4.17 ซึ่งปฏิกิริยาไกลเคชั่นเป็นปฏิกิริยาการจับตัวกันของน้ำตาลกับโปรตีนทำให้โปรตีนทำงานผิดปกติ สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าคนปกติถึง 50 เท่า โอกาสการเกิดปฏิกิริยาไกลเคชั่นสูงทำให้โปรตีนทำงานผิดปกติ เป็นสาเหตุที่ทำให้

เกิดโรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ (Singh et al. 2016) ซึ่งพืชวงศ์ขิงไทยสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้



ภาพประกอบ 4.17 ฤทธิ์การต้านไกลเคชั่นของพืชวงศ์ขิงไทย

4.2.1.3 ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Disc-diffusion method (Kamazeri et al., 2012)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงไทยจำนวน 10 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 6 ชนิดได้แก่ Staphylococcus aureus Bacillus cereus Bacillus subtilis Salmonella typhimurium Escherichia coli และ Pseudomonas aeruginosa พบว่าสารสกัดจากขมิ้นชัน ข่าคม มหาหงส์ หมายี กระเจียวขาว อีทือ ข่าลิง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกตามลำดับ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ดังแสดงในตาราง 4.17 สาเหตุที่แบคทีเรียแกรมลบมีความต้านทานต่อสารสกัดจากพืชสมุนไพรได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องมาจากแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก (outer membrane) และ periplasmic space ซึ่งไม่พบในแบคทีเรียแกรมบวกซึ่งสารไลโพพอลิแซกคาไรด์ (lipopolysaccharide) ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกจะเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสารต่างๆ ได้ดีขณะที่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีโครงสร้างเหล่านี้สารต่าง ๆจึงซึมผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกได้ง่ายกว่าแบคทีเรียแกรมลบ

ตาราง 4.17 ฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียของพืชวงศ์ขิงไทย

ชื่อตัวอย่าง	Zone of inhibition (mm)					
	แบคทีเรียแกรมบวก			แบคทีเรียแกรมลบ		
	S. aureus	*B. cereus*	*B. subtilis*	*S. typhimurium*	*E. coli*	*P. aeruginosa*
ขิงน้อย	NI	7.01±0.04^{f}	NI	NI	NI	NI
อีทือ	10.33±0.29^{d}	9.33±0.58^{d}	10.66±0.76^{c}	NI	NI	NI
หมายี	8.33±0.29^{e}	8.01±0.02^{e}	8.83±0.29^{d}	NI	NI	NI
ขิงกระต่าย	NI	NI	NI	NI	NI	NI
มหาหงส์	12.50±0.50^{c}	12.50±0.50^{b}	12.03±0.58^{b}	NI	NI	NI
ขมิ้นชัน	14.16±0.29^{a}	13.66±0.58^{a}	12.83±0.03^{a}	NI	NI	NI
กระเจียวแดง	NI	NI	NI	NI	NI	NI
กระเจียวขาว	12.08±0.14^{c}	9.17±0.29^{d}	10.17±0.29^{c}	NI	NI	NI
ข่าคม	13.67±0.76^{b}	11.83±0.29^{c}	12.03±0.06^{b}	NI	NI	NI
ข่าลิง	6.92±0.14^{f}	NI	NI	NI	NI	NI
ยาปฏิชีวนะ						
Streptomycin	25.00±1.00	20.07±0.12	22.67±0.76	13.07±0.12	12.10±0.17	9.17±0.29
Penicillin G	9.00±0.50	NI	NI	23.67±0.29	11.00±0.50	NI
Ampicillin	9.50±0.50	NI	NI	24.00±0.50	21.33±0.76	NI
Tetracycline	15.83±0.29	15.20±0.35	13.83±0.29	15.50±0.50	NI	NI

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3); $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05); NI= No inhibition

4.2.1.4 การศึกษาความสัมพันธ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์ (Correlation)

จากการหาความสัมพันธ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด) และฤทธิ์ทางชีวภาพ (DPPH FRAP antiglycation) ด้วยวิการการทดสอบสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Analysis) ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษา พบว่าความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงระหว่าง TPC, TFC และ DPPH (r = 0.968 และ r = 0.514 ตามลำดับ) และลดลง (FRAP) (r = 0.968 และ r = 0.509 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับกิจกรรมการต่อต้าน AGE (r = 0.558 และ r = 0.501 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.18) แสดงให้เห็นว่าสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพมีความสัมพันธ์กันโดยเมื่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีปริมาณสูงขึ้นก็จะส่งผลให้มีความสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงตามไปด้วยเช่นกัน

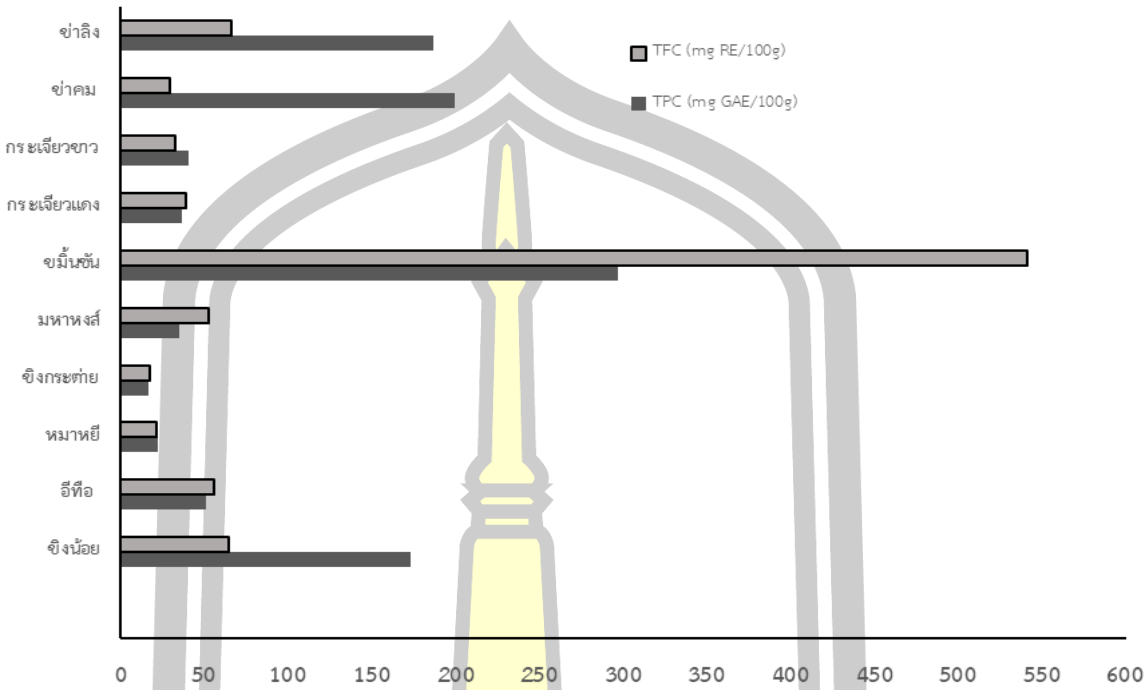
ตาราง 4.18 ความสัมพันธ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์ (Correlation)

	DPPH	FRAP	Antiglycation	TPC	TFC
DPPH	1	.969**	.641**	.968**	.514*
FRAP	-	1	.589**	.968**	.509*
Antiglycation	-	-	1	.558**	.501*
TPC	-	-	-	1	.568**
TFC	-	-	-	-	1

หมายเหตุ FRAP: Ferric reducing antioxidant activities; DPPH: Radical scavenging activities; TPC: Total phenolic content; TFC: Total flavonoid content

4.2.1.4 การเลือกพืชที่มีศักยภาพเพื่อนำไปศึกษาผลของการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ ต่อชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ ของพืชวงศ์ขิงของไทย

จากผลการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงไทย พบว่าเมื่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพก็จะสูงขึ้นด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาการเลือกพืชที่มีศักยภาพเพื่อไปศึกษาผลของการแปรรูปจากข้อมูลของฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่า ขมิ้นชันเป็นพืชวงศ์ขิงที่มีปริมาณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมารสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แสดงดังภาพประกอบ 4.18 ซึ่งสารออกฤทธิ์ในขมิ้นชันกลุ่มหลักได้แก่สาร เคอร์คูมิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของสาร์ฟีนอลิก พบสูงสุดในขมิ้นชัน ดังนั้น จึงได้เลือกขมิ้นชันเพื่อไปศึกษาผลของการแปรรูปต่อไป



ภาพประกอบ 4.18 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ของพืชวงศ์ขิงไทย

4.3 ผลการทดลองที่ 4.3 ผลของการแปรรูปขมิ้นชันโดยการทำแห้งวิธีต่างๆ

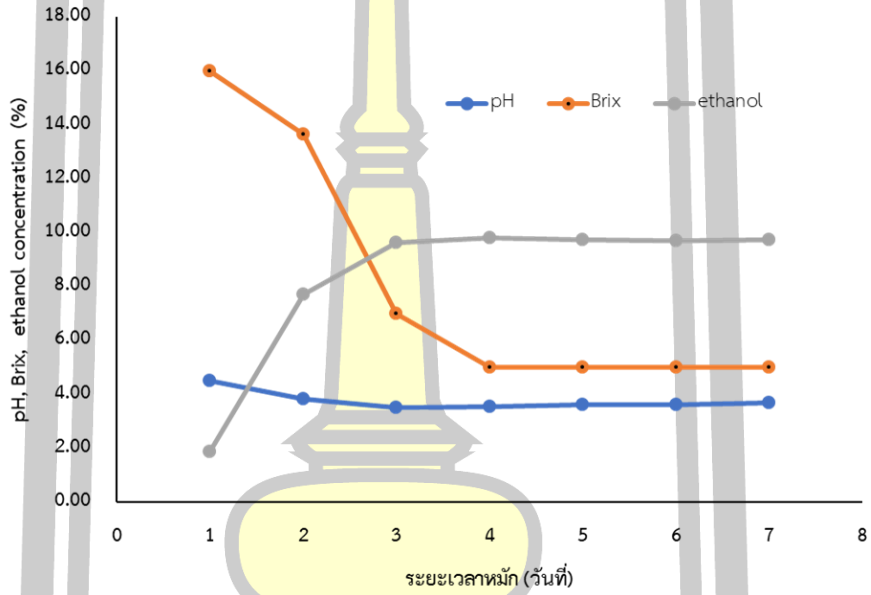
จากผลของการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 ได้พิจารณาจากสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าขมิ้นชันเป็นพืชที่มีศักยภาพที่มีสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงจึงนำขมิ้นชันเพื่อมาศึกษาการแปรรูปรวมทั้งผลการแปรรูปต่อสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยศึกษาผลของการแปรรูป 2 กระบวนการ ได้แก่ การทำไวน์ขมิ้น และการทำแห้งขมิ้น (การทำแห้งแบบเยือกแข็ง การอบแห้ง การตากแดด) ซึ่งผลการศึกษาเป็นดังนี้

การทดลองที่ 4.3.1 การแปรรูปขมิ้นชันโดยการทำไวน์ขมิ้นชัน

ขมิ้นชันมีประโยชน์และคุณสมบัติทางยา เช่น คุณสมบัติเป็นสาร antioxidant, antiglycation และมีฤทธิ์ในการต้านอักเสบ แต่เนื่องด้วยขมิ้นชันมีอายุการเก็บรักษาการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้นรวมถึงง่ายต่อการบริโภค การแปรรูปด้วยกระบวนการหมักเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจอีกวิธีในการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มโดยให้ยังคงมีสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงขึ้นซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการแปรรูปในครั้งนี้คือ การศึกษาสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของไวน์ขมิ้นชันในระหว่างกระบวนการหมัก ผลการศึกษาดังนี้

4.3.1.1 ผลของ pH ปริมาณน้ำตาล และปริมาณเอทานอลในกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน

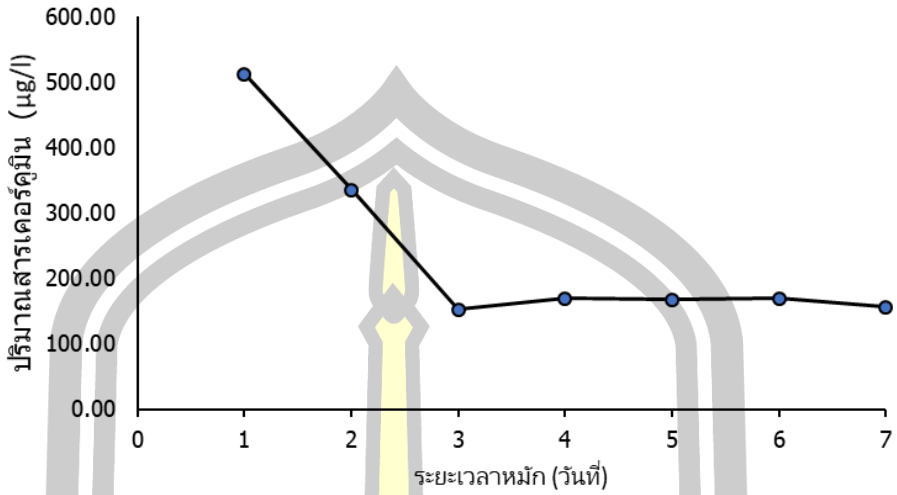
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ pH ในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน พบว่าจะลดลงเมื่อเริ่มกระบวนการหมัก โดย pH หลังจากหมัก 7 วัน เท่ากับ 2.5 แสดงดังภาพประกอบ 4.21 ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณน้ำตาลที่ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการหมัก เนื่องจากเกิดกระบวนการหมัก เปลี่ยนน้ำน้ำตาลเป็นเอทานอลของยีสต์ ทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลงเหลือ 5 %^{0}brix ตรงกันข้ามกับผลของเอทานอลที่เพิ่มขึ้นเมื่อหมักผ่านไป 7 วัน โดยมีปริมาณเอทานอลในวันที่ 7 เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ แสดงดังในภาพประกอบ 4.19



ภาพประกอบ 4.19 ผลของ pH ปริมาณน้ำตาล และปริมาณเอทานอลในระหว่างกระบวนการหมัก

4.3.1.2 ผลของปริมาณสารเคอร์คูมิน ในกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน

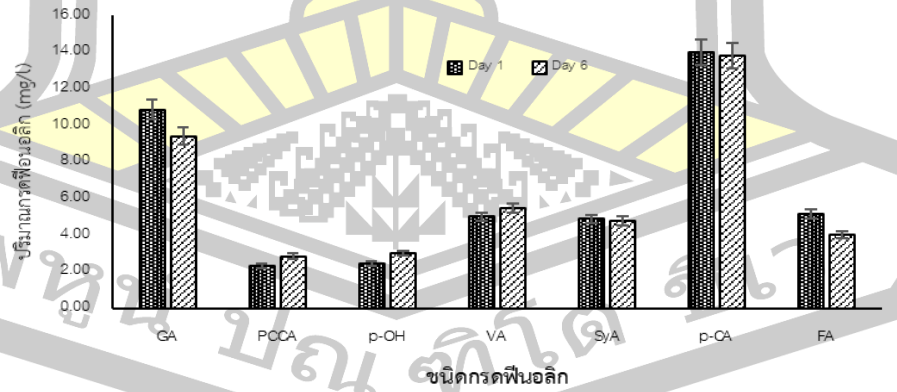
ผลการวิเคราะห์สารเคอร์คูมินด้วยเครื่อง HPLC ในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินลดลงเมื่อใช้เวลาในกกระบวนการหมักสูงขึ้น แสดงดังภาพประกอบ 4.23 โดยปริมาณสารเคอร์คูมินจะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 1-3 มี ลดลงจากความเข้มข้น 500 µg/ml เหลือ 150 µg/ml และจะเปลี่ยนแลงเล็กน้อยไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 3 ถึงวันที่ 7 การลดลงของสารเคอร์คูมิน แสดงดังภาพประกอบ 4.20 เป็นผลมาจากการเปลี่ยนของ pH ที่ลดลงของไวน์ในระหว่างกระบวนการผลิต ส่งผลต่อความคงตัวของปริมาณสารเคอร์คูมินซึ่งจะเสถียรที่ pH ต่ำกว่า 7 (Kharat et al. 2017)



ภาพประกอบ 4.20 ผลของสารเคอร์คูมินในระหว่างกระบวนการหมัก

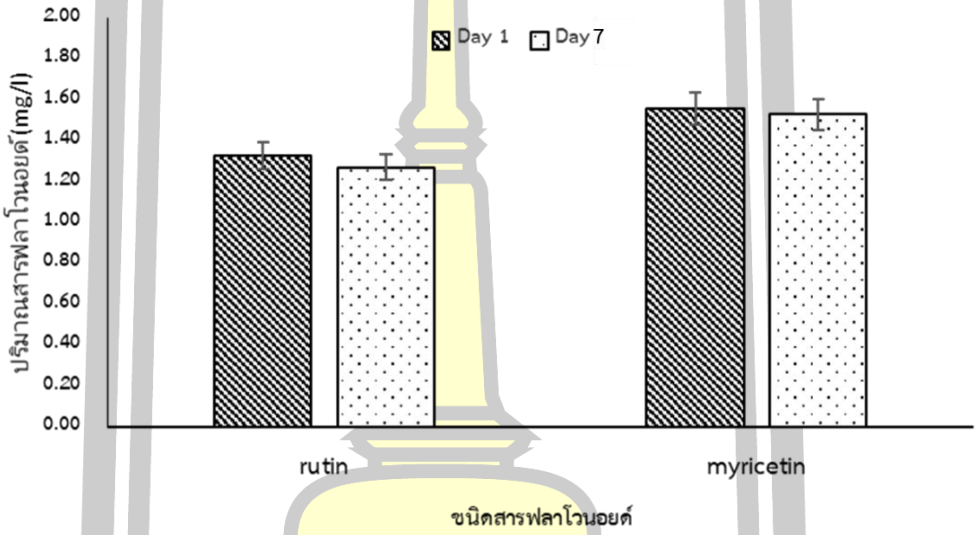
4.3.1.3 ผลของชนิดและปริมาณกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชันวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณกรดฟีนอลิกในกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณชนิดและปริมาณของกรดฟีนอลิกก่อนและหลังจากกระบวนการหมักไวน์ (7 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม กรดฟีนอลิกที่พบในกระบวนหมักไวน์ขมิ้นชัน ได้แก่ p-coumaric acid (13.81mg/l), gallic acid (9.40 mg/l), vanillic acid (5.47 mg/l), syringic acid (4 .8 0 mg/l), ferulic acid (4 .0 4 mg/l), p-hydroxybenzoic acid (3.01mg/l) and protocatechuic acid (2.85mg/l) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.21



ภาพประกอบ 4.21 ผลของชนิดและปริมาณกรดฟีนอลิกคูมินในระหว่างกระบวนการหมักวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC : GA, gallic acid; PCCA, protocatechuic acid; p-HO, p-hydroxybenzoic acid; VA, vanillic acid; SyA, syringic acid; p-CA, p-coumaric acid; FA, ferulic acid

ซึ่งการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชันก็สอดคล้องกับผลของ กรดฟีนอลิกที่มีปริมาณที่ลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยทำการศึกษาก่อนและหลังกระบวนการหมักด้วยเครื่อง HPLC และทำการศึกษาชนิดของฟลาโวนอยด์จำนวน 5 ชนิดได้แก่ rutin myricetin quercetin apigenin และ kaempferol พบว่าสาร rutin myricetin quercetin ตรวจวิเคราะห์ไม่เจอในตัวอย่างขมิ้นชันก่อนและหลังกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชัน apigenin และ kaempferol แสดงดังภาพประกอบ 4.22



ภาพประกอบ 4.22 ผลของชนิดและปริมาณฟลาโวนอยด์ในระหว่างกระบวนการหมักไวน์ขมิ้นชันวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

จากผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของระหว่างกระบวนการผลิตไวน์ขมิ้นชันพบว่า กระบวนการแปรรูปด้วยวิธีการหมักให้เป็นผลิตภัณฑ์ไวน์ ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีภาพลดลง โดยเฉพาะสารเคอร์คูมินที่เป็นสารสำคัญหลักในขมิ้นชันโดยลงลงมากกว่า 3.5 เท่าของปริมาณสารเคอร์คูมินเริ่มต้น นอกจากนี้ ยังเหลือรสชาติขมและกลิ่นของขมิ้นที่รุนแรงไม่เหมาะต่อการพัฒนาเป็นเครื่องเดิมเพื่อสุขภาพ ดังนั้นการแปรรูปขมิ้นชันด้วยกระบวนการหมักจึงไม่เหมาะสม

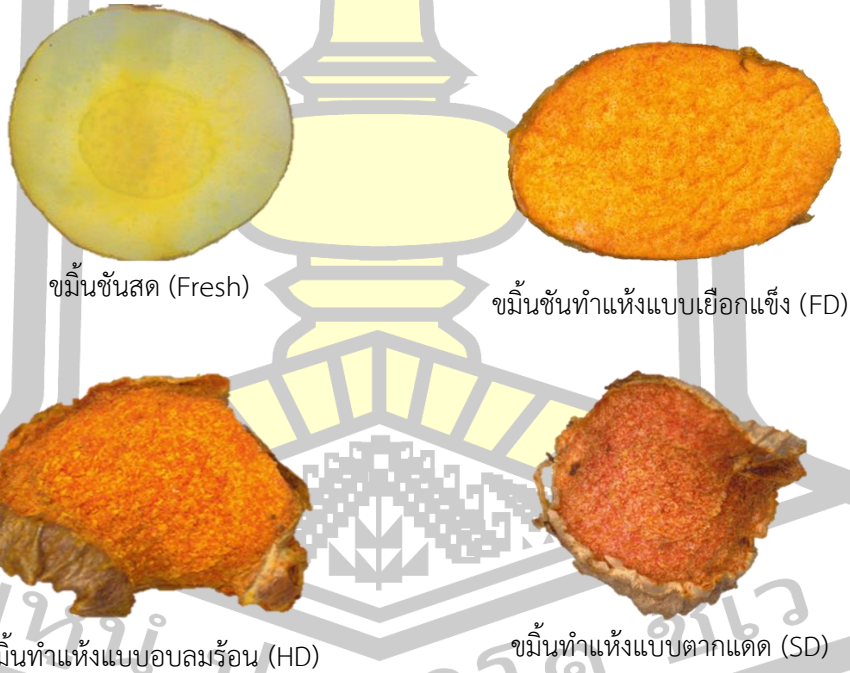
การทดลองที่ 4.3.2 ทำการแปรรูปด้วยกระบวนการทำแห้ง

การแปรรูปด้วยการทำแห้ง เป็นวิธีการเก็บรักษาขมิ้นชันอีกวิธีการหนึ่ง โดยการทำแห้งมีหลายวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น การทำแห้งแบบเยือก เป็นการทำแห้งโดยไม่ใช้ความร้อนสามารถเก็บรักษาสารสำคัญบางชนิดที่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน แต่วิธีการนี้มีต้นทุนสูงเนื่องด้วยราคาของเครื่องมือในการทำแห้งสูงและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน ส่วนการทำแห้งด้วยความร้อนเป็นอีกวิธีการที่นิยมใช้ซึ่งมี

หลายวิธี เช่น การอบลมร้อน หรือการตากแดด เป็นวิธีการที่ต้นทุนต่ำกว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทำแห้งขมิ้นชัน 3 วิธีได้แก่ การทำแห้งแบบเยือกแข็ง การทำแห้งแบบอบลมร้อน (50 องศาเซลเซียส) การทำแห้งแบบตากแดด เพื่อเปรียบเทียบผลการของการทำแห้งขมิ้นชันต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลการศึกษาดังนี้

4.3.2.1 ลักษณะขมิ้นที่ผ่านการทำแห้ง

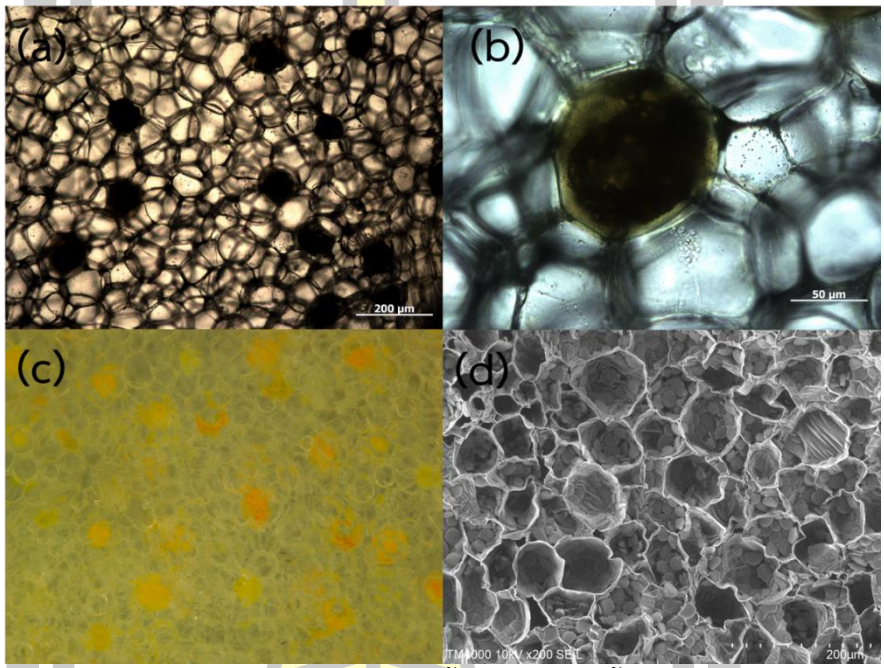
เมื่อผ่านนำขมิ้นไปผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการแตกต่างกัน พบว่าลักษณะของขมิ้นเมื่อผ่านการทำแห้งจะมีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงดังภาพประกอบ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นสด พบว่าขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีลักษณะคล้ายกับขมิ้นชันสด ไม่แตกหัก คงรูปร่างเดิม สีเหลือง ขมิ้นชันที่ผ่านการการทำแห้งด้วยวิธีการอบลมร้อนจะมีลักษณะรูปร่างเปลี่ยนแปลง บิดงอ และมีสีเหลืองเข้มขึ้น และขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งแบบตากแดดจะมีลักษณะรูปร่างเปลี่ยนแปลง บิดงอ และสีเหลืองเข้มและมีบางส่วนสีซีดขาว แสดงดังภาพประกอบ 4.23



ภาพประกอบ 4.23 ขมิ้นสดและขมิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการแตกต่างกัน

4.3.2.2 ผลการทำแห้งต่อของลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของขมิ้นชันที่ผ่านการแปรรูปด้วยการทำแห้งวิธีการต่างๆ

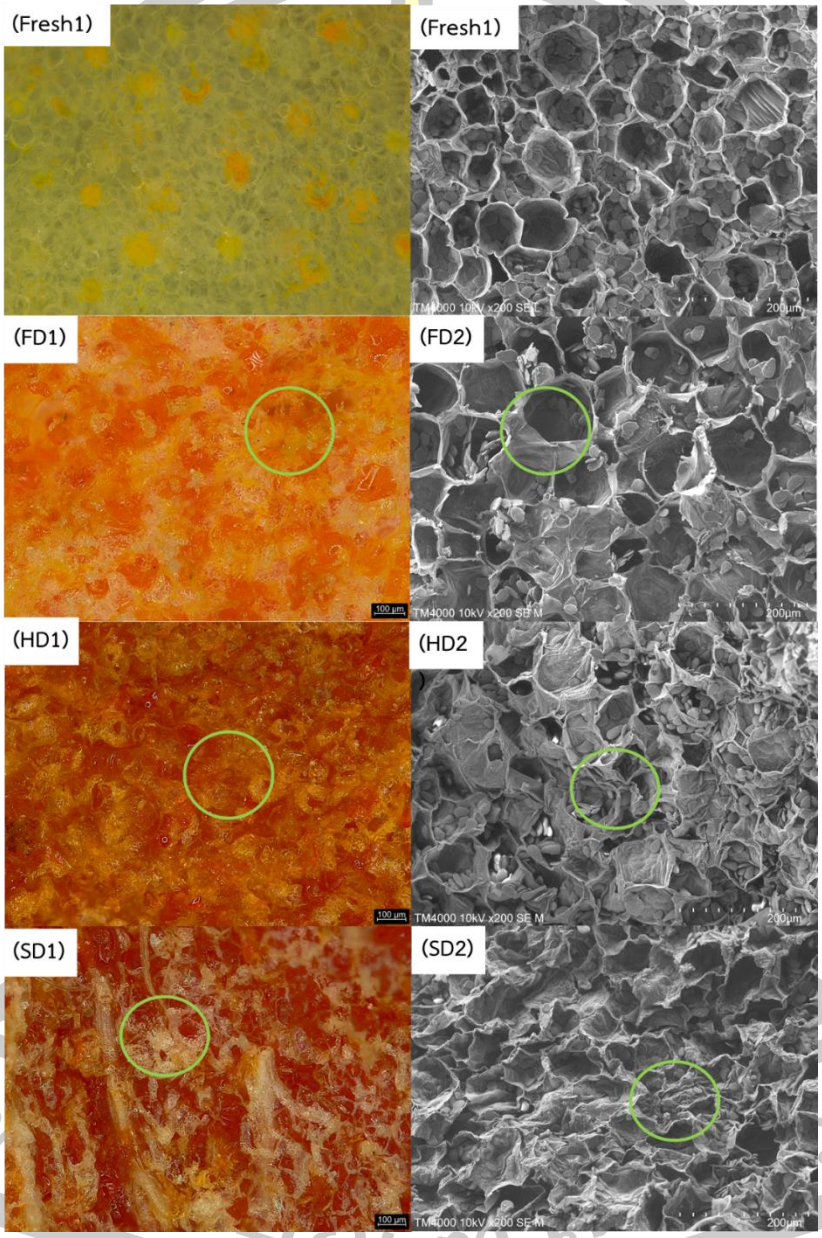
พบว่าโครงสร้างเนื้อเยื่อของขมิ้นชันสดเมื่อถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด light microscopy (LM) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.24 (a) กำลังขยาย 20 เท่า จะพบเซลล์น้ำมันขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นทรงกลมที่มีอยู่ภายในและกระจายอยู่รอบ ๆ โดยเซลล์น้ำมันจะมีสีเหลืองแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อของขมิ้นชัน ดังแสดงในภาพประกอบ 4.24 (b-c) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานโดย Deb และคณะ 2013 ที่รายงานว่า พบเซลล์น้ำมันกระจายตัวอยู่โดยทั่วไปในโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชัน เมื่อถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย 200 เท่า ทำให้เห็นโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชันชัดเจน โครงสร้างภายในผนังเซลล์จะพบเม็ดแป้งเต็มทุกช่องของเซลล์ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.24



ภาพประกอบ 4.24 ลักษณะโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชันสด a: ขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้องชนิด light microscope กำลังขยาย(x20); b: เซลล์น้ำมันที่พบในขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้องชนิด light microscope กำลังขยาย(x40); c: กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลไมโครสโคป Leica DVM6 (x10); d : ขมิ้นชันสดถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย (x200)

เมื่อทำขมิ้นชันผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี จะทำให้โครงสร้างเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพประกอบ 4.25 พบว่าโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อตัวอย่าง FD มีโครงสร้างใกล้เคียงกับโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อของตัวอย่างสดมากที่สุด เห็นเม็ดแป้งภายในเซลล์ชัดเจน ดังแสดงในภาพประกอบ 4.25 (FD1-FD2) โครงสร้างของผนังเซลล์ยังมีลักษณะที่ตรงชัดเจนไม่มีการพับงอ ในขณะที่ตัวอย่าง HD มีโครงสร้างที่โครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงและเมล็ดแป้งถูกกระจายไปทั่วเนื้อเยื่อในขณะที่ (ภาพประกอบ 4.25 HD1-HD2) เนื้อเยื่อของเซลล์ขมิ้นชันจะถูกทำลายโดยเฉพาะ

เนื้อโครงสร้างของผนังเซลล์ โดยจะเกิดการพับงอของของผนังเซลล์ สำหรับตัวอย่างขมิ้นชัน SD พบว่ามีลักษณะโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อถูกทำลายเหมือนกับการทำแห้งด้วยวิธีอื่น แต่มีความเสียหายมากกว่าเมื่อเทียบกับ HD และ FD นอกจากนี้พบว่าโครงสร้างของผนังเซลล์จะมีการพับหักงอมากว่าซึ่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 4.25 (SD1-SD2)

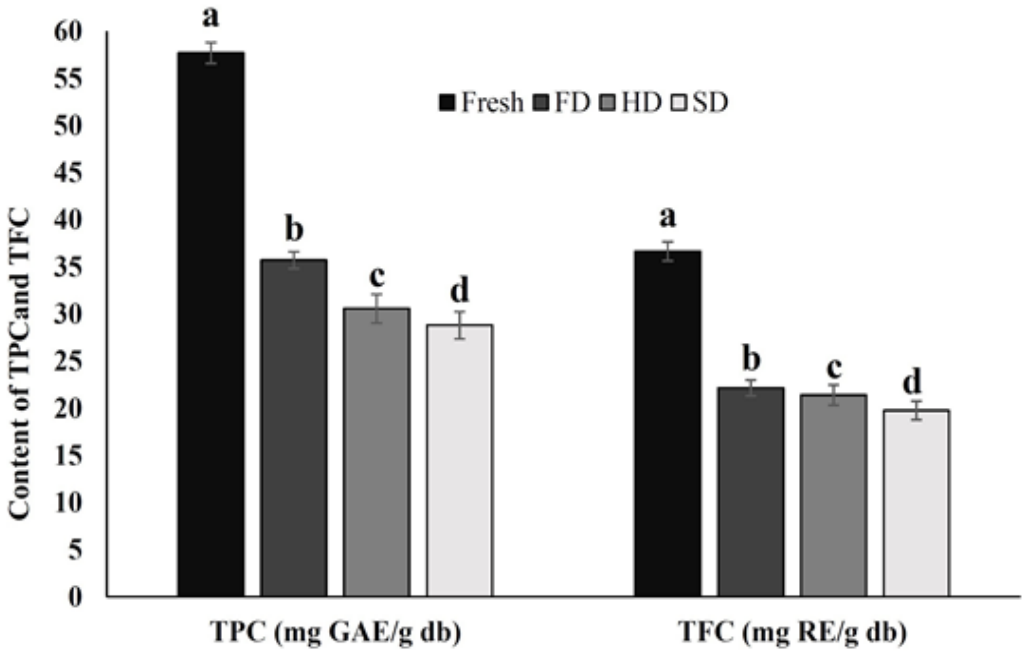


ภาพประกอบ 4.25 ลักษณะโครงสร้างเซลล์ของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ Fresh; ขมิ้นชันสด FD: ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง HD: ตัวอย่างทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน SD: ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด; 1: ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลไมโครสโคป Leica DVM6 กำลังขยาย(x10); 2: ถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย (x200)

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของขมิ้นชันสดและขมิ้นชันที่ผ่านการแปรรูป พบว่า FD โครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อมีความใกล้เคียงกับโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อของตัวอย่างสด พื้นผิวของตัวอย่างที่มีความหนาแน่นน้อยและโครงสร้างของเซลล์ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ เนื่องมาจากเป็นการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดน้ำออกจากตัวอย่างโดยจะถ่ายโอนน้ำในตัวอย่างที่อยู่ในสถานะของแข็งยังพื้นผิวตัวอย่างโดยการระเหิด (An et al. 2016) ทำให้โครงสร้างของตัวอย่าง FD นั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับโครงสร้างผนังเซลล์ของ HD และ SD ดังแสดงในภาพประกอบ 4.28 ตัวอย่าง HD และ SD แสดงโครงสร้างที่แตกต่างกันเนื่องจากการไล่ระดับความร้อนและความชื้นทำให้เกิดการหยุดชะงักของผนังเซลล์การเสียรูปและการพับในระหว่างกระบวนการอบแห้ง HD ทำให้เกิดการความเสียหายมากกว่า SD ซึ่งเป็นกระบวนการที่ค่อยเป็นค่อยไปในการทำแห้งตัวอย่าง สอดคล้องกับการรายงานของ Deng และคณะ 2008 ที่รายงานว่าในระหว่างกระบวนการทำแห้งตัวอย่าง การเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งและการระเหยของน้ำภายในเซลล์ด้วยความร้อน มีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพการเปลี่ยนรูปและการพับของโครงสร้างเซลล์เนื้อเยื่อพืชได้

4.3.2.4 ผลการทำแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (TPC) พบในขมิ้นชันสด (57.69 mg GAE/g db) ตามด้วย FD และ HD (35.71 และ 30.57 mg GAE/g db) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.26 พบปริมาณ TPC ต่ำสุดในตัวอย่างที่ตากแดดซึ่งมีปริมาณ 28.80 mg GAE/g db) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) พบในตัวอย่างสดสูงสุดสูงสุด (36.65 mg RE/ g db) ในขณะที่การทำแห้งด้วยวิธี SD มี TFC ต่ำที่สุด (19.8.76 mg RE/g db) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.26 ชี้ให้เห็นว่าค่า TFC และ TPC ในตัวอย่างสดลดลงจากการให้ความร้อนซึ่งสนับสนุนการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Lakshmi และคณะ 2018 ที่พบว่าความร้อนมีผลทำให้ปริมาณ TPC และ TFC ลดลง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้ง TPC และ TFC พบปริมาณสูงที่สุดในตัวอย่างสดและหลัง FD มีปริมาณลดลง ปริมาณต่ำสุดที่ HD และ SD ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้ความร้อนในการทำแห้ง เป็นผลมาจากเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ถูกยับยั้งไม่ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ (FD) และที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นของการอบแห้งด้วยลมร้อน (HD) An et al. 2016) เอนไซม์นี้จะถูกกระตุ้นที่อุณหภูมิของการตากแดด (SD) (35-40 องศาเซลเซียส) (Prathapan และคณะ 2009) และสอดคล้องกับผลการวิจัยอื่นที่ได้รายงานระยะเวลาการแห้งที่นานขึ้นส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพการเกิดออกซิเดชันของเม็ดสี การทำลายวิตามินและคุณสมบัติทางโภชนาการ (Reyes et al. 2010; Siriamornpun et al. 2012) รวมถึงความร้อนในกระบวนการอาจส่งผลต่อ TPC ทำให้ TPC ลดลง (Wang et al. 2013; Sun et al. 2015)



ภาพประกอบ 4.26 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ในขมิ้นชันด้วยวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน Fresh; ขมิ้นชันสด FD: ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง HD: ตัวอย่างทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน SD: ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ภายในแต่ละตัวอย่าง

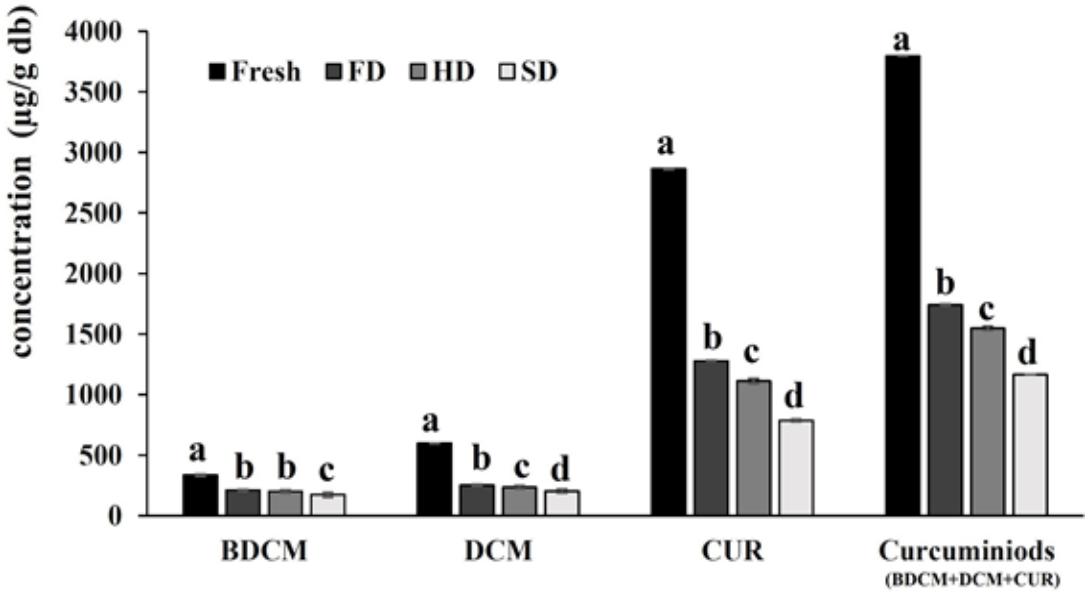
4.3.2.5 ผลการทำแห้งต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

เคอร์คูมินอยด์ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย bis-demetoxycurcumin (BDCM) demetoxycurcumin (DCM) และ curcumin (CUR) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ที่พบในขมิ้นชัน สารประกอบเหล่านี้เป็นผงผลึกสีส้มเหลืองที่ไม่ละลายในน้ำพวกมันเป็นสารประกอบหลักที่สำคัญของขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) จากรายงานว่าการศึกษาพบว่าสารเคอร์คูมินอยด์มีสรรพคุณทางยาที่สำคัญ ได้แก่ ฤทธิ์ป้องกันโรคเคมีบำบัด (chemo-preventive effects) ป้องกันการเกิดโรคตับ (hepato-protective) ฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง (anti-cancer) ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง (anti-proliferative) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) และฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) (urenka 2009; Hewlings & Kalman 2017) ผลการศึกษาพบว่าสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันสดและขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยจะพบสาร CUR สูงสุด นอกจากนี้ยังพบ DMC และ BDMC ตามลำดับ โดยกระบวนการทำแห้งขมิ้นชันจะส่งผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินนอยด์ที่พบซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันโดยพบปริมาณเคอร์คูมินอยด์อยู่ระหว่าง 1,165.94 ถึง 1,742.02 µg/g db พบใน SD และ FD ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างขมิ้นชันสด (3,795.50 µg / g

db) พบว่ามีปริมาณลดลง และพบว่า สาร CUR เป็นสารไวต่อความร้อนมากที่สุดรองลงมา คือ DCM และ BDCM ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.27) CUR ลดลงมากที่สุดโดยใน SD (72.00 เปอร์เซ็นต์) ตามด้วย HD (61.0 เปอร์เซ็นต์) และ FD (55.69 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hadi และคณะ 2018 ที่ได้รายงานว่ากระบวนการทำแห้งด้วยวิธี FD สามารถเก็บรักษาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ได้ดีกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่น ซึ่งการที่สารเคอร์คูมินอยด์ลดลงเมื่อผ่านการะบวนการทำแห้ง โดยเฉพาะสาร CUR เนื่องจากเกิดการย่อยสลายของเคอร์คูมินอยด์โดยเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเอนไซม์ PPO จะทำงานช่วงแรกในระหว่างการเตรียมตัวอย่างก่อนอบแห้ง ในกรณีของ FD กิจกรรมของ PPO จะลดลงตามอุณหภูมิที่ลดลง จากนั้นกิจกรรม PPO จะถูกยับยั้งภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์และภายใต้สภาวะสุญญากาศเมื่อเข้ากระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งด้วยเครื่อง Freeze dryer ทำให้สารเคอร์คูมินอยด์ไม่ถูกย่อยสลายและมีปริมาณสูงกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่น สำหรับตัวอย่าง HD ที่ทำแห้งด้วยการอบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้บางส่วนแต่ยังมีเอนไซม์บางส่วนที่ยังคงทำงานอยู่ (Prathapan et al. 2009) นอกจากนี้ในการทำแห้งด้วยการอบลมร้อนยังมีออกซิเจนอยู่ในระบบ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยทำให้เอนไซม์ PPO สามารถทำงานได้ทำให้เกิดการย่อยสลายของเคอร์คูมินสูงกว่า FD ดังแสดงใน pathway การแตกตัวของสารเคอร์คูมินเมื่อได้รับความร้อน (ภาพประกอบ 4.28) และเมื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งทั้ง 3 วิธีพบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินใน SD ลดลงมากมากที่สุด เนื่องมาจากเกิดการย่อยสลายของเคอร์คูมินโดยมีหลายปัจจัย ซึ่งมีจากการรายงานพบว่าสารเคอร์คูมินจะถูกย่อยสลายได้ด้วยแสงและรังสีอัลตร้าไวโอเลต (Lee, Choi, Kim, & Hong 2013) เมื่ออยู่ในสภาวะมีอากาศร่วมด้วยจะทำให้เกิดการย่อยสลายของสารเคอร์คูมินเร็วขึ้น (Balakrishnan 2001) นอกจากนี้อุณหภูมิในการทำแห้งของ SD คือ 35-40 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ดีเกิดการย่อยสลายของสารเคอร์คูมินได้สูงขึ้น (Prathapan et al. 2009) ด้วยปัจจัยที่กล่าวมานั้นทำให้เกิดการย่อยสลายสารเคอร์คูมินอยด์ใน

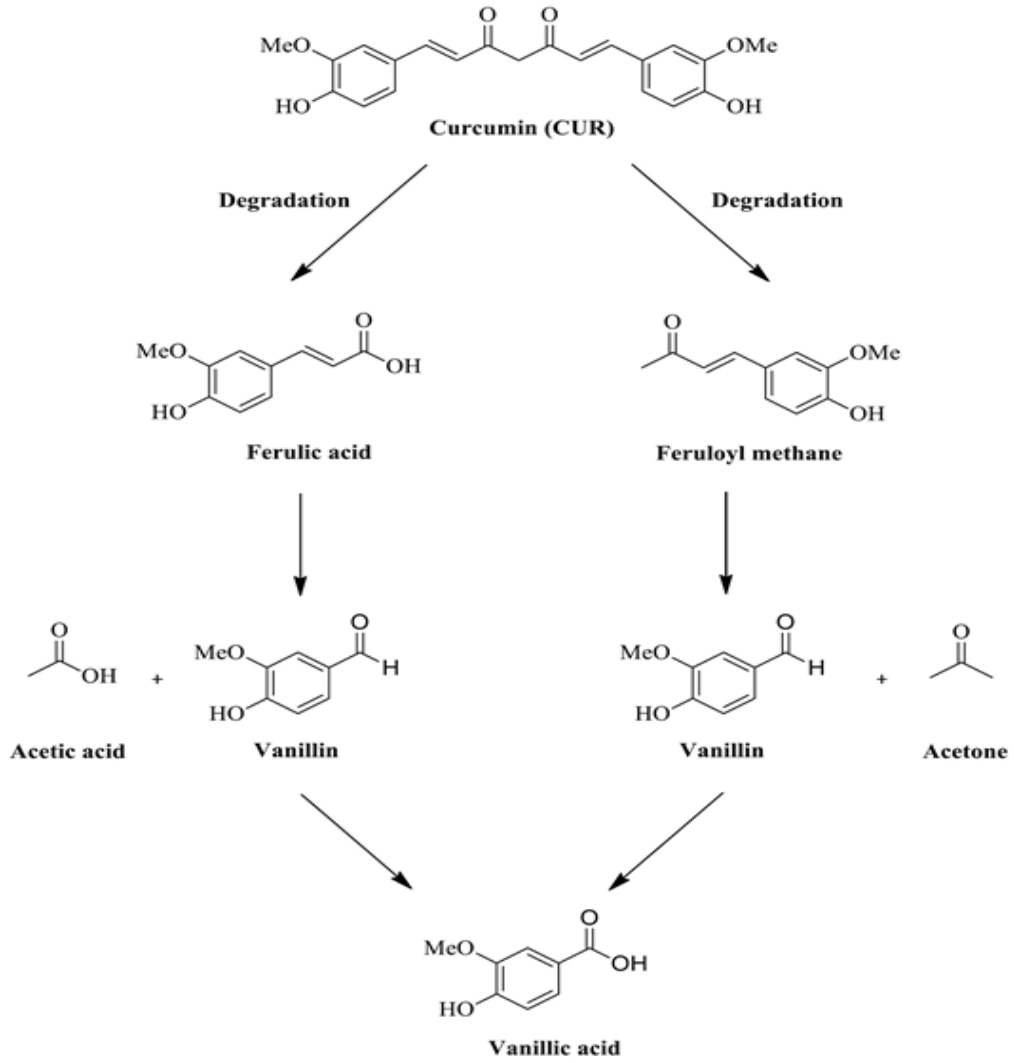
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ขมิ้นชันได้ จึงส่งผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ใน SD ลดลงมากกว่าการทำแห้งวิธีการอื่น



ภาพประกอบ 4.27 ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันด้วยวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน Fresh; ขมิ้นชันสด FD: ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง HD: ตัวอย่างทำแห้งแบบอบแห้งด้วยลมร้อน SD: ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด CUR: curcumin DMC: demetoxycurcumin BDMC: bis-demetoxycurcumin แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ p <0.05 ภายในแต่ละตัวอย่าง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 4.28 Pathway การแตกตัวของสารเคอร์คูมินเมื่อได้รับความร้อน

4.3.2.6 ผลการทำแห้งต่อชนิดและปริมาณกรดฟีนอลิกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขมิ้นชันวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยชนิดของสารประกอบฟีนอลิกที่ทำการศึกษา ได้แก่ gallic acid protocatechuic acid p-hydroxybenzoic acid vanillic acid caffeic acid syringic acid vanillin p-coumaric acid ferulic acid และ sinapic acid จากการศึกษาพบว่าปริมาณของกรดฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงหลังการทำแห้งทุกวิธี โดยมีปริมาณกรดฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง 4.19 เมื่อเรียงลำดับจากปริมาณกรดฟีนอลิกรวมจากมากไปหาน้อยพบว่า SD> HD> FD>ขมิ้นชันสด ตามลำดับ เนื่องจาก

สารประกอบฟีนอลิกหลักคือเคอร์คูมินเมื่อถูกย่อยสลายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสารประกอบฟีนอลิกอื่น ๆ โดยเฉพาะ vanillin ที่มีปริมาณที่สูงขึ้นเกิดจากการแตกตัวของสารเคอร์คูมินเป็น vanillin และ ferulic acid ที่ ระหว่างกระบวนการอบแห้ง (Tsuda 2018; Typek et al. 2019) แสดงดัง pathway (ภาพประกอบ 4.28) นอกจากนี้ยังเกิดการย่อยสลายจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกในตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งลดลงโดยเฉพาะปริมาณกรดฟีนอลิกรวมใน SD ลดลงถึง 6 เท่าเมื่อเทียบกับปริมาณกรดฟีนอลิกรวมในตัวอย่างขมิ้นชันสด นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของกรดฟีโนลิกที่พบโดดเด่นในทุกตัวอย่างของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งคือ vanillin พบปริมาณ 122 µg/g db ในตัวอย่าง SD ตามด้วย ferulic acid (41 µg/g db) และกรด vanillic (34 µg/g db) ซึ่งสาร ferulic vanillin และ vanillic acid เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายจากสารเคอร์คูมินทำให้ได้สารเหล่านี้ ซึ่งพบปริมาณสูงในตัวอย่าง SD เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยวิธีอื่น (Suresh et al. 2009)

ตาราง 4.19 ชนิดและปริมาณสารฟีนอลิกในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

ชนิดกรดฟีนอลิก	ปริมาณกรดฟีนอลิก (µg/g db)			
	Fresh	FD	HD	SD
gallic acid	5.01±0.03^{a}	1.32±0.02^{d}	1.94±0.04^{b}	1.54±0.01^{c}
protocatechuic acid	0.18±0.01^{d}	1.44±0.06^{c}	2.68±0.20^{b}	5.33±0.06^{a}
p-hydroxybenzoic acid	9.15±0.02^{a}	6.39±0.018^{b}	5.44±0.01^{c}	9.18±0.05^{a}
vanillic acid	2.56±0.28^{d}	11.10±0.48^{c}	20.08±1.01^{b}	34.61±0.49^{a}
caffeic acid	10.95±0.08^{b}	7.81±0.60^{c}	7.80±0.14^{c}	19.22±0.01^{a}
syringic acid	2.80±0.12^{d}	8.85±0.69^{c}	9.92±0.27^{b}	10.22±0.17^{a}
vanillin	5.52±0.86^{c}	24.86±0.95^{b}	23.60±0.89^{b}	122.76±2.16^{a}
p-coumaric acid	1.02±0.01^{d}	6.27±0.13^{c}	7.62±0.16^{b}	12.72±0.44^{a}
ferulic acid	3.55±0.10^{d}	15.01±0.74^{c}	18.39±0.18^{b}	41.92±2.69^{a}
sinapic acid	0.73±0.01^{c}	2.95±0.19^{b}	2.97±0.04^{b}	3.96±0.46^{a}
total	41.47±0.15	79.61±0.49	100.44±0.29	261.46±0.65

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05); FD: Freeze dried คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง; HD: คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบอบลมร้อน; SD คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด

4.3.2.7 ผลการทำแห้งต่อชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

ทำการศึกษาชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์จำนวนห้าชนิด ได้แก่ quercetin, kaempferol, rutin, apigenin และ myricetin จากการศึกษาพบสารฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งทุกตัวอย่าง แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทำแห้งตัวอย่างจะส่งผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทุกสภาวะการทำแห้งขมิ้นชัน โดยใน FD ปริมาณสารฟลาโวนอยด์จะลดลงน้อยที่สุด ชนิดฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งคือ myricetin บางชนิดของฟลาโวนอยด์คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สาร rutin และ apigenin ตัวอย่าง HD ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในลดลงระดับปานกลางและ ตัวอย่าง SD ปริมาณฟลาโวนอยด์จะลดลงสูงสุด ดังแสดงในตาราง 4.20

ตาราง 4.20 ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

Flavonoid content	Drying method			
(µg/g db)	Fresh	FD	HD	SD
rutin	13.3±0.14^{a}	13.09±1.50^{a}	10.96±0.77^{b}	1.28±0.02^{c}
myricetin	64.13±0.29^{a}	60.66±1.69^{a}	64.56±1.07^{a}	59.51±1.56^{a}
quercetin	26.32±0.16a	23.71±0.16^{b}	22.75±0.14^{c}	19.76±0.02^{d}
apigenin	45.64±0.43^{a}	42.04±1.74^{b}	34.79±1.53^{c}	31.37±1.19^{d}
kaempferol	24.43±0.09^{a}	19.29±0.37^{b}	18.09±0.07^{c}	17.99±0.52^{d}
total	173.82±0.14	158.79±0.76	151.15±0.62	129.91±0.69

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; $^{a,b,c...}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$); FD: Freeze dried คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง; HD: คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบอบลมร้อน; SD คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด

4.3.2.8 ผลการทำแห้งต่อชนิดและปริมาณกรดอะมิโนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC/MS/MS

กรดอะมิโนสามารถพบได้ทั่วไปในพืชแต่จะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้นๆ (Kan et al. 2017; Pęksa Miedzianka & Nemś 2018) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่อง LC/MS/MS ในการวิเคราะห์โดยจะวิเคราะห์กรดอะมิโนจำนวน 10 ชนิดประกอบด้วย arginine histidine isoleucine leucine lysine methionine phenylalanine threonine tryptophan และ valine ผลการศึกษาพบว่าเมื่อขมิ้นชันผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ ปริมาณกรดอะมิโนจะลดลง

เมื่อเทียบกับขมิ้นชันสด โดยลำดับการลำดับการลดลงของกรดอะมิโน เรียงลำดับจากการลดลงของกรดอะมิโนมากไปหาน้อยดังนี้ SD> FD>HD ตามลำดับและพบว่า isoleucine phenylalanine threonine และ arginine พบอยู่ในทุกตัวอย่างของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้ง ในทางกลับกัน methionine และ valine ไม่พบในตัวอย่างขมิ้นชันเลย ดังแสดงในตาราง 4.20 เมื่อพิจารณาจากกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมด 9 ชนิด พบปริมาณสูงสุดใน ขมิ้นชันสด (321.83 µg/g db) HD (71.12 µg/g db) FD (60.31 µg/g db) และ SD (53.22 µg/g db) ตามลำดับ พบ Tryptophan สูงสุดในจำนวนของกรดอะมิโนทั้งหมด (94.48 µg/g db) ในตัวอย่างขมิ้นชันสด เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของกรดอะมิโนกับตัวอย่างขมิ้นชันสด พบว่า histidine ลดลงเพียงเล็กน้อย (ลดลง 41.12 เปอร์เซ็นต์) ในตัวอย่าง HD และไลซีน (ลดลง 43.05 เปอร์เซ็นต์) จากตัวอย่าง FD ตามลำดับ

จากรายงานผลการศึกษาพบว่ากรดอะมิโนชนิดอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านกระบวนการ ทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Coimbra et al. 2011) โดยการศึกษาในผลไม้ลูกแพร ผ่านการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ปริมาณของกรดอะมิโนรวมและกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะลดลง ซึ่งเกิดจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard ที่อุณหภูมิห้อง ได้ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายของกรดอะมิโน ส่วนผลการของกรดอะมิโนในขมิ้นชันเมื่อผ่านการทำแห้ง HD มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ อาจเกิดจากการย่อยสลายด้วยความร้อนในระหว่างกระบวนการอบแห้ง โมเลกุลโปรตีนที่ถูกไฮโดรไลซ์โดยความร้อนทำให้เกิดเป็นกรดอะมิโนได้ทำให้กรดอะมิโนบางชนิดเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในตาราง 4.21 และ 4.22

ตาราง 4.21 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

Amino acid content (µg/g db)	Drying method			
	Fresh	FD	HD	SD
arginine	18.47±0.63[a]	2.49±0.05[b]	3.46±0.03[c]	1.17±0.05[d]
histidine	1.04±0.04[a]	0.33±0.01[c]	0.61±0.01[b]	0.02±0.00[d]
isoleucine	48.81±0.69[a]	9.73±0.16[d]	12.81±0.19[b]	11.44±0.16[c]
leucine	51.19±0.43[a]	15.38±0.28[c]	19.76±0.13[b]	14.06±0.19[d]
lysine	5.08±0.06[a]	2.85±0.12[b]	2.66±0.12[c]	0.86±0.04[d]
methionine	ND	ND	ND	ND

ตาราง 4.22 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (ต่อ)

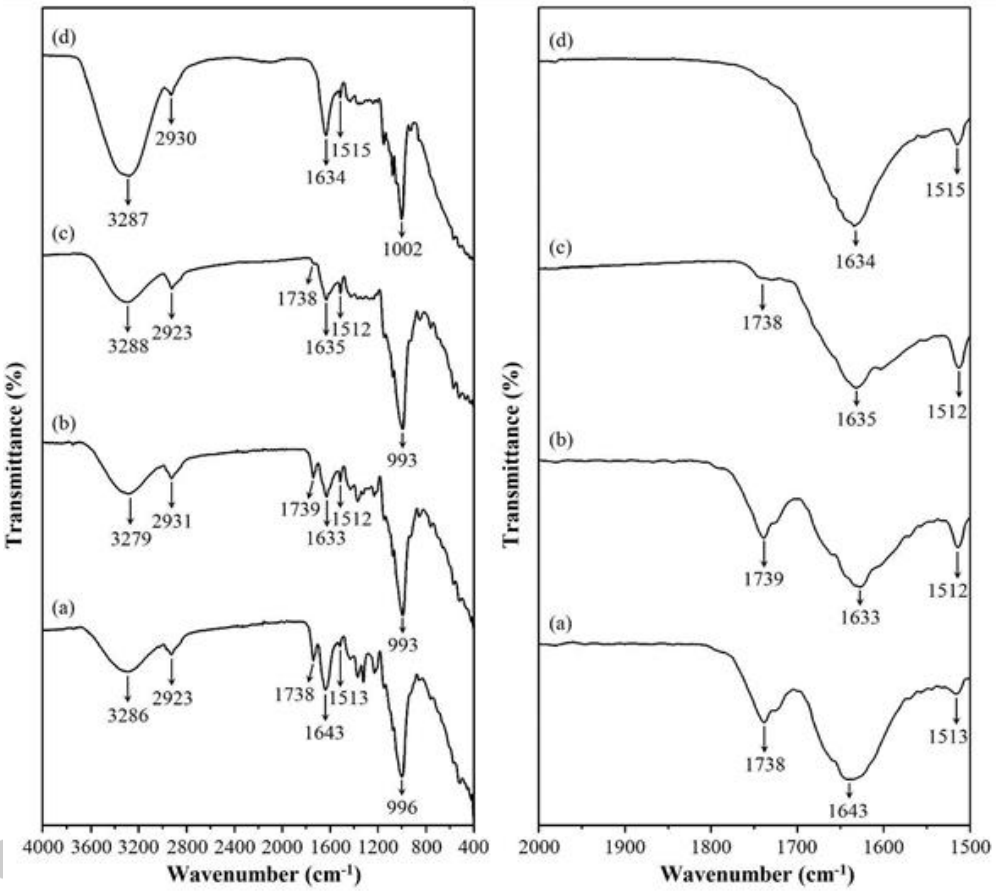
Amino acid content (μg/g db)	Drying method			
	Fresh	FD	HD	SD
phenylalanine	81.70±0.80[a]	11.03±0.07[b]	1.53±0.07[d]	9.89±0.08[c]
threonine	21.05±0.60[a]	4.17±0.02[c]	6.14±0.08[b]	0.18±0.04[d]
tryptophan	94.48±0.08[a]	14.38±0.19[d]	24.15±0.11[b]	15.62±0.24[c]
valine	ND	ND	ND	ND
total	321.83±0.92	60.31±0.11	71.12±0.09	53.22±0.10

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; a,b,c... อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$); ND: Not detected ผลการวิเคราะห์ไม่พบ; FD: Freeze dried คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง; HD: คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบอบลมร้อน; SD คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด

4.3.2.9 ความสัมพันธ์ของการแตกตัวของสารประกอบฟีนอลิกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR

ผลของสเปกตรัม FTIR ของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ แสดงดังภาพประกอบ 4.29 แต่ละพีคสเปกตรัมหมายถึงการดูดกลืนช่วงสเปกตรัมของหมูฟังก์ชั่นที่วิเคราะห์ในตัวอย่างขมิ้นชัน โดยสารเคอร์คูมินจะแสดงพีคที่ web no. ที่ 3288 cm− 1 (phenolic O-H stretching vibration) 2930 cm− 1 (C-H stretching) 1634 cm−1 (aromatic moiety C=C stretching) 1515 cm−1 (C-O-C stretching) และ 993 cm−1 (C-O-C stretching) ซึ่งพีคของสเปกตรัมดังกล่าว พบในตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งทุกวิธี จากการรายงานของ Staurt (2004) พบว่าสารเคอร์คูมินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในขมิ้นชัน สามารถแตกตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลงได้ ได้แก่ vanillin และ ferulic acid โดยเกิดพีคสเปกตรัมที่ web no. 1738 cm−1 และ 1739 cm−1 ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชั่นของ aldehyde C=O stretching แสดงดังภาพประกอบ 4.32 partway การแตกตัวของสารเคอร์คูมิน เมื่อตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งโดยเฉพาะตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยความร้อนได้แก่ในตัวอย่าง SD และ HD จะพบพีคสเปกตรัมที่ 1738 cm−1 และ 1739 cm−1 ตามลำดับ ที่เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของ aldehyde C=O stretching เกิดขึ้นอย่างชัดเจนตามภาพประกอบที่ 4.12 a -b ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Esatbeyoglu และคณะ 2015 ที่รายงานว่าสารเคอร์คูมินในขมิ้นชันจะสามารถแตกตัวไปเป็น vanillin ได้เมื่อขมิ้นชันถูกทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม (Nandiyanto และคณะ 2017) รายงานว่าการแตกตัวของสาร

เคอร์คูมินอาจเกิดขึ้นภายใต้อุณหภูมิต่ำของการอบแห้งด้วยลมร้อน (50 °C) ในสภาวะอุณหภูมิในการทำแห้งค่อนข้างต่ำของทั้ง HD (50 °C) และ SD (35-40 °C) พบว่าปริมาณสาร vanillin เพิ่มขึ้น ในขณะที่สารเคอร์คูมินลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ SD ที่ได้รับปัจจัยจากรังสี UV และแสงซึ่งเป็นปัจจัยทำให้เกิดการแตกตัวของสารเคอร์คูมินเพิ่มข้นซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณของสารฟีนอลิกและเคอร์คูมินที่ได้รายงานในหัวห้อ 4.3.2 และ 4.3.3 ทำให้สรุปได้ว่าสารเคอร์คูมินสามารถแตกตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำและผลของการแตกตัวจะเกิดเป็นสาร vanillin และ ferulic acid



ภาพประกอบ 4.29 สเปกตรัม FTIR ของขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ (a) SD (b) HD (c) FD และ (d) ขมิ้นชันสด

4.3.2.10 ผลการทำแห้งต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

DPPH เป็นสารประกอบอิสระมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่

ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ผลการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างขมิ้นชันที่ทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 4.23 พบว่า FD HD และ SD มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลงมีอย่างนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับขมิ้นชันสด ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในระหว่าง 145.47 mg Trolox/100g db ในตัวอย่าง SD ถึง 919.16 mg Trolox/100g db ในตัวอย่างขมิ้นชันสด ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่าง FD และ HD ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ ส่วนผลของวิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยประเมินคุณสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP assay เป็นการประเมินคุณสมบัติของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างโดยไปทำลายโซ่อนุมูลอิสระผ่านการให้อะตอมของไฮโดรเจน (Benzie & Strain 1996) ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 4.23 แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในตัวอย่างขมิ้นชันที่มีการทำแห้งที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด ซึ่งผลมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยผลในการวิเคราะห์พบว่าในขมิ้นชันสดมีค่า FRAP สูงสุด (45.77 mg $FeSO_4$ /g db) ตามด้วย HD (27.37 mg $FeSO_4$/g db) FD (27.28 mg $FeSO_4$/g db) และ SD (25.64 mg $FeSO_4$/g db) ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นเป็นไปตามแนวโน้มเดียวกันกับ TPC สำหรับวิธีการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS. + ขึ้นอยู่กับการลดลงของอนุมูลอิสระไอออนบวกที่เกิดขึ้นก่อน $ABTS^{\cdot+}$ โดยการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการลดลงของสีสาร $ABTS^{\cdot+}$ โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ในการวัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่าง (Re et al. 1999) จากการศึกษาพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง ตั้งแต่ 17.21 ถึง 60.41 mg Trolox / 100g db ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง 4.23 โดยผลการวิเคราะห์ $ABTS^{\cdot+}$ นำเสนอแนวโน้มที่แตกต่างเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ DPPH และ FRAP ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ ของตัวอย่างเรียงลำดับจากสูงไปหาต่ำดังนี้ HD> SD> FD> ขมิ้นชันสดซึ่งพบว่าตัวอย่าง HD มีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ สูงกว่าตัวอย่างสด 3.5 เท่า

กระบวนการทำให้แห้งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าความผันแปรในกระบวนการและเงื่อนไขการอบแห้ง (อุณหภูมิ, เวลา, ความชื้น, แสง ฯลฯ) จะทำให้เกิดการตอบสนองที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการลดลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในขมิ้นชัน นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์เพิ่มเติมสำหรับการศึกษากลไกในการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันของตัวอย่างแต่ละชนิด เพื่อเป็นการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้คลอบคลุม และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ตาราง 4.23 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์วิธี DPPH radical scavenging FRAPและ ABTS.+

Drying methods	DPPH (mg TE / 100g db)	FRAP (mg $FeSO_4$/ g db)	$ABTS^{\cdot+}$ (mg TE/ 100g db)
Fresh	919.16±0.11[a]	45.77±1.17[a]	17.21±1.27[d]
FD	147.88±0.29[b]	27.28±0.88[b]	31.59±1.74[c]
HD	149.51±1.07[b]	27.37±0.23[b]	60.41±2.42[a]
SD	145.47±0.96[c]	25.64±0.64[c]	38.68±0.09[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; [a,b,c...] อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$); FD: Freeze dried คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบเยือกแข็ง; HD: คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบอบลมร้อน; SD คือ ตัวอย่างทำแห้งแบบตากแดด

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยและผลของการแปรรูปแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การศึกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยศึกษา จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ขิงน้อย อีทือ หมาหยี ขิงกระต่าย มหาหงส์ ขมิ้นชัน กระเจียวแดง กระเจียวขาว ข่าคม ข่าลิง ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการใช้ประโยชน์บางชนิดเป็นพืชหายากและไม่เคยมีการรายงานมาก่อนในเรื่องสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทาชีวภาพ ได้แก่ อีทือ หมายี ขิงกระต่าย กระเจียวขาว กระเจียวแดง บางชนิดยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญ เช่น ฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาไกลเคชั่น เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาจะคัดเลือกชนิดของพืชวงศ์ขิงไทยเพื่อนำไปศึกษาผลของการแปรรูปให้ยังคงรักษาสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพในการทดลองที่ 2 โดยผลการการแปรรูปด้วยกระบวนการหมักทำเครื่องดื่ม และกระบวนการทำแห้ง (ตากแดด อบลมร้อน ทำแห้งแบบเยือกแข็ง) ผลการศึกษาทั้ง 2 การทดลองสรุปดังนี้

5.1 สรุปผล

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์ขิงของไทย จากผลการศึกษาสรุปดังนี้ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบสูงในขมิ้นชันพบปริมาณ 202.7 mgGAE/g DW และ 6.6 mgRE/g DW ตามลำดับ ชนิดของฟีนอลิกที่พบสูงคือ p-hydroxybenzoic acid (165 µg/g DW) พบในข่าคม ปริมาณ ชนิดของสารฟลาโวนอยด์ที่พบปริมาณสูงคือ kaemferol (620 µg/g DW) พบสูงในอีทือ ปริมาณสาร 6-gingerol พบสูงสุดใน ขมิ้นชัน (55.3 mg/g DW) ปริมาณวิตามินซี พบสูงสุดในขิงน้อย (0.2 mg/g DW) ปริมาณสารเคอร์คูมินพบสูงสุดใน ขมิ้นชัน (59879.3 µg /g DW) ฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลิสระ DPPH สูงคือ ข่าคม ข่าลิง ขิงน้อย และขมิ้นชัน (9.2-95 mgTrolox eq./g DW) ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาไกลเคชั่น และฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ พบสูงสุดในขมิ้นชัน จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าขมิ้นชันเป็นพืชวงศ์ขิงไทยที่มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อโดยนำไปแปรรูปและศึกษาผลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพเมื่อผ่านการแปรรูปในการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการแปรรูป เลือกพืชวงศ์ขิงไทยที่มีศักยภาพจากการทดลองที่ 1 จำนวน 1 ชนิด มาทำการแปรรูปด้วยวิธีหมักเครื่องดื่มไวน์ และ การแปรรูปด้วยการทำแห้ง (ตากแดด อบลมร้อน ทำแห้งแบบเยือกแข็ง ผลการศึกษาดังนี้ การแปรรูปด้วยการหมักเป็นเครื่องดื่มไวน์ขมิ้นชัน เมื่อผ่านกระบวนการหมักเป็นระยะเวลา 7 วัน ปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพลดลง โดยเฉพาะสารเคอร์คูมินที่เป็นสารสำคัญหลักในขมิ้นชันโดยลงลงมากกว่า 3.5 เท่าของปริมาณสารเคอร์คูมินเริ่มต้น นอกจากนี้ ยังเหลือรสชาติขมและกลิ่นของขมิ้นชันที่รุนแรงไม่เหมาะต่อการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ดังนั้นการแปรรูปขมิ้นชันด้วยกระบวนการหมักจึงไม่เหมาะสม

การแปรรูปด้วยการทำแห้งเป็นการเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชันดีกว่ากระบวนแปรรูปด้วยการหมักไวน์ โดยการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพได้ใกล้เคียงกับขมิ้นชันสดมากที่สุดเนื่องด้วยเป็นการทำแห้งที่ไม่ใช้ความร้อน ในกระบวนการทำแห้งโดยใช้ความร้อน (ตากแดด อบลมร้อน) ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพลดลงหรือเปลี่ยนเป็นสารชนิดอื่น โดยเฉพาะสารเคอร์คูมินที่เป็นสารออกฤทธิ์หลักในขมิ้นชันเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนและแสงยูวี โดยแตกตัวเป็นสารวานิลินซึ่งจะเกิดสูงสุดในการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพลดลงมากที่สุดด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ที่ไปย่อยสารฟีนอลิกทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลงซึ่งเอนไซม์นี้จะสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส ทำให้วิธีการตากแดดมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพลดลงมากที่สุด อย่างไรก็ตามกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีต้นทุนสูงกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน และตากแดด ทั้งนี้การเลือกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเพื่อไปต่อยอดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่นขึ้นตามความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์หรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาของพืชวงศ์ขิงไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 10 ชนิด ควรมีการศึกษาชนิดอื่นเพิ่มเติมเพื่อเป็นการประเมินศักยภาพให้ครอบคลุมโดยเฉพาะพืชท้องถิ่นที่มีการใช้ประโยชน์และยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่มีการรายงานเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดในพืชวงศ์ขิงไทย

5.2.2 การศึกษาการแปรรูปขมิ้นชันในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการแปรรูปสองวิธีทั้งนี้การแปรรูปขมิ้นชันควรศึกษากระบวนการแปรรูปด้วยวิธีการแตกต่างเพิ่มขึ้นเพื่อให้ยังคงรักษาสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชันได้มากที่สุดและเพื่อการนำไปใช้ได้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2559. *16 พฤศจิกายน 2559*. http://www.phargarden .com/main.php?action=viewpage&pid=86.

จรัญ มากน้อย สุรพล แสนสุข เกศริน มณีนูน และ วิทยา ป้องอมรกุล. 2559. *การใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงในประเทศไทย*. องค์การสวนพฤกษศาสตร์. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. เชียงใหม่.

ฐานข้อมูลส่งเสริมคุณภาพสินค้า OTOP. 2559. *16 พฤศจิกายน 2559*. http://otop.dss.go.th/%0AIndex.php/component/categoryblock/curcuma-longa.

พวงเพ็ญ ศิริรักษ์. 2544. *พรรณพืชวงศ์ขิงของไทย, น.63-77. ใน การประชุมวิชาการประจำ ปี โครงการ BRT ครั้งที่ 5 วันที่ 8-11 ต.ค. 2544.โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย,บริษัท จิรวัฒน์ เอ็กซ์เพรส จำกัด*, กรุงเทพ ฯ.

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพรจึงมั่นคง. 2559. *8 ธันวาคม 2559*. http://www.ubu.ac.th files_up/08f20130322161932 76.pdf.

วัชระคุปต์, โอภา. 2549. “สารต้านอนุมูลอิสระ.” *พี.เอส.พรนท*, กรุงเทพฯ.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. 2557. “สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร.” *โอเดียนสโตร์*, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานพัฒนาแศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ(องค์การมหาชน). 2559. *บัญชีรายการทรัพย์สินชีวภาพ พืช วงศ์ขิง*. สำนักงานพัฒนาแศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ(องค์การมหาชน). กรุงเทพมหานคร.

สุรพล แสนสุข. 2543. “การศึกษาสัณฐานวิทยา โครโมโซม และละอองเรณูของพรรณไม้วงศ์ขิงในอุทยานแห่งชาติภูพาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

สุรพล แสนสุข. 2554. “พืชถิ่นเดียวและพืชหายากของวงศ์ขิง-ข่าในประเทศไทย.” *วารสารวิจัย มข.* 16(3): 306–30.

องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระรวงทรัพยาการธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2559. *16 พฤศจิกายน 2559*. http://www.qsbg.org/Database/plantdb/mdp/medicinal-specimen.asp?id=121.

Ajayi, Olubunmi B., Seun F. Akomolafe, and Funmilayo T. Akinyemi. 2013. " Food Value of Two Varieties of Ginger (Zingiber Officinale) Commonly Consumed in Nigeria ." *ISRN Nutrition* 2013: 1–5.

An, Kejing et al. 2016. "Comparison of Different Drying Methods on Chinese Ginger (Zingiber Officinale Roscoe): Changes in Volatiles, Chemical Profile, Antioxidant Properties, and Microstructure." *Food Chemistry* 197: 1292–1300.

De Araújo Pinho, F. V.S. et al. 2005. "Antinociceptive Effects of the Essential Oil of Alpinia Zerumbet on Mice." *Phytomedicine* 12(6–7): 482–86.

Aziz, Ahmad Nazif et al. 2013. "Antimicrobial Compounds from Alpinia Conchigera." *Journal of Ethnopharmacology* 145(3): 798–802.

Chareonkla, Arthittaya et al. 2011. "A New Diarylheptanoid from the Rhizomes of Zingiber Mekongense." *Fitoterapia* 82(4): 534–38.

Chempakam, B. and Parthasarathy V.A. 2008. *Chemistry of Spice . Biddles Ltd, King's Lynn.* United Kingdom.

Chen, I. Nan et al. 2008. "Antioxidant and Antimicrobial Activity of Zingiberaceae Plants in Taiwan." *Plant Foods for Human Nutrition* 63(1): 15–20.

Chompoo, Jamnian et al. 2011. "Advanced Glycation End Products Inhibitors from Alpinia Zerumbet Rhizomes." *Food Chemistry* 129(3): 709–15.

Chumroenphat, Theeraphan, Issaraporn Somboonwatthanakul, Surapon Saensouk, and Sirithon Siriamornpun. 2019. "The Diversity of Biologically Active Compounds in the Rhizomes of Recently Discovered Zingiberaceae Plants Native to North Eastern Thailand." *Pharmacognosy Journal* 11(5): 1014–22.

Cruz-Garcia, Gisella S., and Lisa L. Price. 2011. "Ethnobotanical Investigation of 'wild' Food Plants Used by Rice Farmers in Kalasin, Northeast Thailand." *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7(November).

Ding, S. H. et al. 2012. “Effect of Drying Methods on Volatiles of Chinese Ginger (Zingiber Officinale Roscoe).” *Food and Bioproducts Processing* 90(3): 515–24.

E, Jayashree, Visvanathan R, and John Zachariah T. 2014. “Quality of Dry Ginger (Zingiber Officinale) by Different Drying Methods.” *Journal of Food Science and Technology* 51(11): 3190–98.

Elzaawely, Abdelnaser A., Tran D. Xuan, Haruo Koyama, and Shinkichi Tawata. 2007. “Antioxidant Activity and Contents of Essential Oil and Phenolic Compounds in Flowers and Seeds of Alpinia Zerumbet (Pers.) B.L. Burtt. & R.M. Sm.” *Food Chemistry* 104(4): 1648–53.

Ghasemzadeh, Ali, Hawa Z.E. Jaafar, and Asmah Rahmat. 2010. “Antioxidant Activities, Total Phenolics and Flavonoids Content in Two Varieties of Malaysia Young Ginger (Zingiber Officinale Roscoe).” *Molecules* 15(6): 4324–33.

Habsah, M. et al. 2000. “Screening of Zingiberaceae Extracts for Antimicrobial and Antioxidant Activities.” *Journal of Ethnopharmacology* 72(3): 403–10.

Hanh, Nguyen Phuong, Nguyen Manh Cuong, and Pham Ngoc Khanh. 2018. “Chemical Compositions and Antimicrobial Activity of Essential Oil from the Rhizomes of Curcuma Singularis Growing in Vietnam Chemical Compositions and Antimicrobial Activity of Essential Oil from the Rhizomes of Curcuma Singularis Growing in Vietnam Nguye.” (April).

Harakotr, Bhornchai et al. 2014. “Anthocyanin, Phenolics and Antioxidant Activity Changes in Purple Waxy Corn as Affected by Traditional Cooking.” *Food Chemistry* 164: 510–17.

Hartati, Rika, Asep Gana Suganda, and Irda Fidrianny. 2014. “Botanical, Phytochemical and Pharmacological Properties of Hedychium (Zingiberaceae) – A Review.” *Procedia Chemistry* 13: 150–63.

Hirun, Sathira, Niramon Utama-ang, and Paul D. Roach. 2014. "Turmeric (Curcuma Longa L.) Drying: An Optimization Approach Using Microwave-Vacuum Drying." *Journal of Food Science and Technology* 51(9): 2127–33.

Ho, Jiau Ching. 2011. "Antimicrobial, Mosquito Larvicidal and Antioxidant Properties of the Leaf and Rhizome of Hedychium Coronarium." *Journal of the Chinese Chemical Society* 58(4): 563–67.

I-Nan, C., Chen-Chin, C., Chang-Chai, N., Chung-Yi, W., Yuan-Tay, S., & Tsu-Liang, C. 2008. "Antioxidant and Antimicrobial Activity of Zingiberaceae Plants in Taiwan." *Plant Foods Human Nutritional* 63: 15–20.

Ibrahim, Halijah et al. 2009. "Essential Oils of Alpinia Conchigera Griff. and Their Antimicrobial Activities." *Food Chemistry* 113(2): 575–77.

Jamir, Kizukala, and Seshagirirao Kottapalli. 2017. "Phytochemical and Antimicrobial Evaluation of Methanolic Extracts of Selected Zingiberaceae Taxa from Peren District, Nagaland, Northeast India." *The EuroBiotech Journal* 1(4): 337–44.

Jose, K. P., and C. M. Joy. 2009. "Solar Tunnel Drying of Turmeric (Curcuma Longa Linn. Syn. C. Domestica Val.) for Quality Improvement." *Journal of Food Processing and Preservation* 33(SUPPL. 1): 121–35.

Kaewseejan, Niwat, and Sirithon Siriamornpun. 2015. "Bioactive Components and Properties of Ethanolic Extract and Its Fractions from Gynura Procumbens Leaves." *Industrial Crops and Products* 74: 271–78.

Kamazeri, Tg Siti Amirah Tg et al. 2012. "Antimicrobial Activity and Essential Oils of Curcuma Aeruginosa, Curcuma Mangga, and Zingiber Cassumunar from Malaysia." *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 5(3): 202–9.

Kantayos, Vipada, and Yingyong Paisooksantivatana. 2012. "Antioxidant Activity and Selected Chemical Components of 10 Zingiber Spp. in Thailand." *Journal of Developments in Sustainable Agriculture* 7(1): 89–96.

Kharat, Mahesh, Zheyuan Du, Guodong Zhang, and David Julian McClements. 2017. "Physical and Chemical Stability of Curcumin in Aqueous Solutions and Emulsions: Impact of PH, Temperature, and Molecular Environment." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65(8): 1525–32.

Kim, Dae Wook et al. 2016. "Chemical Constituents and Anti-Inflammatory Activity of the Aerial Parts of Curcuma Longa." *Journal of Functional Foods* 26: 485–93.

Ko, Min Jung, Hwa Hyun Nam, and Myong Soo Chung. 2019. "Conversion of 6-Gingerol to 6-Shogaol in Ginger (Zingiber Officinale) Pulp and Peel during Subcritical Water Extraction." *Food Chemistry* 270(April 2018): 149–55.

Kocaadam, Betül, and Nevin Şanlier. 2017. "Curcumin, an Active Component of Turmeric (Curcuma Longa), and Its Effects on Health." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(13): 2889–95.

Kubola, Jittawan, Sirithon Siriamornpun, and Naret Meeso. 2011. "Phytochemicals, Vitamin C and Sugar Content of Thai Wild Fruits." *Food Chemistry* 126(3): 972–81.

Kutti Gounder, Dhanalakshmi, and Jaganmohanrao Lingamallu. 2012. "Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Potential of Volatile Oil from Fresh, Dried and Cured Turmeric (Curcuma Longa) Rhizomes." *Industrial Crops and Products* 38(1): 124–31.

Laokuldilok, N, P Kopermsub, P Thakeow, and Utama-Ang. 2015. "Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Turmeric (Curcuma Longa)." *Journal of Agricultural Technology* 11(5): 1185–96.

Larsen, K. and Larsen, S. 2006. *Gingers of Thailand*. Queen Sirikit Botanic Garden, Chiamg Mai, Thailand.

Leonel, Magali, Priscila Aparecida Suman, and Emerson Loli Garcia. 2015. "PRODUCTION OF Ginger Vinegar." *Ciência e Agrotecnologia* 39(2): 183–90.

Mahae, Nopparat, and Siree Chaiseri. 2009. "Antioxidant Activities and Antioxidative Components in Extracts of Alpinia Galanga (L.) Sw." *Kasetsart Journal - Natural Science* 43(2): 358–69.

Mao, Qian Qian et al. 2019. "Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (Zingiber Officinale Roscoe)." *Foods* 8(6): 1–21.

Mohd Sirat, Hasnah, and Md. Liamen. 1995. "Chemical Constituents of Alpinia Purpurata." *Pertanika Journal of Science & Technology* 3(1): 67–71.

Nishidono, Yuto et al. 2020. "Anti-Inflammatory Kavalactones from Alpinia Zerumbet." *Fitoterapia* 140(October 2019): 104444.

Norajit, Krittika, Natta Laohakunjit, and Orapin Kerdchoechuen. 2007. "Antibacterial Effect of Five Zingiberaceae Essential Oils." *Molecules* 12(8): 2047–60.

Offei-Oknye, R., J. Patterson, L. T. Walker, and Martha Verghese. 2015. "Processing Effects on Phytochemical Content and Antioxidative Potential of Ginger <I>Zingiber Officale</I>" *Food and Nutrition Sciences* 06(05): 445–51.

Osabor, V., F. Bassey, and U. Umoh. 2015. "Phytochemical Screening and Quantitative Evaluation of Nutritional Values of Zingiber Officinale (Ginger)." *American Chemical Science Journal* 8(4): 1–6.

Roman Junior, Walter A. et al. 2017. "Antiproliferative Effects of Pinostrobin and 5,6-Dehydrokavain Isolated from Leaves of Alpinia Zerumbet." *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 27(5): 592–98.

Saensouk, Surapon, Piyaporn Saensouk, Pattana Pasorn, and Pranom Chantaranothai. 2016. "Diversity and Uses of Zingiberaceae in Nam Nao National Park, Chaiyaphum and Phetchabun Provinces, Thailand, with a New Record for Thailand." *Agriculture and Natural Resources* 50(6): 445–53.

Satyajit D.K. and Nahar L. 2007. *Turmeric – The Genus Curuma, CRC Press, Boca Raton*. USA.

Semwal, Ruchi Badoni, Deepak Kumar Semwal, Sandra Combrinck, and Alvaro M. Viljoen. 2015. "Gingerols and Shogaols: Important Nutraceutical Principles from Ginger." *Phytochemistry* 117: 554–68.

Sharma, A. 2012. "Traditional Processing of Shotti (Curcuma Angustifolia Roxb.) - a Rhizome Based Ethnic Weaning Food." *Indian Journal of Traditional Knowledge* 11: 154–55.

Shiwoto Ruth Assumi et al. 2017. "In Vitro Anti-Proliferative Activity of Curcuma Angustifolia and Estimation of Bioactive Compounds for Antioxidant Activity." *Journal of Food Science and Engineering* 7(1): 59–66.

Singh, G. et al. 2010. "Comparative Study of Chemical Composition and Antioxidant Activity of Fresh and Dry Rhizomes of Turmeric (Curcuma Longa Linn.)." *Food and Chemical Toxicology* 48(4): 1026–31.

Sirat, H. M., A. A. Rahman, H. Itokawa, and H. Morita. 1996. "Constituents of the Rhizomes of Two Alpinia Species of Malaysia." *Planta Medica* 62(2): 188–89.

Sivasothy, Yasodha et al. 2013. "Antioxidant and Antibacterial Activities of Flavonoids and Curcuminoids from Zingiber Spectabile Griff." *Food Control* 30(2): 714–20.

Soleimani, Vahid, Amirhossein Sahebkar, and Hossein Hosseinzadeh. 2018. "Turmeric (Curcuma Longa) and Its Major Constituent (Curcumin) as Nontoxic and Safe Substances: Review." *Phytotherapy Research* 32(6): 985–95.

Srinivasan, Krishnapura. 2017. "Ginger Rhizomes (Zingiber Officinale): A Spice with Multiple Health Beneficial Potentials." *PharmaNutrition* 5(1): 18–28.

Suhaj, Milan. 2006. "Spice Antioxidants Isolation and Their Antiradical Activity: A Review." *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6–7): 531–37.

Surh, Young Joon, Eunyong Lee, and Jong Min Lee. 1998. "Chemoprotective Properties of Some Pungent Ingredients Present in Red Pepper and Ginger." *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 402(1–2): 259–67.

Wanyo, Pitchaporn, Naret Meeso, and Sirithon Siriamornpun. 2014. "Effects of Different Treatments on the Antioxidant Properties and Phenolic Compounds of Rice Bran and Rice Husk." *Food Chemistry* 157: 457–63.

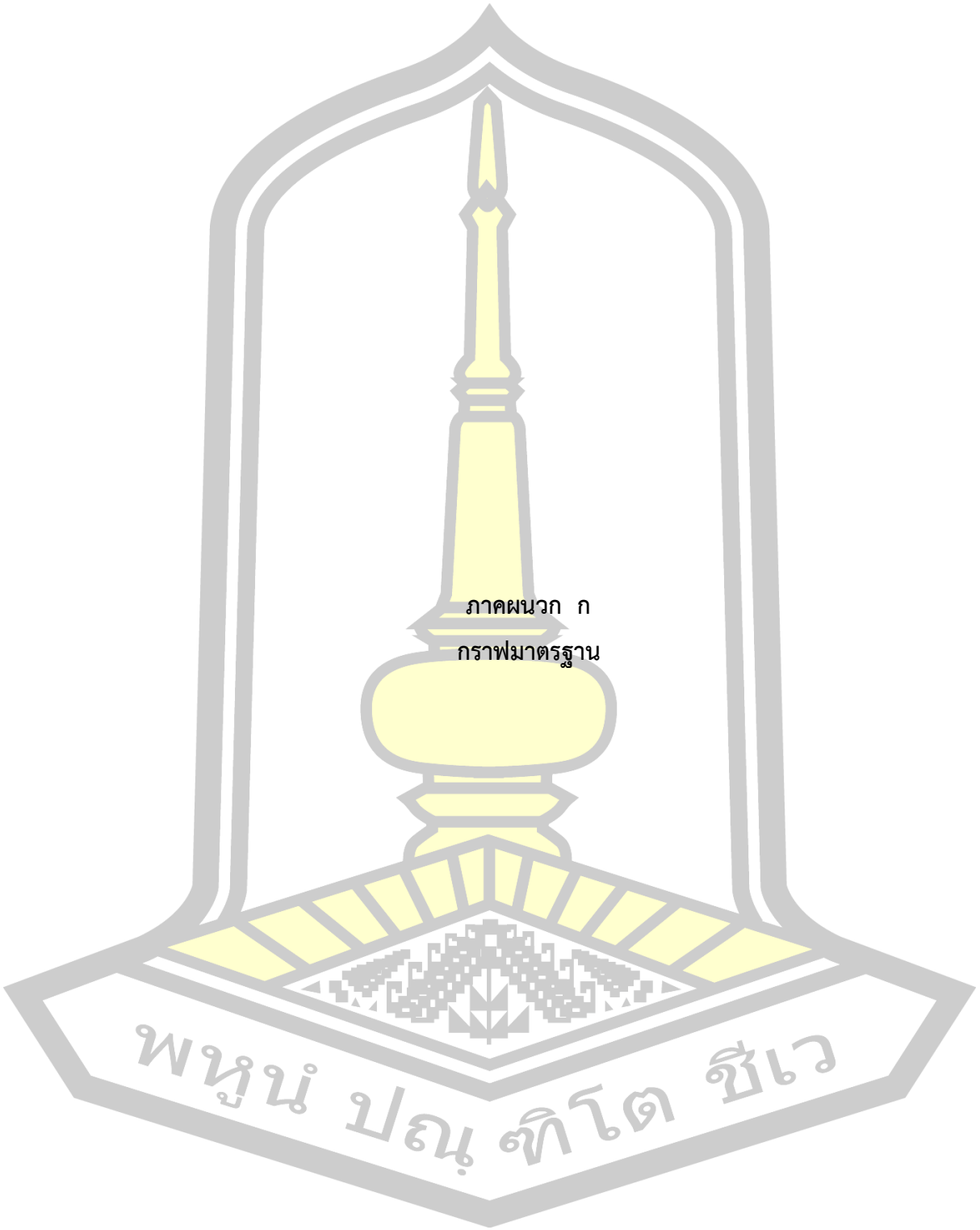
Whitney, Cory William et al. 2014. "Conservation and Ethnobotanical Knowledge of a Hmong Community in Long Lan, Luang Prabang, Lao People's Democratic Republic." *Ethnobotany Research and Applications* 12(December): 643.

Yeh, Hsiang yu et al. 2014. "Bioactive Components Analysis of Two Various Gingers (Zingiber Officinale Roscoe) and Antioxidant Effect of Ginger Extracts." *LWT - Food Science and Technology* 55(1): 329–34.

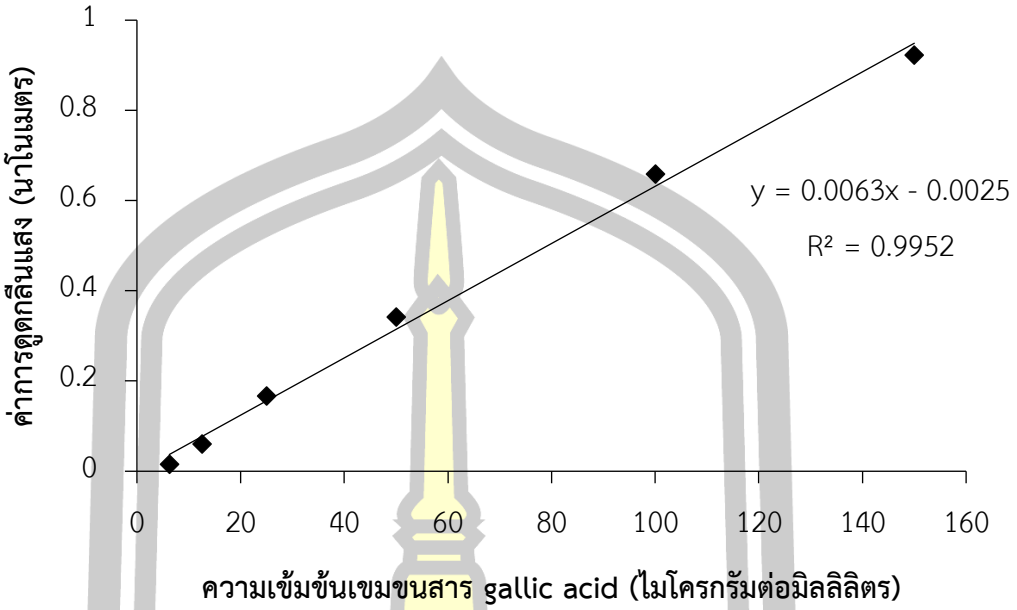
Zancan, Kelly C., Marcia O.M. Marques, Ademir J. Petenate, and M. Angela A. Meireles. 2001. "Extraction of Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) Oleoresin with CO2 and Co-Solvents: A Study of the Antioxidant Action of the Extracts." *Journal of Supercritical Fluids* 24(1): 57–76.

Zhou, Jian Liang et al. 2019. "Chemical Markers' Knockout Coupled with UHPLC-HRMS-Based Metabolomics Reveals Anti-Cancer Integration Effects of the Curcuminoids of Turmeric (Curcuma Longa L.) on Lung Cancer Cell Line." *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 175: 112738.

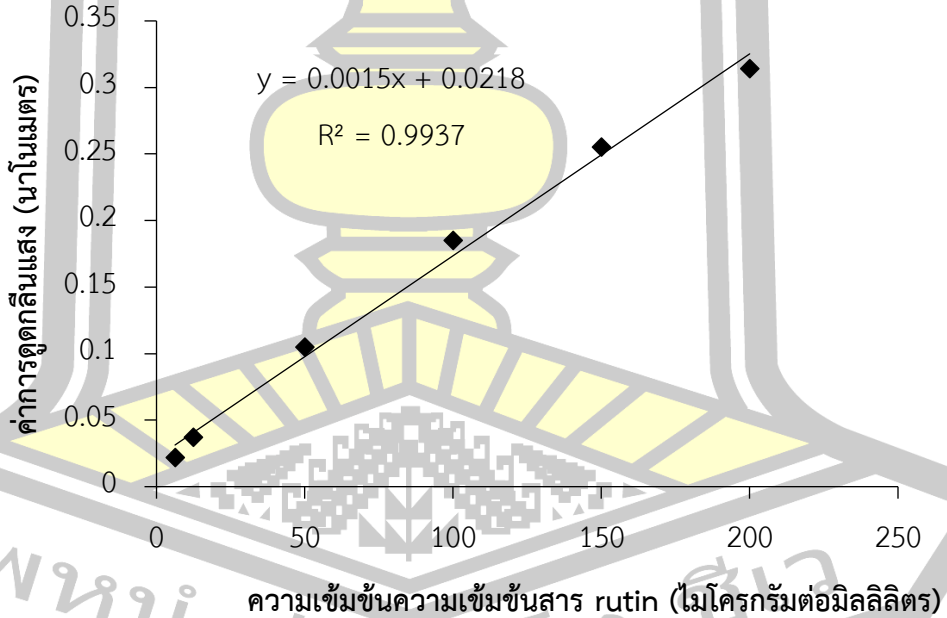
ภาคผนวก



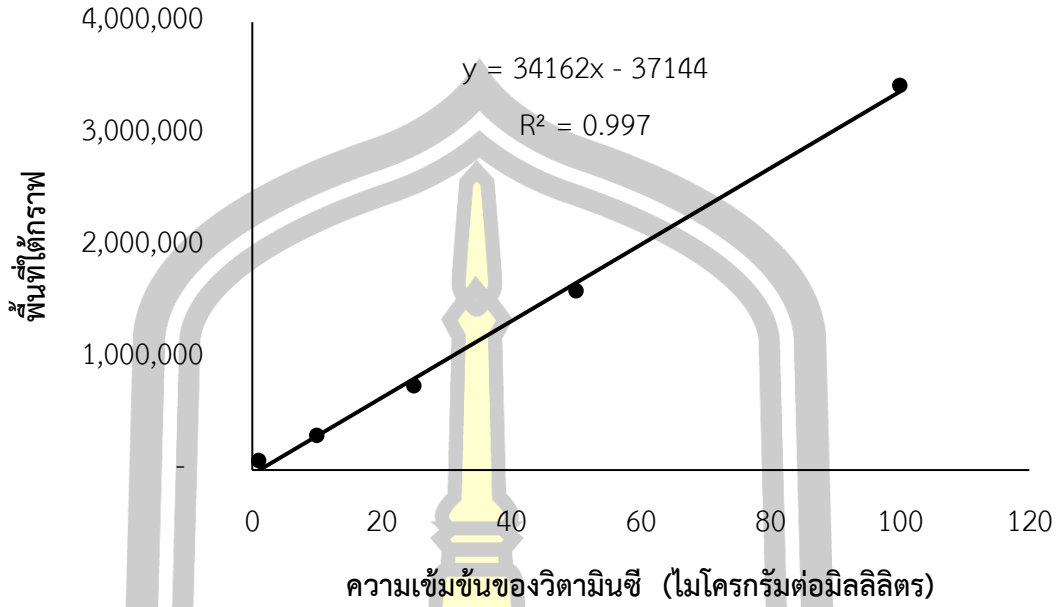
ภาคผนวก ก
กราฟมาตรฐาน



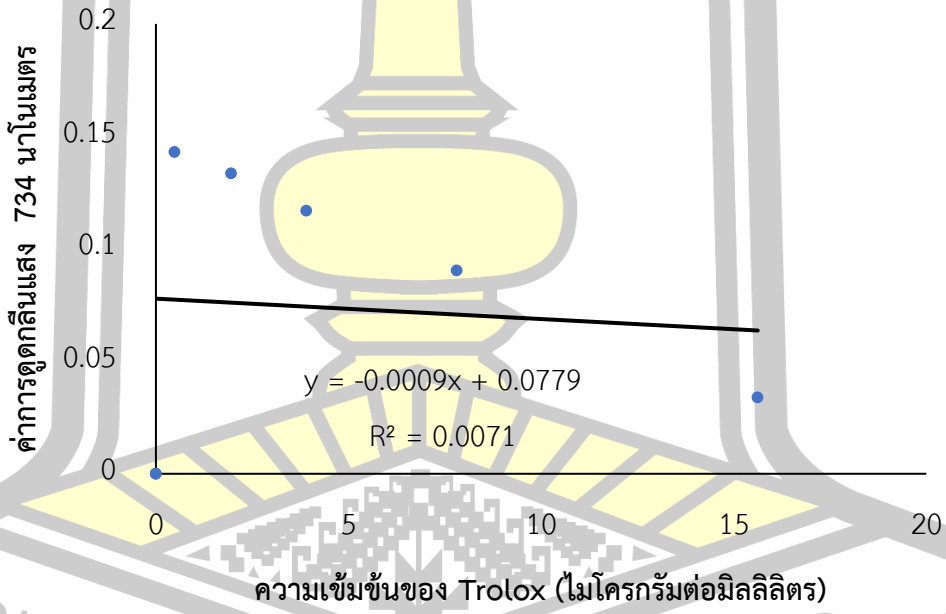
ภาพประกอบ ก.30 กราฟมาตรฐาน gallic acid สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด



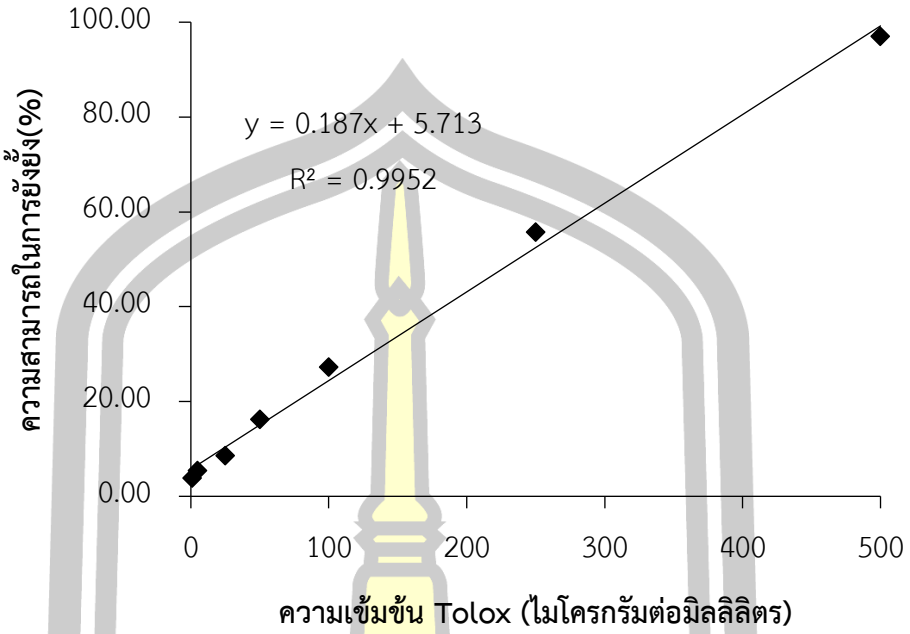
ภาพประกอบ ก.31 กราฟมาตรฐาน rutin สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด



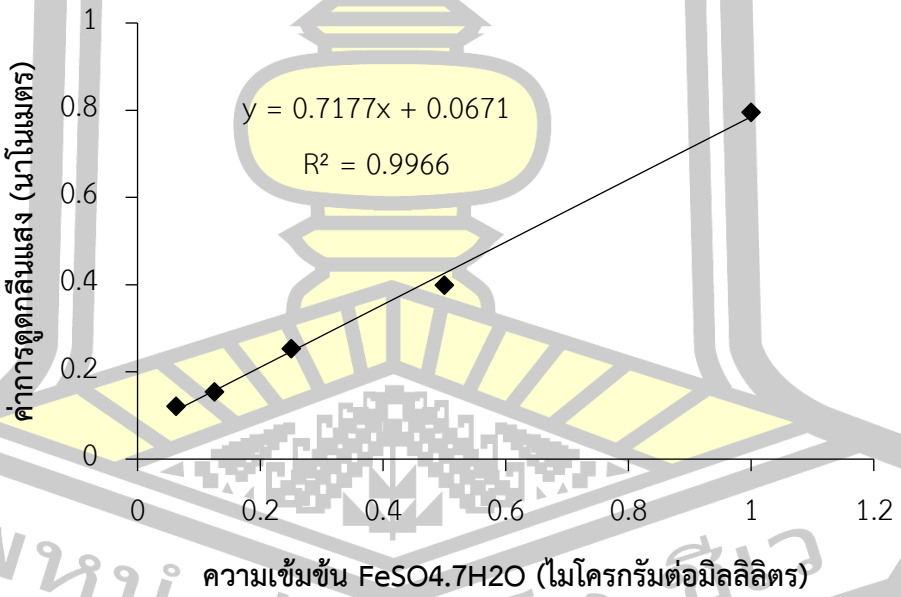
ภาพประกอบ ก.32 กราฟมาตรฐานวิตามินตามินซีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยเครื่องHPLC



ภาพประกอบ ก.33 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS



ภาพประกอบ ก.34 กราฟมาตรฐาน Trolox สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH



ภาพประกอบ ก.35 กราฟมาตรฐาน $FeSO_4.7H_2O$ สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระตามวิธี FRAP

ตาราง ก.24 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC

ชนิดของกรดฟีนอลิก	**สมการของกราฟมาตรฐาน (µg/ml)**	**Coefficient of determination (R^2)**
gallic acid	y = 72776x + 168260	0.9946
protocatechuic	y = 47428x + 288286	0.9865
p-hydroxybenzoic	y = 38383x + 182990	0.993
chlorogenic	y = 76014x + 436455	0.9917
vanillic acid	y = 40023x + 810144	0.9958
vanillin	y = 119664x + 207.42	0.9982
caffeic acid	y = 160674x + 870450	0.9901
syringic acid	y = 93073x - 70614	0.9994
p-coumaric acid	y = 206139x - 120767	0.9947
ferulic acid	y = 166,469x - 11639	0.9882
sinapic acid	y = 202771x - 132251	0.9962

ตาราง ก.25 สมการกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC

ชนิดของฟลาโวนอยด์	สมการของกราฟมาตรฐาน (µg/ml)	Coefficient of determination (R^2)
rutin	y = 26765x - 5769.5	0.9997
myricetin	y = 51540x - 77311	0.9988
quercetin	y = 101589x - 96830	0.9991
apigenin	y = 23380x - 14228	0.9992
kaempferol	y = 22910x - 22300	0.9987

ตาราง ก.26 ตารางแสดงสภาวะในการวิเคราะห์ Multiple Reaction Monitoring (MRM) สำหรับกรดอะมิโนและเคอร์คูมินอยด์ด้วยเครื่อง LC/MS/MS

Parameter	Retention time (นาที)	มวลโมโลกุล (g/mol)	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Q1 Pre Bias (V)	Collision energy (V)	Q3 Pre Bias (V)
ชนิดเคอร์คูมินอยด์							
Curcumin	3.289	368.38	367.05	148.95	15	21	18
Demethoxycurcumin	3.190	338.36	337.05	118.95	14	26	15
Bisdemethoxycurcumin	3.111	308.33	307.00	118.95	17	23	14
ชนิดกรดอะมิโน							
Lysine	1.843	146.19	147.05	84.00	-17	-17	-18
Histidine	1.967	155.16	156.05	110.05	-12	-13	-23
Arginine	2.006	174.20	175.05	70.00	-26	-27	-29
Threonine	2.163	119.12	120.00	74.00	-14	-10	-18
Valine	3.177	117.15	118.05	72.05	-13	-13	-15
Methionine	3.748	149.21	150.05	104.00	-20	-18	-29
Isoleucine	5.658	131.17	132.10	68.00	-14	-14	-18
Leucine	6.107	131.17	132.10	86.00	-15	-14	-20
Phenylalanine	8.942	165.19	166.05	120.05	-12	-12	-14
Tryptophan	11.105	204.23	205.00	188.00	-18	-13	-14

ภาคผนวก ข

ภาพผลิตภัณฑ์

ภาพประกอบ ข.36 ผลิตภัณฑ์ไวน์ขมิ้นชัน

ภาพประกอบ ข.37 ขมิ้นชันอบแห้ง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์
วันเกิด	19 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 130 หมู่ 5 ต.เหนือ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 46000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2557 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2563 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
ผลงานวิจัย	Chumroenphat T, Somboonwatthanakul I, Saensouk S, Siriamornpun S. The Diversity of Biologically Active Compounds in the Rhizomes of Recently Discovered Zingiberaceae Plants Native to North Eastern Thailand. Pharmacog J. 2019;11(5): 1014-22.

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว