



รายงานการวิจัย

การศึกษาวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรที่มีต่อ
ระยะการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคฝักเน่าในมะขามหวาน

The study of extraction method and efficacy of herbal extracts to
inhibition the growth of rot pathogenic fungi in sweet tamarind

น้ำฝน เป้าทองคำ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

รหัสโครงการสัญญา 65A145000025

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรที่มีต่อ
ระยะการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคผักเน่าในมะขามหวาน

The study of extraction method and efficacy of herbal extracts to
inhibition the growth of rot pathogenic fungi in sweet tamarind

นำฝน เบ้าทองคำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์/งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความ
เห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2565

(ก)

ชื่องานวิจัย	การศึกษาวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรที่มีต่อระยะการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคฝักเน่าในมะขามหวาน The study of extraction method and efficacy of herbal extracts to inhibition the growth of rot pathogenic fungi in sweet tamarind
ผู้วิจัย	นางสาวน้ำฝน เป้าทองคำ
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2566

บทคัดย่อ

เชื้อราก่อโรคเน่าในมะขามหวานเป็นปัญหาที่มีมานานของจังหวัดเพชรบูรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นแนวทางหนึ่งของการหาวิธีแก้ไขปัญหารโรคเชื้อราในมะขาม โดยนำพืชที่มีรายงานผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เช่น เปลือกมังคุด ผลหมาก และก้านอบเชย พบว่าสารสกัดจากผลหมากความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 70 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ก่อโรคเน่าของมะขามหวานได้นานที่สุดที่ 72 ชั่วโมง โดยมีวิธีการเตรียมสารสกัด ดังต่อไปนี้ นำตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วนพืชต่อตัวทำละลาย 1:20 (w/v) แช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ นำสารสกัดที่ได้มาละลายด้วยตัวทำละลายน้ำที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละ 2 จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตร 10, 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วให้นำเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^{-7} streak plate ให้ทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เชื้อราก่อโรคเน่า สารสกัดหยาบ มะขามหวาน

(๗)

Research Title The study of extraction method and efficacy of herbal extracts to inhibition the growth of rot pathogenic fungi in sweet tamarind

Author Namfon Baowthongkum

Department General Science
Phetchabun Rajabhat University, 2023

Abstract

Sweet tamarind rot disease is caused by fungi. It's a problem for farmers in Phetchabun. Therefore, this research is one way to find solutions to fungal diseases in tamarind. Plants with reported inhibition of fungal growth such as mangosteen peel, *Areca catechu* and cinnamon sticks. It was found that 2% concentration of betel nut extract at a volume of 20 ml in 70 ml of PDA medium was effective in inhibiting the growth of rot pathogenic fungi of sweet tamarind for the longest time at 72 hours. Extract preparation method with methanol solvent at plant to solvent ratio 1:20 (w/v). Soak at room temperature for 7 days. The methanol solvent was filtered and evaporated by a vacuum evaporator. The crude extract was then dissolved with aqueous solvent at a concentration of 2% crude extract. Then, 10, 20, 30 and 40 mL of crude extract mixed with PDA agar medium. Inhibition test of Sweet tamarind rot disease at concentration 10^{-7} by food poisoning method. Incubated at 38 °C for 24, 48 and 72 hours.

Keywords: Rot disease, Crude extract, Sweet tamarind

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

น้ำฝน เบ้าทองคำ

28 กุมภาพันธ์ 2566

(१)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้อมูลพื้นฐาน	4
2.2 พฤกษเคมี.....	12
2.3 ฤทธิ์ทางชีวภาพ	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	30
3.1 ขอบเขตการวิจัย.....	30
3.2 กอบแนวคิด.....	30
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	31
บทที่ 4 ผลการวิจัย	35
4.1 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากเปลือก มังคุด.....	35
4.2 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากผลหมาก.....	36
4.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากก้านอบเชย.....	37
4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่างชนิดต่อการยับยั้งเชื้อราจาก มะขาม	39

(จ)

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	42
ประวัติคณะผู้วิจัย	

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4 - 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากเปลือก มังคุด.....	35
4 - 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากผล หมาก.....	37
4 - 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากก้าน อบเชย	38
4 - 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของสารสกัดต่างชนิดในปริมาณสารสกัดที่ แตกต่างกันที่เวลา 72 ชั่วโมง.....	39

(ข)

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2 - 1 กุ้งเห็ดทองบริเวณเปลือกมะขาม.....	8
2 - 2 ผลมังคุด เปลือกมังคุด และเนื้อมังคุด.....	10
2 - 3 เปลือกอบเชย.....	11
2 - 4 ผลหมาก.....	11
2 - 5 สูตรโครงสร้างแคลโลทีนอยด์.....	12
2 - 6 สูตรโครงสร้างแคลโลทีนอยด์.....	16
2 - 7 สูตรโครงสร้างกลูโคซิโนเลต.....	17
2 - 8 สูตรโครงสร้างฟลาโวนอยด์	18
2 - 9 สูตรโครงสร้างแคทีชิน.....	19
2 - 10 สูตรโครงสร้างแอนโทไซยานิน.....	20
2 - 11 Primary antioxidant	25
2 - 12 Oxygen scavenger	25
2 - 13 Secondary antioxidant	25
2 - 14 Chelating agent.....	26
3 - 1 เทคนิคการแยกเชื้อ.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเกิดเชื้อราในฝักมะขามหวานนับเป็นปัญหาสำคัญ เพราะเมื่อมะขามหวานมีเชื้อราเข้าทำลายในฝักเพียงเล็กน้อย จะไม่สามารถแยกฝักมะขามที่มีเชื้อรากับฝักดีได้ มะขามหวานพันธุ์ประกายทองพบ เชื้อรามากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์อินทผลัม และพันธุ์ศรีชมภู ลักษณะของพันธุ์มะขามหวานที่เกิดเชื้อรามากคือ มีน้ำตาลสูง เปลือกบางเนื้อหนา และความชื้นในฝักสูง และมีรายงานการตรวจพบเชื้อราในมะขามหวาน พันธุ์สีทอง พันธุ์หมื่นจง และพันธุ์ศรีชมภู จำนวนทั้งหมด 67 ตัวอย่าง (ณัฐจิวรรณ ปูนวัน และคณะ, 2531) มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านการบริหารจัดการแปลงมะขามเพื่ออัตราการเกิดเชื้อราในฝักมะขาม โดยการปลูกให้มีระยะห่างของลำต้นที่เหมาะสม การตัดแต่งกิ่งให้แสงแดดส่องถึงลำต้นและดินเพื่อไม่ให้ความชื้นมากเกินไป การเก็บรักษาด้วยความเย็น แต่ก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหาการเกิดเชื้อราได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ (พีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2557) ยังคงต้องหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาในรูปแบบอื่น ๆ เช่นการนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการยับยั้งเชื้อรามะขามหวานแคะเปลือก ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Rhizopus sp.* ในมะขามหวานแคะเปลือกได้อย่างดี และมีศักยภาพในการเพิ่มมาตรฐานความปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์ (ชยธร หมอนทอง และคณะ, 2561)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากวัสดุที่สามารถหาได้ในธรรมชาติและมีในท้องถิ่นเพื่อใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในมะขามด้วยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พืชที่นำมาสกัดในครั้งนี้ ได้แก่ เปลือกมังคุด ผลหมาก และก้านอบเชย ซึ่งมีการรายงานว่ามีการยับยั้งเชื้อราบางชนิดที่พบในมะขามหวาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อราในมะขามหวาน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในมะขามหวาน

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

- 1.3.1 ความเข้มของสารสกัดมีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา
- 1.3.2 สารสกัดพืชต่างชนิดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราแตกต่างกัน

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

- 1.4.1 รูปแบบการวิจัย
 - การพัฒนาทดลอง (Experimental development)
- 1.4.2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
 - ห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในแปลงมะขามหวานโดยกระบวนการฉีดพ่นสารสกัดที่ฝักมะขามหวานได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยการศึกษาวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรที่มีต่อระยะการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคฝักเน่าในมะขามหวาน จึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 ข้อมูลพื้นฐาน
- 2.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย
- 2.3 ฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

2.1.1 มะขามหวาน

มะขามหวานมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Sweet Tamarind มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica* L. การจำแนกมะขามหวานดังนี้ คือ

ชั้น (Class) Dicotyledonae
อันดับ (Order) Leguminales
วงศ์ (Family) Leguminosae
สกุล (Genus) Tamarindus
ชนิด (Species)

พิระศักดิ์ ฉายประสาท (2557) รายงานว่า มะขามหวานเป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดใหญ่ปลูกได้ดีในสภาพพื้นที่ฝนไม่ตกชุก ขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดคือ ดินทราย ดินเหนียว ดินลูกรัง แต่ดินที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทราย ควรมีการระบายน้ำดีมะขามเป็นพืชทนแล้งสามารถขึ้นได้ในที่ค่อนข้างแห้งแล้ง มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีค่า pH 5.5 - 6.5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,200-1,800 มิลลิเมตร ฤดูการเก็บเกี่ยวเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ และเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูกแล้วประมาณ 4 ปี

มะขามเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง เป็นไม้ยืนต้นที่มีลักษณะต้นเป็นพุ่มรูปกลม ขนาดใหญ่ทรงพุ่มอาจจะแผ่กว้างถึง 20 เมตร ให้ร่มเงาหนาที่ใบ ลำต้นสูงประมาณ 10-12 เมตรเปลือกสีน้ำตาลอ่อนแตกสะเก็ดเป็นร่องเล็ก ๆ ใบจะเรียงตัวแบบสลับ ความยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตรใบย่อยจะเรียงตัวเป็นคู่ประมาณ 10-20 คู่ เมื่อใบแก่จะสลัดใบทิ้ง แล้วแตกใบอ่อนขึ้นมาแทนในราวเดือนมีนาคมถึงปลายเดือน เมษายนหลังจากนั้นตาดอกจะเจริญและพัฒนาเป็นงอและช่อดอกที่สมบูรณ์ใน

เดือน พฤษภาคมดอกจะบานปลายเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนดอกมะขามเป็น ช่อเล็ก ๆ อยู่ ปลายกิ่งมีประมาณ 10-15 ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือ มีเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมียอยู่ในดอก เดียวกัน ช่อดอกยาว 5-10 เซนติเมตรกลีบรองมีสีเหลือง อ่อนก่อนข้างหนา มีทั้งหมด 4 กลีบ กลีบ ดอกสีชมพูปนขาวอยู่ภายในมี 3 กลีบ กลุ่ม เกสรตัวเมียรูปรางเป็นหลอด ส่วนเกสรตัวผู้มี 3 กะเปาะ แต่ละกะเปาะมีอับเรณู บรรจุอยู่ฝักหรือผลมะขามมีความยาวตั้งแต่ 7.5 – 20 เซนติเมตร แต่ละข้อจะ คอดเล็กน้อยมีเมล็ดสีดำหรือน้ำตาลเข้ม รูปค่อนข้างกลมห่อหุ้มด้วยเนื้อสีน้ำตาล คุณภาพของเนื้อที่ ดิจะต้องมีความชื้น 20-30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรด 10-13 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 10-13 เปอร์เซ็นต์ และ สารอื่น ๆ 34 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณกรดและน้ำตาลในฝักมะขามอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ การดูแล รักษาและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

สายพันธุ์มะขามหวาน

1. พันธุ์หมื่นจง ถิ่นกำเนิดที่ ต.หล่มเก่า อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะ ประจำพันธุ์เปลือก ของลำต้นหยาบ เกล็ดโตห่างเป็นร่องลึก มีสีเทาแก่จนเกือบดำ ทรงพุ่มกว้าง ค่อนข้างโปร่ง ยอดอ่อนสีชมพูใบขนาดปานกลางค่อนข้างหนาสีเขียวเข้ม ดอกสีชมพูอมเหลือง ฝักกลมขนาดใหญ่ มีทั้งโค้งมากจนเป็นวงกลมและโค้งน้อยเป็นครึ่งวงกลม ฝักแก่สีน้ำตาล มีทั้งฝักยาวและฝักสั้น ติดฝักตกเป็นพวง เนื้อหนาเนื้อที่แก่จะมีสีน้ำตาลแดงหรือน้ำตาลเข้ม เมล็ดโตปานกลางเยื่อหุ้มเมล็ด หนาและเหนียวเปลือกฝัก แกะจะเป็นสีเทาเข้มและเปลือกหนา รกหุ้มเนื้อมากและเหนียวแต่รสชาติ หวานจัด เนื้อกรอบ มีกลิ่นหอมออกดอกเดือนพฤษภาคม ฝักสุกเดือนกุมภาพันธ์ ข้อเสียเป็นพันธุ์ที่ มักมีฝักแตกเสียหายก่อนที่จะแก่มาถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ มีการติดฝักหลายรุ่น ต่อเนื่องกันการเก็บ เกี่ยวลำบากมักมีฝักเหลือค้างบนต้นเมื่อพันธุ์ถูกเก็บเกี่ยวเป็นจำนวน 3 มากอาจเกิดเชื้อราในฝักและมี ผลกระทบต่อการติดฝักในฤดูกาลถัดไปตลอดจนเป็นแหล่งอาศัยของด้วงวงเจาะฝักมะขาม

2. พันธุ์ศรีชมภู ถิ่นกำเนิดที่บ้านน้ำร้อน ต.น้ำร้อน อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะ ประจำพันธุ์เปลือกของลำต้นมีสีเทาแก่ เกล็ดของเปลือกหยาบ เป็นร่องลึก ใบแก่เป็นใบใหญ่มีสี เขียวแก่ ยอดอ่อนมีสีแดงเข้มและค่อยๆ จางลงจนเป็นสีชมพู ทรงพุ่มทรงกระบอกตั้งตรงไม่กว้าง สดขาม แตกกิ่งก้านเป็นระเบียบสามารถ ปลูกกระยะชิดได้ดีปลายกิ่งอ่อนสั้น ดอกสีแดงปนเหลือง ฝักกลมใหญ่และเหยียดตรง เปลือกของฝักเมื่อแก่เป็นสีน้ำตาลอมเหลือง ท้องฝักแบนเหมือนรูป ปลิง อาจเรียกว่า พันธุ์ท้องปลิง เปลือกบางรสหวานกรอบหอมเหมือนกล้วยตาก สุกเร็ว เนื้อเหนียว และ หนาสีน้ำตาลอมเหลือง รกหุ้มเนื้อมีน้อยเยื่อหุ้มเมล็ดบางและไม่เหนียว เป็นพันธุ์เบา ออกดอก ในเดือนเมษายนฝักจะแก่เริ่มเก็บได้ประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน หรือ ต้นเดือนธันวาคมติดฝัก ตกปานกลางสม่ำเสมอทุกปีไม่มีเว้น ข้อเสียมีเปลือกบางมาก แตกง่ายเป็นพันธุ์เบามีระยะเวลา สะสมอาหารของฝักสั้นเพียง 6 - 7 เดือน ถ้าขาดปุ๋ยจะทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

3. พันธุ์นายหยัด หรือ สีทอง ถิ่นกำเนิดที่ ต.หล่มเก่า อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์เปลือกของลำต้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนนวล ลายแตกของ เปลือกละเอียด เกือบเรียบ ใบใหญ่ ไม่หยابใบใหญ่และบางสีเขียวเข้ม มีใบน้อย ยอดอ่อนสีชมพู กิ่งยืดยาว ทรงพุ่มกว้างไม่เป็นระเบียบดอกสีแดงอมเหลือง ฝักกลมมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก มีทั้งฝักโค้งมากเป็นครึ่งวงกลมและโค้งน้อยจนเกือบตรง ข้อฝักห่าง มีทั้งฝักยาวและฝักสั้น เปลือกฝักที่แก่จะมีสีขาวนวล เปลือกค่อนข้างหนา รกหุ้มเนื้อมากและเหนียวเนื้อหนา เมล็ดโต เชื้อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว เนื้อหนาสีเหลืองเหมือนทอง รสชาติหวานแหลมข้อเสี้ยนเป็นพันธุ์หนักแก่ช้า ออกดอกเดือนพฤษภาคม จะเริ่มเก็บฝักได้ประมาณเดือนมกราคมหรือต้นเดือนกุมภาพันธ์ ติดฝักช้า และไม่ค่อยถูกสม่าเสมอบางปีจะเว้นไม่ติดฝัก มีเปลือกฝักหนามาก หากปลูกในแหล่งที่มีความชื้นสูง หมอกจัด อาจมีปัญหาเรื่องโรคเชื้อราในฝักได้ง่าย

4. พันธุ์อินทผลัม ถิ่นกำเนิดบ้านหนองเต ต.หินสาว อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์เปลือกของลำต้นสีเทาอ่อน (ขาวนวล) เกือบเรียบ ละเอียดเรียบคล้ายพันธุ์สีทอง ใบใหญ่ สีเขียวอ่อนยอดและดอกสีเขียวอมเหลือง ทรง พุ่มกว้างเป็นทรงกลมสวยงาม ฝักกลมโตโค้งเล็กน้อย เปลือกบางเนื้อของฝักแก่เป็นสีน้ำตาลไหม้คล้ายเนื้อของอินทผลัม เมล็ดโตปานกลาง รกหุ้มเนื้อมีน้อยเชื้อหุ้มเมล็ด บางและไม่เหนียว เปลือกฝักบาง รสชาติหวานมัน ให้ฝักค่อนข้างดกเป็นพวง สม่าเสมอทุกปีข้อเสี้ยนทำให้ปุ๋ยไม่เพียงพอจะทำให้มีรสอมเปรี้ยวและเนื้อมีความ ฉ่ำมาก หากเก็บรักษาไว้ไม่ดีอาจเกิดเชื้อราในฝักได้ง่าย

5. พันธุ์ขันตี ถิ่นกำเนิดบ้านปาม่วง ต.ท่าพล อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์เปลือกของลำต้นเป็นสีเทาขาว มีรอยแตกตามยาวแต่ละเถิด เกือบเรียบเล็ก ใบเล็ก ใบสีเขียวแก่ยอดอ่อนสีเขียวอมชมพูเล็กน้อย ทรง พุ่มกว้างและทึบ มีกิ่งแขนงมาก ฝักใหญ่กลมตรง โค้งบ้างเล็กน้อยท้องฝักไม่แบน เปลือกฝักออกสีน้ำตาลเข้ม ข้อฝักห่าง เนื้อสีน้ำตาลแดง เชื้อหุ้มเมล็ดหนาและ เหนียวรสหวานหอม เนื้อหนาสีน้ำตาลเข้ม การติดฝักดี ฝักดกสม่าเสมอทุกปี ออกดอกเดือนเมษายน ฝักสุกเดือนธันวาคมข้อเสี้ยนมีกิ่งแขนงมากและใบเล็ก การสังเคราะห์แสง อาจไม่ดีพอมีฝักอ่อนร่วงหล่น มีรสชาติอมเปรี้ยวมากหากขาดการ บำรุงอย่างดี และรกรหาย สุกช้า

6. พันธุ์สีทองเบา หรือ สีทองแก่เร็ว ถิ่นกำเนิดบ้านห้วยลาน ต.น้ำขุ่น อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงพุ่มและกิ่งก้านคล้ายพันธุ์สีทองแต่ กิ่งยืดยาวกว่าใบค่อนข้างใหญ่ ใบบิดคล้ายใบพัดยอดอ่อนสีชมพูเข้ม ดอกสีชมพูอม เหลือง ดอกอบอวนติดฝักง่าย ฝักโค้ง ข้อห่างเห็นเด่นชัด ฝักดกสม่าเสมอรสชาติ หวานหอม ข้อเสี้ยนทรงพุ่มกว้างไม่เหมาะแก่การปลูกระยะชิดหากให้ปุ๋ยไม่เพียงพอ อาจทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลง และฝักไม่สมบูรณ์

7. พันธุ์ตาแป๊ะ หรือ ปรกาทอง ถิ่นกำเนิดที่บ้านโป่งตาเป้า ต.ชนแดน อ.ชนแดน จ. เพชรบูรณ์ลักษณะประจำพันธุ์ เปลือกของลำต้นเรียบสีน้ำตาล เกือบ เล็กสีของเปลือกเป็นสีเทาอ่อน ไม่ขานวลทรงต้นเป็นพุ่มกลม ใบหนา มีสีเขียวเข้ม ปลายใบตัดหยัก ยอดอ่อนสีเขียวอมเหลือง ดอก มีสีเหลืองอ่อนออกดอกได้ใบเป็นพวง ฝักมีขนาดใหญ่ กลม ฝักกิ่ง ขาวตรง (โค้งเล็กน้อย เปลือก บางผิวเรียบเป็นสีน้ำตาล ทอง รสชาติหวานจัด กลิ่นหอม เนื้อนุ่มมีลักษณะเป็นทรายสีน้ำตาลออก ทรายแดง เมล็ดเล็ก เชื้อหุ้มเมล็ดบาง ออกดอกเดือนพฤษภาคม สามารถเก็บฝักได้ประมาณ ปลาย เดือนธันวาคมข้อเสียบเปลือกบาง อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราหลังการ เก็บเกี่ยวการเก็บฝัก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ หากเปลือกแตกจะทำให้เสีย ราคา ฝักมะขามมีรก 3-4 เส้นต่อฝัก ทำให้รับประทานยาก และเนื่องจากเป็นมะขาม ที่มีฝักขนาดใหญ่ และติดฝักคดงอสม่ำเสมอจึงต้องให้ ปุ๋ยอย่างเพียงพอเพื่อไม่ให้รสชาติ

โรคมะขามหวาน

1. โรคเชื้อราในฝักมะขามหวาน เชื้อราที่พบ คือรา *Aspergillus niger* มีกลุ่มราสีดำหรือสี น้ำตาลเจริญเป็นกลุ่ม ๆ บนฝัก มักพบกับฝักมะขามที่แก่หรือระยะหม (ใกล้สุก) เนื้อมะขามเริ่ม เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและแยกออกจากเปลือก รา *Phomopsis* sp. พบมากในฝักมะขามระยะสุกใกล้ เก็บเกี่ยวเนื้อฝักมะขามเริ่ม เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงฝักแห้งเชื้อราเป็นเส้นใยสีเทาขาวเจริญเป็นจุด บนเนื้อฝัก และรา *Penicillium* sp. ว่าจะเจริญเติบโตเป็นจุดเล็ก ๆ เกิดประปรายบนเนื้อฝัก ในฝัก มะขามที่แห้งมากหรือเก็บไว้นาน วิธีแพร่ระบาดของเชื้อราโดยอาศัยลมฝนและการไหลไปตาม หยดน้ำ บนกิ่งไปยังฝักมะขามเข้าทางขั้วผลหรือผ่านทางเปลือกฝัก มะขามการป้องกันกำจัดโดย การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดดูดซึม ในช่วงฝนตกและใกล้เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 1 เดือน ได้แก่ คาร์เบนดาซิม ไสอะเบนดาโซลและเมเนโคเซบ เป็นต้นการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อรา ชนิดดูด ซึมไม่ควรใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานควรใช้สลับชนิดกันเพื่อป้องกันการดื้อยา

2. โรคราแป้งมะขามหวาน ในระยะต้นกล้า ใบอ่อนจะพบในเป็นจุดด่าง เหลืองด้านบนใบ เป็นจุดเดี่ยว ๆ หรือรวมเป็นกลุ่ม และกระจายทั่วใบเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญฟูขึ้นตรง บริเวณจุดด่างเห็นเป็นผงแป้งสีขาวทั่วทั้งใบแสดงอาการใบร่วงทำให้ลดพื้นที่การสังเคราะห์แสง (สร้างอาหาร) การ เจริญเติบโตหยุดชะงักหรือช้าลงในระยะต้นโต ยอดที่เป็นโรคราแป้งมักมีสีซีด เหลืองคล้ายยอดปกติทำให้ชะลอการเจริญเติบโตและในระยะช่อดอก ราแป้งจะเจริญฟูบนรังไข่ และฝักอ่อนมะขาม ทำให้รังไข่และฝักอ่อนแห้ง ดอกร่วงหล่นการแพร่ระบาดโดยเชื้อราจะสร้าง สปอร์แบบไม่มีเพศที่เรียกว่า อออิดียม (oidium) หรือโคนิเดียม (conidium) โดยพักตัวที่ตาดอกและ ตาใบ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเติบโตสร้างเส้นใยสีขาวและสปอร์บนผิวพืชเมื่อแก่จะ หลุดจากก้านชูสปอร์ถูกลมพัดไปยังยอดอ่อน ใบ และช่อดอกอื่น ๆ การป้องกันกำจัดโดยการฉีด

พ่นสาร ป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดดุดซึม ในช่วงฝนตก ได้แก่ กำมะถันผงคาร์เบนดาซิม ไธอะเบนดาโซลและเมเนโทเซบ เป็นต้นการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดดุดซึมไม่ควรใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานควรใช้สลับชนิดกัน เพื่อป้องกันการดื้อยา แมลงศัตรูมะขามหวาน

1) กุ้งเหืองลักษณะทั่วไป ไข่มีรูปร่างกลม สีเทาอ่อน เรียงติดกันเป็นแผ่นชั้นเดียวบนใบตัวหนอนหลังอกมีจุดสีดำขนาดใหญ่ 1 จุด ลำตัวมีขนสีเหลืองปนส้ม ดักแด้จะอยู่ในไข่สีขาวในรังติดใบ การทำลายกุ้งเหืองจะกัดกินใบทำให้มีรอยแหว่ง หากระบาดมากจะกัดกินจนใบโกรนหมดทั้งต้นการป้องกันกำจัดหากพบกลุ่มไข่ให้กำจัดเสียก่อน และฉีดพ่นด้วยอะบาเม็กติน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตรหรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วัน จนกว่าการระบาดจะหมดไป



รูปที่ 2-1 กุ้งเหืองบริเวณเปลือกมะขาม
(ทรงพล สมศรี และคณะ; 2557)

2) หนอนม้วนใบ ลักษณะทั่วไปผีเสื้อหนอนม้วนใบปีกคู่แรกมีสีค่อนข้างน้ำตาลปนแดง และมีรอยแต้มสีน้ำตาลแก่ตรงขอบปีกข้างละรอยในตัวเมียตัวผู้มีรอยแต้มเป็นจุดดำอยู่ทั่วไป ส่วนปีกคู่ที่สองมีสีเหลืองปนส้มตัวหนอนมีสีเขียว หัวแผ่นแข็งบนหลังอกปล้องรองเป็นสีดำมัน การทำลายหนอนม้วนใบจะกัดกินใบตามยอดอ่อนและขอบกลีบใบม้วนใบอ่อนกัดกินอยู่ภายใน ทำให้ใบเป็นรอยขาดวันป้องกันกำจัดด้วยการฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดดุดซึม ได้แก่ อะบาเม็กติน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วัน จนกว่าการระบาดจะหมดไป

3) หนอนเจาะฝักมะขาม ลักษณะทั่วไปตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน สีน้ำตาล ปีกคู่หน้าสีน้ำตาลปีกคู่หลังสีขาวมีขอบปีกสีน้ำตาล ขอบวงไข่บนฝักที่มีรอยแตก หรือรอยหักการทำลายของแมลงชนิดนี้จะเจาะไข่เข้าไปภายในฝัก หากเป็นระยะฝักอ่อนทำให้ฝักแห้งลีบระยะฝักแก่จะกัดกินเนื้อในฝักและถ่ายมูลเป็นขุยๆ อยู่ในฝักการป้องกันกำจัดควรเลือกปลูกมะขามพันธุ์ที่ฝักไม่แตก และหากมีฝักแตกเกิดขึ้นควรเก็บมาทำลาย หรือฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดดุดซึม

ได้แก่ อะบาเม็กดิน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตรหรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วัน จนกว่าการระบาดจะหมดไป

4) หนอนมังกร ลักษณะทั่วไปเป็นผีเสื้อกลางคืน ตัวผู้มีสีน้ำตาลเข้ม ตัวเมียมีสีน้ำตาลอ่อนมีลายเข้มที่ขอบปีก วางไข่ตามใบมะขาม ตัวหนอนมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำมีหัวโตเป็นโหนกยื่นออกไปทางท้ายทอยคอคอดมีขาจริง 3 คู่ยาวแข็งแรง มีขาเทียม 4 คู่ ส่วนคู่ที่ 5 อยู่ใต้ตอนท้ายของลำตัวคล้ายกับขาจริงทางตอนหน้าและชี้ขึ้น ด้านบนลำตัวตรงขาเทียมจะแบน การทำลายจะกัดกินใบของมะขาม การป้องกันกำจัดเก็บกลุ่มไข่ตัวหนอนหรือรังด้งด้มากำจัด หรือนิดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัด แมลงชนิดดูดซึม ได้แก่ อะบาเม็กดิน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วันจนกว่า การระบาดจะหมดไป

5) ตัวงเจาะฝักมะขาม ลักษณะทั่วไปตัวเต็มวัยสีน้ำตาลตลอดทุกส่วนของลำตัว มีหัวขนาดเล็กคอคอด ออกปล้องแรกเป็นรูปคล้ายสามเหลี่ยมลาดลงจากโคนปีกลงมาหัว มีปีกแข็งคลุม มีหนวดแบบฟันเลื่อยหนอนมีรูปร่างค่อนข้างกลมสีขาวไม่ มีขาการทำลายตัวหนอนจะเข้าไป ภายในฝักกัดกินเมล็ดและถ่ายมูลเป็นขุย ๆ ไว้ภายในเนื้อมะขามจะแห้งใช้ประโยชน์ไม่ได้ การป้องกันกำจัดโดยการนำฝักที่ถูกทำลายไปฝังดินลึก ๆ หรือเผาไฟเป็นการลดการแพร่ระบาด และใช้วิธีการอบด้วยไอน้ำร้อนช่วยกำจัดแมลงในฝัก

6) ตัวงผลไม้แห้ง ลักษณะทั่วไป ตัวเต็มวัยเป็นตัวปีกแข็งขนาดเล็กสีน้ำตาลเข้มมีหนวดแบบลูกตั้มคือมีเส้นหนวดเล็ก ๆ ตอนปลายเป็นก้านกลมวางไข่นบนผิวของฝักและภายในฝักการทำลาย จะเริ่มทำลายที่ฝักเริ่ม สุกอยู่บนต้น เมื่อเก็บฝักรวบรวมไว้ในที่เดียวกันจะระบาดลุกลามได้มากขึ้น หนอนและตัวเต็มวัยกัดกินอยู่ภายในฝักและลุกลามไปสู่ฝักอื่น ๆ

7) หนอนปลอกเล็ก ลักษณะทั่วไปตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดเล็ก สีดำมีหนวดแบบฟันหวีสองแถวเรียงลงในทิศทางเดียวกันการทำลายตัวหนอน ระยะแรกกัดกินใบทำให้ใบแห้งตายเป็นสีน้ำตาล เมื่อหนอนโตขึ้นกัดกินใบขาดวัน กรณีระบาดมากใบโกรนเหลือแต่กิ่ง การป้องกันกำจัดตัดกิ่งก้านที่มีหนอนหรือด้งด้อยู่มาก ๆ และเผาไฟหากมีการระบาดมากอาจฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง ชนิดดูดซึม ได้แก่ อะบาเม็กดิน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วัน จนกว่า การระบาดจะหมดไป

8) หนอนปลอกใหญ่ ลักษณะทั่วไปตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน ตัวผู้มีปีกสีน้ำตาลแก่ลำตัว มีขนยาว หนวดแบบฟันหวีตัวเมียไม่มีปีกขนาดตัวโต กว่าตัวผู้การทำลายหนอนจะกัดกินใบ และกัดกินก้านมาสร้างปลอกหุ้มตัวการป้องกันกำจัด ใช้วิธีเก็บรังหนอนปลอกมาทำลายหากมีการระบาดมากอาจฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดดูดซึม ได้แก่ อะบาเม็กดิน อัตรา 20-30 ซีซี/ น้ำ 20 ลิตร หรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วัน จนกว่าการระบาดจะหมดไป

9) ค้างคาวเงาะฝักมะขาม ลักษณะทั่วไปตัวเต็มวัยค้างคาวขนาดเล็กสีน้ำตาลไหม้จนเกือบดำ มีส่วนหัวยื่นเป็นวงยาวโค้งลงไปข้างหน้ามีหนวดพับงอเป็นข้อสอกและปลายหนวด มีลักษณะเป็นกระบอก วางไข่ตามผิวฝักและภายในฝักมะขามการเข้าทำลายทั้งตัวหนอนและตัวเต็มวัยกัดกินอยู่ภายในฝัก ทำให้เนื้อมะขามหวานเสียหายใช้ประโยชน์ไม่ได้การป้องกันกำจัดด้วยฉีดพ่นด้วยสารป้องกัน กำจัดแมลงชนิดดูดซึม ได้แก่ อะบาเม็กติน อัตรา 20-30 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือสารไซเปอร์เมธริน อัตรา 10-20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก 5-7 วันและควรงดการฉีดพ่นก่อน การเก็บเกี่ยวประมาณ 14 วัน

2.1.2 เปลือกมังคุด



รูปที่ 2-2 ผลมังคุด เปลือกมังคุด และเนื้อมังคุด

ที่มา: <https://www.stylecraze.com/articles/amazing-health-benefits-of-mangosteen/>

มังคุด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Garcinia mangostana* L. เป็นไม้พุ่มเขตร้อนที่อยู่ในวงศ์ Clusiaceae มีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้ซึ่งสามารถพบได้ในดินแดนเขตร้อนอื่น ๆ เช่น อเมริกาใต้ด้วย รูปแบบและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์มังคุดจึงได้รับการขนานนามว่าเป็น “ราชินีแห่งผลไม้” มังคุดเป็นผลไม้ทรงกลม เมื่ออ่อนจะมีสีเขียวและเมื่อแก่เต็มที่จะมีสีม่วงทั้งหมดด้วยรสชาติและกลิ่นอันเป็นเอกลักษณ์ที่อร่อยและเป็นที่ชื่นชมอย่างกว้างขวางจนมังคุดถือเป็นอาหารอันโอชะไปทั่วโลก Bianca R. Albuquerque, et al. (2023) กล่าวว่ามีการรายงานการใช้เปลือกมังคุดเป็นยาแผนโบราณในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อรักษาอาการที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น การติดเชื้อที่ผิวหนัง ท้องเสีย ปวดท้องโรคบิด และบาดแผลที่ติดเชื้อ มีการตรวจพบไอโซพรีนิเลตแซนโทน ในเปลือกมังคุดซึ่งมีหน้าที่ทางชีววิทยาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไปจนถึงการต้านการอักเสบ มังคุดถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและอาหารเสริมสำหรับสัตว์หลายชนิด และผลิตภัณฑ์จากมังคุดอาจเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมวิศวกรรมและชีวการแพทย์และสาร γ -mangostin จากเปลือกมังคุด

ในชั้นตัวทำลายเอทานอลที่แยกด้วยซิลิกาโคลลิมนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *R. solanacearum* ได้ 37.5% ที่ความเข้มข้น 8 $\mu\text{g/mL}$ แสดงค่า IC_{50} อยู่ที่ $34.7 \pm 1.5 \mu\text{g/mL}$ และ

ความสามารถในการยับยั้งมีแนวโน้มสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น (Ping Li et al., 2019) สารสกัดคลอโรฟอร์มของมังคุดสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคในพืช เช่น *Colletotrichum gloeosporioides* *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* (Hua Liu, 2021)

2.1.3 เปลือกอบเชย



รูปที่ 2-3 เปลือกอบเชย

ที่มา: www.pobpad.com

อบเชยเป็นต้นไม้ในกลุ่มเครื่องเทศที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่สามารถใช้ กับจุลินทรีย์ได้หลายชนิด สารสกัดจากเปลือกอบเชยมีสารประกอบซินนามัลดีไฮด์และยูจินอล ซึ่งออกฤทธิ์ต้านเชื้อรา เปลือกอบเชยมีองค์ประกอบสำคัญ เช่น ฟลาโวนอยด์แทนนิน โกลโคไซด์ ซาโปนิน อัลคาลอยด์และน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรียเชื้อราและด้านการอักเสบ สารสกัดจากเปลือกอบเชยในตัวอย่างแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Penicillium digitatum* และ *Aspergillus niger* โดยความสามารถในการยับยั้งจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และจากการศึกษา ระหว่างตัวอย่างละลายเมทานอลเปรียบเทียบกับตัวอย่างเอทานอล พบว่า สารสกัดในตัวอย่างเมทานอลมีคุณสมบัติ ในการยับยั้งเชื้อราได้สูงกว่าตัวอย่างเอทานอล (Sameer N. Mahmoud, 2012) มีรายงาน การเปรียบเทียบสารสกัดจากอบเชยและกานพลูพบว่าสารสกัดจากอบเชยมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Botrytis cinerea* จากสตอเบอรี่ได้สูงกว่ากานพลูเนื่องจากใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่น้อยกว่า ในการยับยั้งเชื้อรา (Lina Sernaite, et al. 2020) รายงานการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันกานพลูผสมกับน้ำมันอบเชยในการยับยั้ง เชื้อรา *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis viticola* และ *Rhizopus stolonifer* โดยใช้วิธี inverted petriplate โดยพบว่า ที่ความเข้มข้น ระหว่าง 50 – 800 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อราทั้ง 6 ชนิดได้และ อัตราส่วนของการผสมที่ดี ที่สุดคือการใช้ปริมาณน้ำมันกานพลูน้อยกว่าน้ำมันอบเชย ที่อัตราส่วน 3:7, 2:8 และ 1:9 (Udomlak Sukatta, et al. 2008)

2.1.4 ผลหมาก



รูปที่ 2-4 ผลหมาก

ที่มา: www.qualityplus.co.th

ต้นหมากเป็นปาล์มชนิดหนึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Areca catechu* Linn. มีการปลูกในอินเดีย มาเลเซีย ใต้หวัน ไทยและประเทศอื่น ๆ ในเอเชียสำหรับเมล็ดพันธุ์ที่มีความสำคัญ ทางเศรษฐกิจ เป็นไม้ต้น ขนาดกลาง สูงได้ถึง 20 เมตร ลำต้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-30 เซนติเมตร ใบมีความยาว 1.5-2 เมตร ปลายใบ มีแผ่นพับหนาแน่นจำนวนมาก มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาและองค์ประกอบทางเคมี ของผลหมากโดยเฉพาะเนื้อเมล็ดหมาก การศึกษาเกี่ยวกับรากนั้นหายากกรากใช้ในยาแผนโบราณเพื่อรักษาโรคต่าง ๆ เช่น ความผิดปกติของระบบทางเดินปัสสาวะ ระบายท้องผิวหนังหนังพยาธิบริเวณ และเป็นส่วนประกอบในการเตรียมยา บำรุงสุขภาพ และกาบใบอ่อนใช้ในการรักษาไมเกรน จากข้อมูลของสารสกัดหายากกรากของหมาก นั้นมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ ยาถ่ายพยาธิและสารต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์ เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านจุลชีพและการวิเคราะห์ทางพิษวิทยาเคมี (K. Ambika และ B. Rajagopal, 2017) สารสกัดจากเมล็ดของผลหมากมีฤทธิ์ในการยับยั้ง *Streptococcus canis* (Martina Machová, et al. 2021)

2.2 พฤษเคมีของพืช

2.2.1 ความหมายพฤษเคมี

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กล่าวว่า สารพฤษเคมี หรือไฟโตนิวเทรียนท์ (อังกฤษ: Phytochemical หรือ Phytonutrients) หมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักชนิดนั้น ๆ มีสี กลิ่นหรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารพฤษเคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิดและโรคสำคัญที่มักจะกล่าวกันว่าสารกลุ่มนี้ช่วยป้องกันได้คือ “โรคมะเร็ง” กลไกการทำงานของสารพฤษเคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจเป็นไปโดยการช่วยให้เอ็นไซม์บางกลุ่มทำงานได้ดีขึ้น เอ็นไซม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย มีผลทำให้สารก่อมะเร็งหมดฤทธิ์ ซึ่งปัจจุบันพบสารพฤษเคมีแล้วมากกว่า 15,000 ชนิด สารพฤษเคมีที่อยู่ในผักแสดงออกเป็นสารสีต่าง ๆ กัน ดังนี้

สารสีเขียว ได้แก่ บร็อคโคลี่ คื่นช่าย ผักชี บวบ หน่อไม้ฝรั่ง กุยช่าย ผักบุ้ง ผักโขม ผักปวยเล้ง ผักกาดหอม แตงกวา ถั่วลันเตา เป็นต้น สีเขียวนั้นเกิดจากสารคลอโรฟิลล์ และยังมีแร่ธาตุอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น ซีแซนทีน ชาติเหล็ก แคลเซียม และวิตามินบี 2 ที่ช่วยในการเผาผลาญอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคและช่วยเร่ง กำจัดฤทธิ์สารก่อมะเร็ง

สารสีน้ำเงิน-ม่วง ได้แก่ หัวบีท กระหล่ำปลีม่วง หอมแดง ดอกอัญชัน เผือก มะเขือม่วง ฯลฯ มีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์และดวงตา ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคหัวใจอัมพาต

สารสีส้ม เหลือง ได้แก่ แครอท ฟักทอง อุดมไปด้วยสารเบต้าแคโรทีนและฟลาโวนอยด์ มีบทบาทช่วยให้มองเห็นในที่มืดได้ดี ลดความเสี่ยงของเซลล์ของลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจก ช่วยป้องกันผิวที่อาจเกิดจากอันตรายของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มากับแสงแดดได้ จึงทำให้ผิวพรรณมีสุขภาพดี ไม่มีริ้วรอยแก่ก่อนวัย แลดูสดใสนุ่มนวล นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสภาพปกติของเซลล์เยื่อบุตาขาว กระจกตา ช่องปาก ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ รวมถึงทางเดินปัสสาวะให้เป็นปกติ และยังช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้ดีอีกด้วย

สารสีแดง ได้แก่ มะเขือเทศ พริกแดง แตงโม กระเจี๊ยบแดง หัวบีทรูท มีสารไลโคปีน (Lycopene) และ เคปไซซินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชั้นดี ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกายโดยเฉพาะเซลล์ผิวหนัง และช่วยลดปริมาณไขมันตัวร้ายในเลือด ช่วยป้องกันการเกิดลิ่มเลือด ช่วยลดการเจ็บป่วย และ เพิ่มการเผาผลาญไขมัน

สารสีขาว-น้ำตาล ได้แก่ กระเทียม เซเลอรี่ (ขึ้นฉ่ายฝรั่ง) หอมหัวใหญ่ เห็ด ข่า ลูกเดือย งาขาว ฯลฯ มีสารอัลลิซิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งและเนื้องอก ช่วยกระตุ้นเอนไซม์ในการทำลายพิษช่วยลดโคเลสเตอรอลในเลือด และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

2.2.2 ประเภทพฤกษเคมี

พฤกษเคมีแบ่งออกเป็น 8 ประเภท

2.2.2.1 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

นันทวัน บุญยะประภัศร (2544) กล่าวว่า แคโรทีนอยด์ เป็นสารพฤกษเคมีที่ทรงพลัง มีคุณสมบัติเป็นทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านมะเร็งที่ยอดเยี่ยม แคโรทีนอยด์คือ เม็ดสีชนิดละลายในไขมัน พบมากในผักและผลไม้ที่มีสีส้ม เหลือง แดง และเขียว ทำหน้าที่ปกป้องพืชจาก รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ในแสงแดด และสารก่อมะเร็งในสิ่งแวดล้อม ช่วยป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระที่เป็นอันตราย ในปัจจุบันมีการค้นพบแคโรทีนอยด์ถึง 600 ชนิด และประมาณ 50 ชนิด พบได้ในผักและผลไม้ ที่เรารับประทาน แคโรทีนอยด์ 6 ชนิดที่กลายมาเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระดาวเด่นแห่งศตวรรษที่ 21 คือ แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีน ครีโบโตแซนทิน ไลโคปีน ลูทีน และซีแซนทิน

- แอลฟาแคโรทีน ร่างกายสามารถเปลี่ยนแปลงเป็น วิตามินเอ เพื่อนำไปใช้ได้ มีการศึกษาพบว่า แครอท และ ฟักทอง มีสารแอลฟาแคโรทีนสามารถลดขนาดของเนื้องอกในสัตว์ได้ชัดเจน และยังมีประสิทธิภาพมากกว่า เบต้าแคโรทีน ถึง 10 เท่า ในการปกป้องผิวดวงตา ตับ และเนื้อเยื่อปอด จากการถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ

- เบต้าแคโรทีน ได้จากผักที่มีสีส้มสดใส เช่น บรอกโคลี แคนตาลูป ฟักทอง แครอท มะม่วง พืช มันเทศ และผักขม เบต้าแคโรทีน ถูกเปลี่ยน เป็นวิตามินเอ ได้ในยามที่ร่างกายต้องการ และส่วนที่ไม่ถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ จะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีการศึกษาพบว่าเบต้าแคโรทีน มีบทบาทสำคัญใน การป้องกันมะเร็ง โดยยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระ และยังพบว่าเบต้าแคโรทีน ยังช่วย เสริมสร้างความแข็งแรงของระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง กล้ามเนื้อหัวใจตายเฉียบพลัน เส้นโลหิตในสมองตีบ และ ยังช่วยป้องกันโรคต่อกระเพาะได้อีกด้วย

- ครีโบโตแซนทิน พบมากใน ลูกพีช มะละกอ และส้ม ครีโบโตแซนทิน จะถูกเปลี่ยนเป็น วิตามินเอ ได้ในยามที่ร่างกายต้องการ มีการศึกษาเปรียบเทียบระดับแคโรทีนอยด์ ในเลือดของผู้หญิงที่เป็นมะเร็งปากมดลูก กับผู้หญิงที่ไม่ได้เป็นมะเร็งปากมดลูกพบว่า ผู้หญิงที่ไม่เป็นมะเร็งมีระดับของครีโบโตแซนทิน ในเลือดสูงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ครีโบโตแซนทิน อาจช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง ชนิดนี้ได้ และการสูบบุหรี่จะทำให้ระดับของครีโบโตแซนทิน ต่ำลง เมื่อนักวิทยาศาสตร์ ได้ทำการเปรียบเทียบระดับของครีโบโตแซนทิน ในผู้ที่สูบบุหรี่กับผู้ที่ไม่สูบบุหรี่

- ไลโคปีน เป็นสารที่ทำให้ มะเขือเทศ แดงโม ออรั่น และ ผลไม้หลากชนิดมีสีแดง ไลโคปีน ไม่มีคุณสมบัติเป็น “โปรวิตามินเอ” หมายถึง ร่างกายของเราไม่สามารถเปลี่ยนให้เป็นวิตามินเอได้ ไลโคปีน มีความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเบต้าแคโรทีนมาก ช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งต่อมลูกหมากในผู้ชาย ช่วยปกป้องเราจากสารก่อมะเร็งจากควันบุหรี่ และต้านอนุมูลอิสระจากรังสียูวี (UV) ในแสงแดด จากงานวิจัยใหม่ๆ ยังพบว่าไลโคปีน ยังช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้อีกด้วย

- ลูทีน พบมากในผักขม กะหล่ำปลี และดอกดาวเรือง ไม่มีคุณสมบัติเป็น “โปรวิตามินเอ” เหมือนไลโคปีน แต่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่น่าประทับใจมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติประโยชน์ในการปกป้องดวงตา พบว่า ลูทีนช่วยจัดการกับอนุมูลอิสระที่เกิด

จากรังสียูวี (UV) ที่เป็นอันตรายต่อดวงตา และช่วยชะลอการเสื่อมของศูนย์กลางจอประสาทตา อันเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งของการ ตาบอดในในผู้ที่อายุ 65 ปีขึ้นไป

- ซีแซนทีน เช่นเดียวกับ ลูทีน แครโรทีนอยด์ชนิดนี้ ช่วยปกป้องดวงตาจากโรคจอประสาทตาเสื่อม เนื่องจากถูกอนุมูลอิสระทำลาย ซีแซนทีน ยังช่วยป้องกันมะเร็งอีกหลายชนิด ช่วยลดการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้อร้าย ซีแซนทีน พบมากใน ผักขม และกระเจี๊ยบเขียว

สรุปประโยชน์ที่ได้รับจาก แครโรทีนอยด์ มีดังต่อไปนี้

- เบต้าแคโรทีนช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน
- สารอาหารเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยในการรวมตัวเองเข้ากับเชื่อบุเซลล์เหมือนกับวิตามินอี

- เบต้าแคโรทีน มีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด, มะเร็งคอมดลูก, มะเร็งผิวหนัง, มะเร็งมดลูก, มะเร็งในช่องปาก และมะเร็งลำไส้

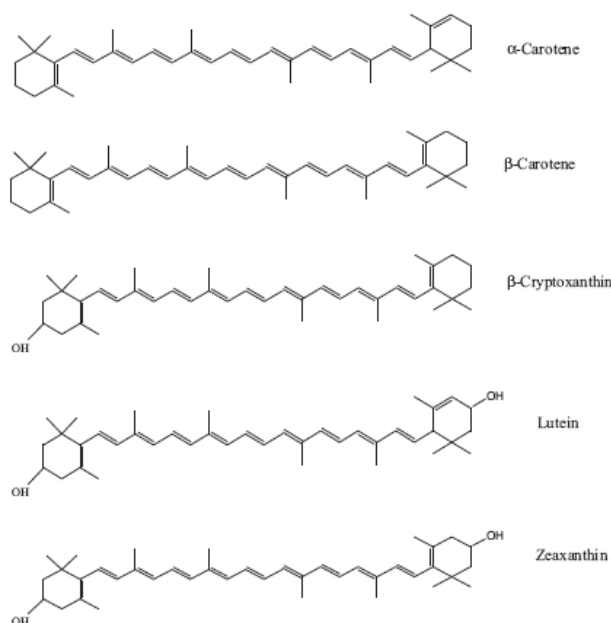
- เบต้าแคโรทีน ในปริมาณสูงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจได้ถึง 40%

- เบต้าแคโรทีนในระดับสูง สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่อกระจก และโรคจอประสาทตาเสื่อมได้

- ลูทีน และซีแซนทีน เป็นแคโรทีนอยด์ที่สะสมอยู่บริเวณเรตินาของดวงตา เม็ดสี จะทำหน้าที่ปกป้องเรตินา และจอประสาทตา จากกระบวนการ Oxidative Stress ซึ่งนั่นหมายความว่า มันจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคจอประสาทตาเสื่อมได้

- เบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์ อีกหลายประเภทจะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ หากร่างกายต้องการ ดังนั้น พวกมันจึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งจะสามารถช่วยให้ร่างกายได้รับวิตามินเอ ได้อย่างเพียงพอในยามที่ต้องการ

- แคโรทีนอยด์รวม สามารถเพิ่มการต่อต้านไม่ให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation กับคอเลสเตอรอลชนิดเลว (LDL) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



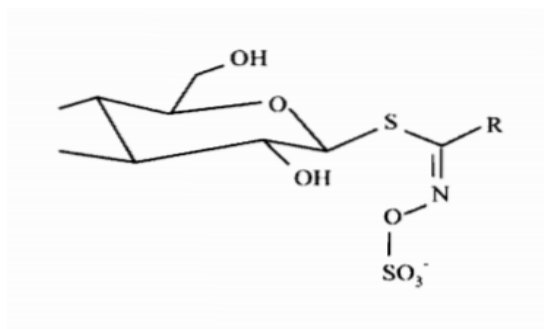
รูปที่ 2-5 สูตรโครงสร้างแคโรทีนอยด์

www.foodnetworksolution.com

2.2.2.2 กลูโคซิโนเลต (Glucosinolate), ไอโซไทโอไอโซยานาเท (Isothiocyanate))

บุษบัน ศิริธัญญลักษณ์. (2548) กล่าวว่า สารกลูโคซิโนเลต เป็นสารที่เกิดจากน้ำตาลและกรดอะมิโน ซึ่งจะมีอะตอมของซัลเฟอร์และไนโตรเจนในโมเลกุล เมื่อสารนี้สลายตัวแล้วจะได้สาร isothiocyanate พบทั่วไปในพืชตระกูลกะหล่ำ (*Brassica* sp.) จัดเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) ในพืช เช่น กะหล่ำปลี, กะหล่ำปม, ผักน้ำ, บร็อกโคลี, กระเน้, รูตาบากา (rutabaga) และเทอร์นิพ (turnips) มีสมบัติในการยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ มะเร็งเต้านม และมะเร็งต่อมลูกหมาก โดยโครงสร้างของกลูโคซิโนเลตประกอบด้วย β -D-thioglucose N-hydroxysulfate และ Sulfur-linked β -D-glucopyranose ซึ่งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่หมู่ R (กรดอะมิโน)

กลูโคซิโนเลตประกอบด้วยกรดอะมิโน ซึ่งแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มเมไธโอนีน (Methionine) ได้เป็นสารประกอบอะลิฟติก (Aliphatic) กลุ่มฟีนอลอะลานีนหรือไทโรซีน (Phenylalanine or Tyrosine) ได้เป็นสารประกอบอะโรมาติก (Aromatic) และกลุ่มทริปโตเฟน (Tryptophan) ได้เป็นสารประกอบอินโดล (Indole)

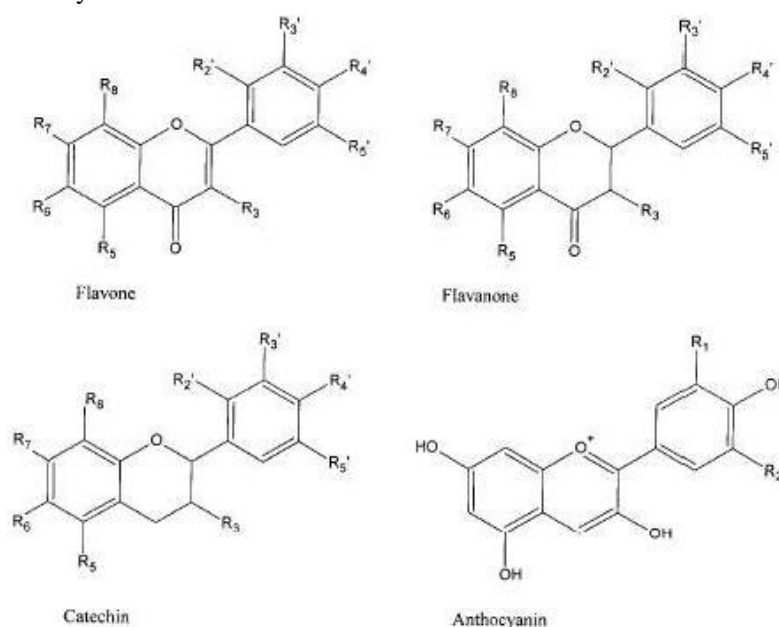


รูปที่ 2-6 สูตรโครงสร้างกลูโคซิโนเลต

ที่มา: Redonikovic และคณะ

2.2.2.3 โพลีฟีนอล (Polyphenols) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids), แอนโทไซยานินส์ (Anthocyanins) , ไบโอฟลาโวนอยด์ (Bioflavonoids)

ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ประเภทพอลิฟีนอล (polyphenol) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนแอโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) รวมอยู่ในโมเลกุล ตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป สามารถละลายในน้ำได้ ส่วนใหญ่มักพบอยู่ร่วมกับน้ำตาล ในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) สารประกอบ flavonoids ได้แก่ flavonol, flavonone, flavone, isoflavone, flavonol catechin และ anthocyanins



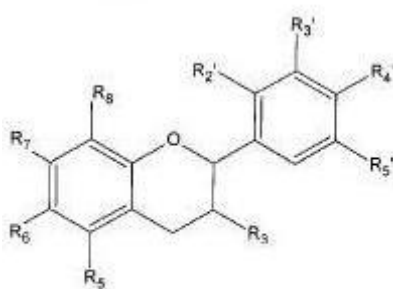
รูปที่ 2-7 สูตรโครงสร้างฟลาโวนอยด์

ที่มา: www.foodnetworksolution.com

สารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืช

นารินจิน (naringin) เป็นสารพอลิฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ให้รสขม พบในผลไม้ตระกูลส้ม (citrus) เช่น เกรฟฟรุต (grapefruit) รสขมจะรับรู้ได้เมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 600 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) ปริมาณจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผลไม้สุกงอม catechin พบในชาพบมากในชาเขียว

แคทีชิน (catechin) เป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ประเภทพอลิฟีนอล (polyphenol) ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่พบมากในใบชา (tea) เป็นสารโภชนเภสัช (nutraceutical) ที่มีศักยภาพในด้านประโยชน์กับสุขภาพ มีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ที่จับกับอนุมูลอิสระ และเป็น chelating agent ที่รวมตัวกับไอออนของโลหะหนักได้



Catechin

รูปที่ 2-8 สูตรโครงสร้างแคทีชิน

ที่มา: www.foodnetworksolution.com

แคทีชิน มีประมาณ 60-70% ของพอลิฟีนอลทั้งหมดในชา กลุ่มของ catechins ที่พบมากในชา ได้แก่ (-) -epigallocatechin-3-gallate (EGCG) , (-) -epigallocatechin (EGC) , (-) -epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-) -epicatechin (EC) โดย catechins เหล่านี้มีอยู่ประมาณ 90% ของแคทีชินทั้งหมด กลุ่มของ catechins ที่พบในปริมาณน้อยลงมา ได้แก่ (-) -gallocatechin (GC) , (+) -catechin (C) , (-) -gallocatechin gallate (GCG) และ (-) -catechin gallate (CG) แคทีชินเป็นสารไม่มีสี ละลายได้ในน้ำ ให้รสขมและฝาด

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแคทีชิน (catechin) ในชา

ปริมาณแคทีชิน ในใบชา มีผลต่อ สี กลิ่น รสชาติของชา ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ catechin ในชา ได้แก่ พันธุ์ชา ฤดูกาลเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และระยะความอ่อน-แก่ของใบ ในใบชา ชาในฤดูใบไม้ผลิ (รุ่นแรก) มี catechin ประมาณ 12-13% ขณะที่ชาในฤดูร้อน (รุ่นสอง

สาม) มี catechin ประมาณ 13-14% ใบชาอ่อนมี catechin มากกว่าใบชาแก่ ชาขาว และ ชาเขียวมี ปริมาณ catechin มากกว่าชาที่ผ่านการคั่วใบชาและการหมักเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (enzymatic browning reaction) เช่น ชาดำ และชาอู่หลง

สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ จัดเป็น nutraceutical มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวหรือเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จึงช่วยหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้

แหล่งของอาหารที่พบฟลาโวนอยด์มาก ได้แก่ พืช ผักและผลไม้ เช่น ขมิ้น หัวหอม กระเทียม สารสกัดจากเมล็ดองุ่น รวมทั้งเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ชา และไวน์ เป็นต้น

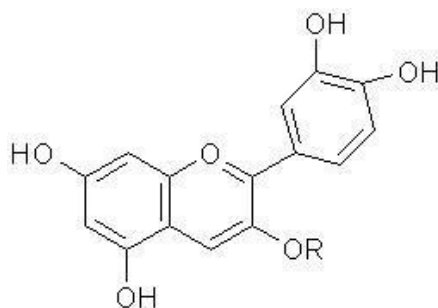
แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร สารสกัดแอนโทไซยานิน มีสมบัติเป็น โภชนเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) อีโคไล (Escherichia coli) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย

อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ผลไม้ เช่น องุ่น ทับทิม และผลไม้ในกลุ่มเบอร์รี่ เช่น สตรอเบอร์รี่ (strawberry) ผลหม่อน (mulberry) บลูเบอร์รี่ (blueberry) แครนเบอร์รี่ (cranberry) เชอร์รี่ (cherry) ราสเบอร์รี่ (raspberry) เป็นต้น ผัก เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง (red cabbage) และเรดิชสีแดง (red radish) เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวกล้อง หรือข้าวสาลีสีน้ำตาล ข้าวโพดสีม่วง พืชหัว ได้แก่ มันเทศสีม่วง ดอกไม้ เช่น กระเจี๊ยบแดง และดอกอัญชัน เป็นต้น

แหล่งของแอนโทไซยานิน ได้แก่ มันเทศสีม่วง ชมพู่มะเหมี่ยว ชมพู่มะเขี๋ยง ลูกหว้า ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วแดง ถั่วดำ หอมแดง ดอกอัญชัน น้ำวุ้น-กาบหอย ผีอก หอมหัวใหญ่สีม่วง มะเขือม่วง พริกแดง องุ่นแดง-ม่วง แอปเปิ้ลแดง ลูกไหนด ลูกพรุน ลูกเกด ลูกหม่อน (มัลเบอร์รี่) บลูเบอร์รี่ เชอร์รี่ แบล็กเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่

โมเลกุลของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) กลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol)



รูปที่ 2-9 สูตรโครงสร้างแอนโทไซยานิน

ที่มา: www.foodnetworksolution.com

2.2.2.4 แทนนิน เป็นพอลิฟีนอล (polyphenol) ที่มีโมเลกุลใหญ่ และโครงสร้างซับซ้อน มีสูตรโมเลกุล $C_{75}H_{52}O_{46}$ เป็นกรดอ่อน ประกอบด้วย gallic acid 9 โมเลกุล และ น้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล แทนนินมีจำหน่ายเป็นการค้าในรูปของกรดแทนนิก (tannic acid) แทนนินเป็นสารให้รสฝาด (astringency) และรสขม (bitter) พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ใบชา ใบฝรั่ง ใบพลู ใบชุมเห็ด ผลไม้ดิบ เช่น กัลยาดิบ ในเปลือกและเมล็ดของผลไม้ เช่น เปลือกมังคุด องุ่น เม็ดในของมะขาม เปลือกมะพร้าวอ่อน และพบในไวน์แดง แทนนินมีส่วนสำคัญ เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ของผลไม้มีฤทธิ์เป็นสารกันเสีย (preservative) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ประเภทของแทนนิน มี 2 ชนิด คือ

คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกว่า โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanin) หรือ flavan-3-ols

สารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) คือแทนนินที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้แก่ glycosylated gallic acids, catechin, gallo catechin, epicatechin, epigallocatechin, kaempferol, quercetin เป็นต้น

สรรพคุณทางยา แทนนิน มีสมบัติเป็นสารตกตะกอนโปรตีน มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราได้ ใช้เป็นยาแก้ท้องร่วง แก้บิด สมานแผล แผลเปื่อย

2.2.2.5 ซาโปนินส์ (Saponins)

สารซาโปนินเป็นสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside compound) มีคุณสมบัติทำให้เกิดฟองได้ง่าย ชื่อสารซาโปนินมีที่มาจากพืชชนิดหนึ่ง ที่มีชื่อว่า the soapwort plant มีชื่อสกุลว่า ซาโปนารี (Saponaria) ในสมัยโบราณใช้รากพืชชนิดนี้มาทำเป็น (soap) ในภาษาละติน คำว่า sapo แปลว่า soap หรือสบู่ นั่นเอง สามารถพบสารซาโปนินได้ในพืชหลายชนิด เช่น ปะ

คำดีควาย หางไหลแดง พืชตระกูลชา เป็นต้น สารซาโปนินที่สกัดจากเมล็ดชา (Tea seed saponin) เป็นซาโปนินชนิด triterpenoid saponin ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย สารซาโปจีนิน (sapogenin), สารอะไกลคอน (aglycon) และกรดอินทรีย์สูตรโมเลกุลของสารซาโปนินคือ $C_{57}H_{90}O_{26}$ มีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีไอออน (non-ionic surfactant) ทำให้เกิดฟองได้ดี สารซาโปนินมีรสขม เผ็ด ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตาและจมูกได้ ซาโปนินจากชามีลักษณะเป็นผลึกสีขาวดูความชื้นได้ง่าย จุดหลอมเหลว 224 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในสารละลายเมธิลแอลกอฮอล์, สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ และกรดอะซิติกเข้มข้น เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากการนำกากชา บดมาแช่ในแอลกอฮอล์และตัวทำละลายอินทรีย์ (organic reagent) ชนิดอื่น ๆ จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองกลั่นเอาตัวทำละลายออกและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 20-50 องศาเซลเซียส จะได้ผงสีขาวที่มีสาร triterpenoid saponin เข้มข้นมากกว่า 70% สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายวิธีอาทิเช่น สารลดแรงตึงผิว สารทำความสะอาด สารกำจัดศัตรูพืช สารเคลือบกันบูดขีด สารผสม (emulsifier) สารกันบูด สารทำให้เกิดฟองในอุตสาหกรรมผลิตเบียร์ในทางการเกษตรและการประมงมีการใช้เป็นสารกำจัดแมลง สารฆ่าเชื้อโรคใช้แทนยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์สารกำจัดศัตรูน้ำที่ไม่พึ่งประสงค์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยสารซาโปนินจะทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลือดเย็น เช่น ปลา หอย เป็นต้น

2.3 ฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.3.1 ความหมายฤทธิ์ทางชีวภาพ

ฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) คือสารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์ และพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง เช่น มีฤทธิ์จำเพาะ ต่อเซลล์มะเร็ง มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อวัณโรค เป็นต้น และสารนั้นจะต้องไม่มีผลในทางลบต่อร่างกาย หรือมีผลข้างเคียงน้อย จากการศึกษาของ สาเหตุของโรคเรื้อรังต่างๆ ปกติร่างกายมีกลไกในการป้องกันโดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายแต่ยังไม่เพียงพอและมีขีดจำกัด ประกอบกับเมื่ออายุมากขึ้นร่างกายสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อย จึงควรได้รับจากภายนอกโดยการรับประทานอาหารที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นองค์ประกอบของสารอาหารที่มีความพิเศษ (Extranutritional) ที่มีปริมาณน้อยในอาหาร มีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมากซึ่งสารเหล่านี้มีโครงสร้างทางเคมี และหน้าที่แตกต่างกัน รวมทั้ง Burn และคณะ พบว่าสารฟีนอลิกเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง และมีผลต่อการลดระดับโคเลสเตอรอล แล้ว ยังมีงานวิจัยพบว่าสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้

2.3.2 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.3.2.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ทำให้เกิดการทำลายเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมรอบๆตัว ช่วยชะลอความทรุดโทรมของร่างกายและป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนเซลล์ปกติไปเป็นเซลล์มะเร็ง โดยทั่วไปการทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระ มี 2 วิธีดังนี้

2.3.2.1.1 วิธี DPPH เป็นการทดสอบด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระในที่นี้ก็คือ อนุมูลอิสระดีฟิพีเอช ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและสีม่วงสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายด้วยเอทานอล จะทำให้สีม่วงจางลงๆ จนเป็นสีเหลือง

2.3.2.1.2 วิธี ABTS เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส เป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงินสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสี ABTS ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง ABTS ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์จากนั้นนำ ABTS ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจาง ซึ่งจะทำให้สีเขียว หรือสีน้ำเงิน จางลงหรือไม่ก็มี

2.3.3 อนุมูลอิสระ

2.3.3.1 ความหมายของอนุมูลอิสระ

อะตอมหรือโมเลกุลของสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว เนื่องจากการสูญเสียอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว หรือมีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวเพิ่มขึ้น อาจเป็นประจุลบ ประจุบวก หรือเป็นกลางก็ได้ ปกติโมเลกุลจะสมดุลเมื่ออิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่ แต่มีบางครั้งที่มีโมเลกุลบางชนิดสูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่ง ทำให้อิเล็กตรอนขาดคู่ จึงไปดึงเอาอิเล็กตรอนจากอะตอม หรือโมเลกุลอื่นมาเข้าคู่เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นเสถียรมากขึ้น ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นขาดอิเล็กตรอนจึงกลายเป็นอนุมูลอิสระขึ้นมาแล้วไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นที่อยู่ใกล้ๆกันทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ อนุมูลอิสระมีอายุสั้นมากประมาณ 10-3 หรือ 10-10 วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาและไม่เฉพาะเจาะจง ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้กับทุกโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ดีเอ็นเอ ไขมัน และโปรตีน ความเสียหายจะเกิดขึ้นได้กับโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบย่อยของเซลล์ เมื่อเกิดขึ้นจะทำให้เซลล์เสียหายและสูญเสียหน้าที่ไป ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงเคมีหรือเชิงกายภาพของเซลล์ ในที่สุดก็เกิดเป็นโรคที่เกิด

จาก ความเสื่อมสภาพของร่างกาย (degenerative disease) อนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) อนุมูลอิสระที่เกิดในร่างกายของเราเอง เป็นผลจากในร่างกายของเรา มีกระบวนการ เมตาบอลิซึม (metabolism) เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีและ กิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย ต้องดำเนินการตามปกติ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการหายใจจะเกิด ออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งก็คืออนุมูลอิสระ สารตัวนี้สามารถรวมตัวกับไขมัน LDL (Low Density Lipoproteins) ได้ดี และยังสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดในร่างกายก่อให้เกิดสารพิษที่ทำลาย เนื้อเยื่อ หรืออาจไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ ทำให้เซลล์ปกติเปลี่ยนสภาพไป เป็นเซลล์มะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้การทำงานของเอนไซม์มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระ ภายในร่างกาย เช่น เอนไซม์ลิพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ทำหน้าที่เร่งการออกซิเดชันของกรด ไขมันไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) โมเลกุลของเอนไซม์นี้มีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็น องค์ประกอบ ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจาก กรดไขมัน และเติมออกซิเจนให้กรดไขมันเกิดเป็น Hydroperoxide ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไปได้

2) อนุมูลอิสระที่มาจากนอกร่างกาย ซึ่งเกิดได้หลายปัจจัยด้วยกัน คือ จากการได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (autoimmune diseases) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา จาก มลภาวะ เช่น คาร์บอนหริ่ แก๊สจากท่อไอเสียรถยนต์ เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ ที่มีส่วนประกอบ ของไขมันสูง หรือการใช้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูง ๆ กลับมาใช้ซ้ำ เป็นต้น

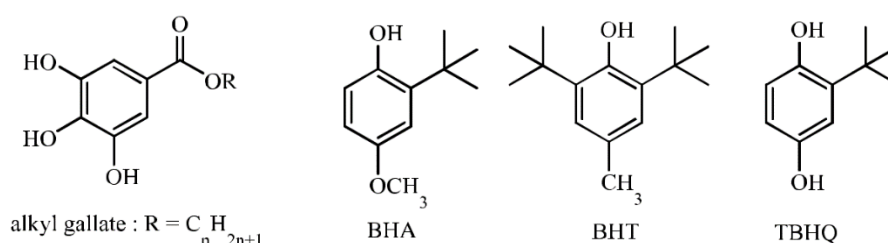
อนุมูลอิสระที่มีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และหน่วยสารพันธุกรรม หรือดีเอ็นเอ ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลาย ชนิด เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคไขข้ออักเสบ ความเสื่อมของร่างกาย และรวมถึงเกิดการเปลี่ยนแปลง สภาพเซลล์ที่ทำให้ เกิดมะเร็งบางชนิด เป็นต้น โดยอนุมูลอิสระจะถูกสร้างขึ้นมาจากกระบวนการ เมตาบอลิซึมของร่างกายเองในสถานะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายได้รับ มลภาวะแวดล้อมจะส่งผลให้ร่างกายสะสมอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอนุมูลอิสระจะว่องไวมาก และทำให้เกิดความเสื่อมสภาพของเซลล์ในร่างกาย ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกัน ไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายได้ และสิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมากป้องกันตนเองเพื่อไม่ให้อนุมูลอิสระทาลายได้ เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) (อนันต์ สกุลกิม, 2551)

2.3.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.3.4.1 ความหมายของสารต้านอนุมูลอิสระ

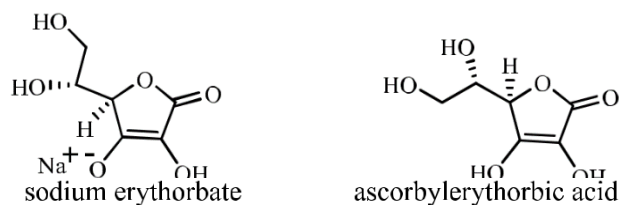
สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) สารต้านอนุมูลอิสระคือ สารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมี ที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ทำให้เกิดการทำลายเซลล์หรือเกิดการเปลี่ยนเซลล์ปกติเป็น เซลล์มะเร็ง ซึ่งสารอาหารเช่นเบต้าแคโรทีน วิตามินซีและซีลีเนียมเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวและช่วยลดการทำลายเซลล์โดยอนุมูลอิสระจึงช่วยชะลอความทรุดโทรมของร่างกายและป้องกันไม่ให้เกิด การเปลี่ยนเซลล์ปกติไปเป็นเซลล์มะเร็ง (อนันต์ สกฤตภูมิ, 2551)โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระ แบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1) Primary antioxidant สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้แก่สารประกอบฟีนอลิก (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและรวมกระทั่งสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์(natural and synthetic tocopherol), alkyl gallate, butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), tertiary butyl hydro quinone(TBHQ)และสารอื่นๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน



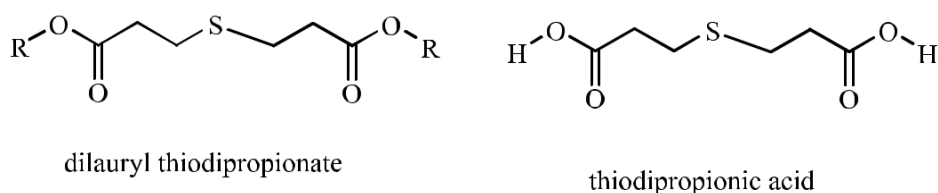
รูปที่ 2-10 Primary antioxidant

2) Oxygen scavenger สารกลุ่มนี้ได้แก่กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี, ascorbylerythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้



รูปที่ 2-11 Oxygen scavenger

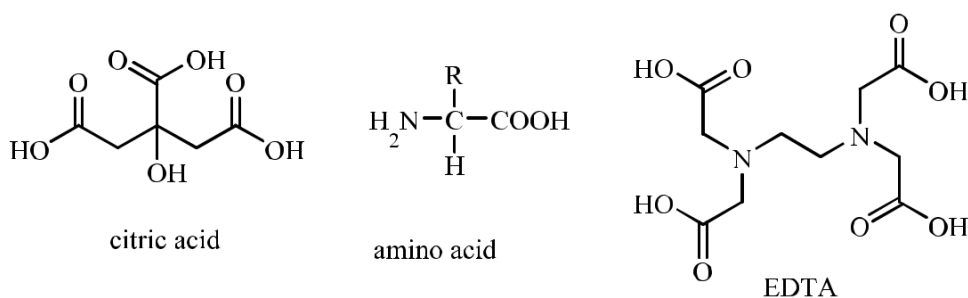
3) Secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiodipropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร



รูปที่ 2-12 Secondary antioxidant

4) Enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่เอนไซม์ต่างๆ ซึ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme ซึ่งสารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจน หรืออนุพันธ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5) Chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ citric acid, amino acid, ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) เป็นต้น ซึ่งสารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของ โลหะ เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริม และเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร



รูปที่ 2-13 Chelating agent

สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารที่สามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ (free radicals หรือ oxidants) สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทในการป้องกันการทำลายสารชีวโมเลกุลในร่างกายจากอนุมูลอิสระซึ่งทำให้เกิดโรคต่างๆ ได้สารต้านอนุมูลอิสระเกิดจากการสังเคราะห์หรือพบในธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบใน

ธรรมชาติได้แก่สารประกอบในกลุ่ม โพลีฟีนอลซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีนตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acids) แทนนิน (tannins) เป็นต้น สารประกอบโพลีฟีนอลสามารถพบในพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรหลายชนิด

2.3.4.2. หน้าที่ของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวจับไล่อนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยับยั้งการเกิดออกซิเจนในรูปแอคทีฟซึ่งพบในขั้นตอนอินิเอนซ์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันหน้าที่ต่างๆเหล่านี้มีผลในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถหยุดปฏิกิริยาถูกใช้โดยการทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxy ให้สารที่มีความเสถียรหรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ

2.3.4.3. การตรวจวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันใช้อนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียรคือ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ในการทดสอบและตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากพืชผักผลไม้และสมุนไพรและใช้ 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole (BHA) เป็นสารมาตรฐานตัวแทนของสารต้านอนุมูลอิสระที่จะไปทำปฏิกิริยากับ DPPH เป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วเที่ยงพอสมควรและค่อนข้างง่ายโครงสร้างของสารประกอบ DPPH และ BHA

2.3.4.4. การวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ทางเคมี (chemical base assay) DPPH radical scavenging assay โมเลกุลของ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl มีลักษณะเป็น stable free radicals ซึ่งวิธีนี้ ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH radicals มีลักษณะพิเศษคือ ละลายในเอทานอลจะมีสีม่วงและดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อสารละลาย DPPH เข้าทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปรีดิวซ์ ทำให้จากสีม่วงของ DPPH radicals จะจางลง ดังนั้น การวิเคราะห์นี้จึงประเมินความสามารถของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH radicals อนึ่ง วิธี DPPH นี้ยังเป็นวิธีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ รวดเร็วและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์อื่นๆ ABTS radical scavenging assay หรือ TEAC assay , Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) คือ การตรวจวัดความสามารถในการยับยั้งของสารต้านอนุมูลอิสระจากค่าการดูดกลืนแสงของ 2, 2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulphonate) radicals (ABTS) ABTS ละลายในเอทานอลและน้ำ มีค่าการ

ดูดกลืนแสงสูงถึง 734 นาโนเมตร โดยการทดลองนี้วิเคราะห์ความสามารถรวมของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการไม่มีสีของ ABTS radicals ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้าง ABTS ให้มีโครงสร้างที่ทำให้มองเห็นเป็นสี จากการเกิดออกซิเดชันของ ABTS และ potassium –persulfate การวิเคราะห์นี้สามารถประยุกต์เข้าได้กับสารประกอบ lipophilic และ hydrophilic สารละลาย ABTS ที่เจือจางแล้ว จะทำการวิเคราะห์ได้หลังจากผ่านไป 120 นาที ที่มีการผสมเข้ากับสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ในขั้นตอนแรก trolox เป็นแอนาลอกของวิตามินอีที่สามารถละลายน้ำได้ โดยทั่วไปก็จะใช้ trolox ในการวัดเทียบค่ามาตรฐาน

Reducing power method เป็นหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยารวมของการเปลี่ยนรูปจาก Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} ในการทดลองนี้สารต้านอนุมูลอิสระจะอยู่ ในรูปสารเชิงซ้อนที่มีสีกับ potassium ferricyanide, trichloro acetic acid และ ferric chloride ซึ่งจะวิเคราะห์ได้ที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร จะแสดงผลของสารรีดิวซ์ที่เข้าไปเปลี่ยน Fe^{3+} (ferric cyanide complex) เป็น Fe^{2+} (Perl's Prussian blue formation) ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเป็นสารรีดิวซ์ของตัวอย่าง

Ferric reducing antioxidant power assay เป็นเทคนิคที่ใช้วัดความสามารถรวมของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถรีดิวซ์เหล็ก ferric ได้ โดยพื้นฐานของการวิเคราะห์นี้คือการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของโครงสร้างเชิงซ้อนระหว่างเหล็กและ TPTZ เกิดเป็นสารสีน้ำเงินเมื่ออยู่ในรูป ferrous ในสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับค่า pH ในร่างกาย ข้อดีของการทดลองนี้คือ ง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยารีดักชันนี้ สามารถวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร

2.3.5 เอนไซม์อะไมเลส (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธิยา รัตนปนนท์, ม.ป.ป.)

อะไมเลส (amylase) เป็นเอนไซม์ (enzyme) ชนิดหนึ่งที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะในโมเลกุลของสตาร์ช (starch) ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เป็นเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาล (sugar) ไคแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส (maltose) มอโนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส (glucose) ชนิดของเอนไซม์อะไมเลส

2.3.5.1 แอลฟา-อะไมเลส (alpha-amylase) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช (starch) และไกลโคเจน (glycogen) ที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 แบบสุ่มทำให้โมเลกุลของสตาร์ช และไกลโคเจนถูกไฮโดรไลซ์ได้ น้ำตาล เช่น น้ำตาลมอลโทส (maltose) และกลูโคส (glucose) อย่างรวดเร็ว เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส พบทั่วไปในระบบการย่อยอาหาร (digestive system) ของมนุษย์ และสัตว์เช่น ในน้ำลายและน้ำย่อยจากตับอ่อน

ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เอนไซม์นี้ในการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch hydrolysis) ในขั้นตอนการทำ liquefaction เพื่อลดความหนืดของสารละลายสตาร์ช ภายหลังการเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) เพื่อผลิต น้ำเชื่อมกลูโคส

2.3.5.2 บีตา-อะไมเลส (beta-amylase) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch) ที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 ของพันธะไกลโคไซด์ที่เฉพาะส่วนปลายสายด้านที่เป็นนอนรีดิวส์ (non reducing end) เข้ามาทีละ 2 หน่วย ทำให้ได้น้ำตาลมอลโทส (maltose) เอนไซม์นี้ไม่พบในน้ำย่อยของมนุษย์ แต่พบในรา (mold) แบคทีเรีย (bacteria) เช่น *Bacillus cereus* และพบในผลไม้ระหว่างการสุก (ripe)

ทั้งแอลฟา-อะไมเลส และบีตา-อะไมเลสพบในเมล็ดธัญพืช (cereal grain) เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ที่มีการเพาะให้เมล็ดธัญพืชงอก (malting) ก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเบียร์ แล้วจึงนำมาเตรียมเป็นเวอร์ต (wort) ระหว่างนี้เอนไซม์อะไมเลสในข้าวมอลต์จะไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch) หากได้ปริมาณน้ำตาลมาก เมื่อนำไปหมักจะได้แอลกอฮอล์มากด้วย เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส จะทำงานที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าเอนไซม์บีตา-อะไมเลส หากการไฮโดรไลซ์ได้เดกซ์ทรินสูง จะได้แอลกอฮอล์น้อย ถ้าอุณหภูมิต่ำบีตา-อะไมเลสจะทำงานได้ดี ได้น้ำตาลมอลโทสมากและได้เดกซ์ทรินต่ำ เมื่อนำไปหมักจะได้ แอลกอฮอล์มาก

2.3.5.3 แกมมาอะไมเลส (γ -amylase) (วิสูตร แก้วมหา, 2556: 17) ตัดภายในสายโพลิเมอร์ของสตาร์ช (starch) ได้หลายพันธะทั้งที่พันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง α -1, 4 และ α -1, 6 จึงสามารถย่อยอะไมโลเพกติน (amylpectin) ซึ่งมีโมเลกุลเป็น กิ่งก้านสาขาโดยจะตัดส่วนปลายสายที่ไม่รีดิวส์ (non reducing end) เข้ามาทีละ 1 หน่วย ได้น้ำตาลกลูโคส (glucose) ผลิตได้โดยรา (mold) แบคทีเรีย (bacteria)

2.3.6 แอลฟา กลูโคซิเดส (α -glucosidase, α -D-glucoside glycohydrolase EC.3.2.1.20) จัดเป็นเอนไซม์ ในกลุ่มไฮโดรเลส ซึ่งจะพบที่บริเวณลำไส้เล็ก แอลฟา กลูโคซิเดส สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แอลฟา กลูโคซิเดส I (α -glucosidase I) และแอลฟา กลูโคซิเดส II (α -glucosidase II) ในส่วนแอลฟา กลูโคซิเดสที่พบในมนุษย์นั้นจะเป็นแบบ maltase-glucoamylase (MGAM) โดย จะมีความจำเพาะต่อสับสเตรทชนิด maltose, isomaltose, sucrose, และ oligosaccharide สายสั้นๆ แอลฟา กลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส ที่เข้าสู่กระแสเลือดและนำไปเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกาย ซึ่งจะพบแอลฟา กลูโคซิเดสในระบบย่อยอาหารของ มนุษย์และสัตว์ เช่น น้ำลายและน้ำย่อยจากตับอ่อน ดังนั้นถ้ามีสารยับยั้งการทำงาน หรือลดประสิทธิภาพของ

แอลฟาไกลูโคซิเดสให้น้อยลง สารดังกล่าวก็จะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ สารยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดส (α -glucosidase inhibitors) บริเวณลำไส้เล็กจะทำหน้าที่ย่อยโอลิโกแซคคาไรด์บริเวณปลายที่เป็นน้ำตาลนอนรีดิวซิง (non-reducing sugar terminal) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ก่อนที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ดังนั้นหากสามารถยับยั้งการทำงานของแอลฟาไกลูโคซิเดสได้จะช่วยให้การย่อยโอลิโกแซคคาไรด์เป็นกลูโคสได้ช้าลง และชะลอการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้สารยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสยังช่วย เพิ่มระดับอินซูลิน ลดไตรกลีเซอไรด์ และสามารถต้านโรคมะเร็ง การติดเชื้อจากไวรัส HIV รวมถึงช่วยต้านโรคที่เกิดกับไลโซโซม ปัจจุบันยารักษาที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของแอลฟาไกลูโคซิเดส เช่น acarbose, voglibose, metformin และ miglitol มีผลในการลดระดับน้ำตาลหลังอาหาร (postprandial glucose) เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ลดระดับน้ำตาลขณะอดอาหาร (fasting plasma glucose) ได้ไม่มากนักผลข้างเคียงที่พบบ่อยเมื่อรับประทานยาในกลุ่มนี้ได้แก่ ท้องอืด แน่นท้อง ผายลมบ่อย ถ่ายเหลว ปวดท้อง โดยเฉพาะถ้าได้รับยาในปริมาณสูง จึงส่งผลให้มีการศึกษาสมุนไพรที่มีกลไกการออกฤทธิ์เช่นเดียวกับยาในกลุ่มยาที่ยับยั้งการทำงานของแอลฟาไกลูโคซิเดสในลำไส้ (α -glucosidase inhibitor) (ธนากรณ์ คำสุต, 2561 : 7-9)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อราในมะขามหวาน และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในมะขามหวาน ทั้งหมดได้จัดให้มีกิจกรรมการดำเนินงานดังนี้

3.1 ขอบเขตการวิจัย

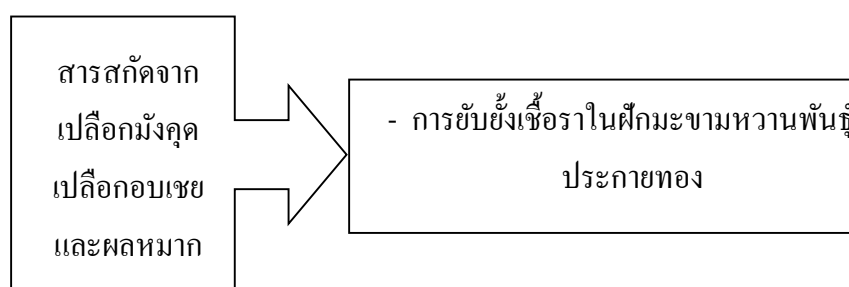
3.1.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างเชื้อในฝักมะขามจากเขตพื้นที่เพาะปลูกมะขามใน ตำบลระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

3.1.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาของงานวิจัยนี้ คือ การเตรียมสารสกัดในชั้นตัวทำละลายเมทานอลจาก เปลือกมังคุด เปลือกอบเชย และผลหมาก เพื่อนำไปทดสอบการยับยั้งเชื้อราในฝักมะขามหวานพันธุ์ประกายทอง

3.2 กรอบแนวคิด



3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 วัตถุดิบ

เปลือกมังคุด เปลือกอบเชย และผลหมาก ที่ซื้อมาจากตลาดจำหน่ายสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

3.3.2 การเตรียมสารสกัด

นำเปลือกมังคุด เปลือกอบเชย และผลหมาก มาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้วัตถุดิบแห้ง แล้วนำสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อเมทานอลที่ 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

3.3.2 การศึกษาการยับยั้งเชื้อราในฝักระยะขามหวานพันธุ์ประกายทอง

3.3.2.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

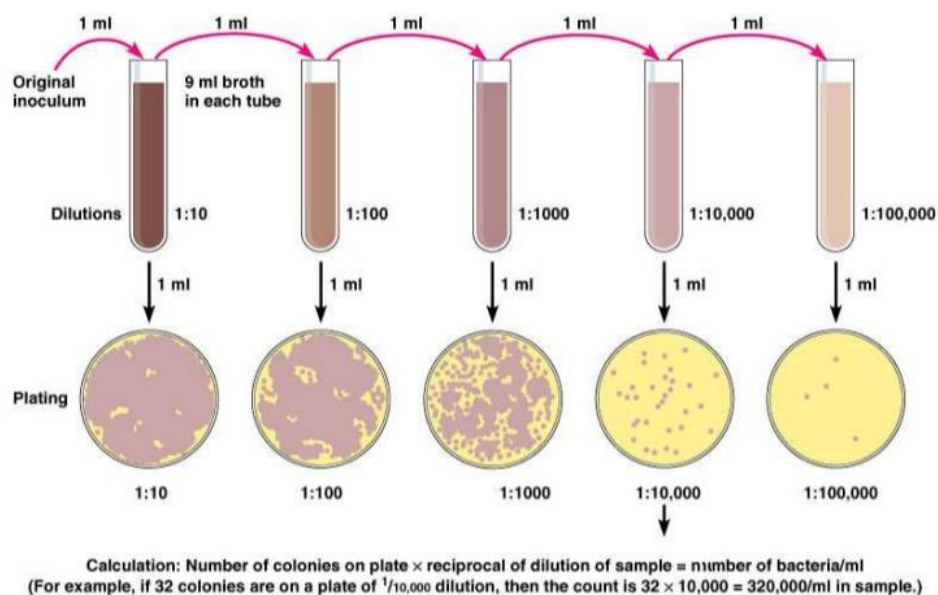
นำมันฝรั่งมาหั่นเป็นลูกเต๋า ต้มในน้ำประมาณ 30 นาที จากนั้นมากรองเอาเฉพาะน้ำ ต้มมันฝรั่งใส่ในบีกเกอร์ จากนั้นนำน้ำตาลเดกโทส ใส่ 2% ของปริมาณน้ำแล้วคนเพื่อให้น้ำตาลละลาย วัด pH ให้ได้ 5.5 จากนั้นนำวุ้น ใส่ 2% ของปริมาณน้ำแล้วนำไปต้มเพื่อให้วุ้นละลาย เมื่อวุ้นละลายแล้วนำมาเทใส่ขวดฟาเกลียว แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เวลา 15 นาที รอให้อุ่นจากนั้นเทใส่ plate รอให้อาหารแข็งแล้วรอการปนเปื้อนของเชื้อ ประมาณ 2-3 วันก่อนนำไปเลี้ยงเชื้อ

3.3.2.2 การแยกเชื้อราบริสุทธิ์จากฝักระยะขาม

การแยกเชื้อ โดย pour-plate technique วิธีการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์วิธีนี้ทำได้ดังนี้

- นำหลอดอาหารที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 7 หลอด ไปหลอมให้ละลาย และแช่ใน Water bath ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส
- นำลวดเขี่ยเชื้อ (Loop) ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในหลอดที่มีเชื้อผสม แล้วนำไปใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลอดที่ 1 เขย่าหลอดเพื่อให้เชื้อกระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 1 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 2 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 2 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 3 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด

- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 3 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 4 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 4 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 5 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 5 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 6 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 6 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 7 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำ Loop ที่สะอาดปราศจากเชื้อจุ่มลงในเชื้อผสมหลอดที่ 6 ถ่ายลงในหลอดอาหารที่ 7 เขย่าเพื่อให้เชื้อแพร่กระจายทั่วหลอด
- นำอาหารในหลอดที่ 1 เทใส่จานเพาะเชื้อจานที่ 1 หมุนจานเบาๆ เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียกระจายโดยทั่วจาน ปล่อยให้แห้งอาหารแข็งตัว
- นำอาหารในหลอดที่ 2 และ 3 เทใส่จานเพาะเชื้อจานที่ 2 และ 3 ตามลำดับ หมุนจานเบาๆ เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียกระจายโดยทั่วจาน ปล่อยให้แห้งอาหารแข็งตัว
- นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่เหมาะสมทิ้งไว้ประมาณ 24-48 ชม. จะเห็นโคโลนีเดี่ยว ๆ ของแบคทีเรียเจริญขึ้นจนมีขนาดใหญ่พอที่จะแยกเชื้อ หรือนำไปศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ต่อไป
- ผลจากการแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธีนี้ จะพบว่าในจานเพาะเชื้อที่ 1 จะมีเชื้อเจริญหนาแน่นมากที่สุด สำหรับจานเพาะเชื้อที่ 2 และ 3 มีเชื้อเจริญหนาแน่นน้อยลงมาตามลำดับ นอกจากวิธีการแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธีนี้ ยังสามารถศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในที่ที่มีอากาศหรือไม่มีอากาศได้ด้วย ถ้าเชื้อมีการเจริญเฉพาะบนผิวหน้าอาหาร แสดงว่าเชื่อนั้นเจริญได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน ถ้าเชื้อใดเจริญบนก้นจานเพาะเชื้อ แสดงว่าเชื่อนั้นเจริญได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน



รูปที่ 3-1 เทคนิคการแยกเชื้อ

ที่มา: ชีระวัฒน์ สุขใส (26 สิงหาคม 2562)

3.3.2.3 การทดสอบการยับยั้งเชื้อราก่อโรคในมะขาม

ทดสอบด้วยเทคนิค ด้วยวิธี Poisoned food ตัดแปลงจากเทคนิคของ

- การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยผสมกับสารสกัดที่ได้จากเปลือกมังคุด เปลือกอบเชย และผลหมาก โดยแยกชนิดของสารสกัดที่ผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตรของสารสกัด 10, 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร ปริมาตรอาหารรวม 70 มิลลิลิตร
- นำเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^{-7} streak plate ให้ทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพทุก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

บทที่ 4

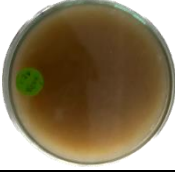
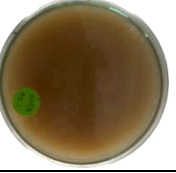
ผลการวิจัย

4.1 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อเมทานอลที่ 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำสารสกัดที่ได้มาละลายด้วยตัวทำละลายน้ำที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละ 2 จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตร 10, 20, 30 และ 40 มิลลิตร เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วให้นำเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^{-7} streak plate ให้ทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทุกความเข้มข้นของสารสกัดทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

ปริมาณสารสกัด (mL)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน (ชม.)			
	0	24	48	72
0				
10				
20				

ปริมาณ สาร สกัด (mL)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน (ชม.)			
	0	24	48	72
30				
40				

จากตารางที่ 4-1 พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ปริมาตร 40 มิลลิลิตรมีประสิทธิภาพการยับยั้งได้ระยะเวลาที่มากกว่าสารสกัดที่ปริมาตรอื่น โดยสังเกตพบการเจริญเติบโตของเชื้อราชั่วโมงที่ 72 ชั่วโมง รองลงมาเป็นที่ปริมาตร 30 มิลลิลิตร พบการเจริญเติบโตที่ 72 ชั่วโมง

4.2 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากผลหมาก

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากผลหมาก ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วนผลหมาก ต่อเมทานอลที่ 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำสารสกัดที่ได้มาละลายด้วยตัวทำละลายน้ำที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละ 2 จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตร 10, 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วให้นำเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^{-7} streak plate ให้ทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าสู่บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทุกความเข้มข้นของสารสกัดทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากผลหมาก

ปริมาณ สาร สกัด (mL)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน (ชม.)			
	0	24	48	72
0				
10				
20				
30				
40				

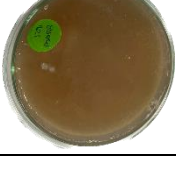
จากตารางที่ 4-2 พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตรมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราดีที่สุดไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราภายในชั่วโมงที่ 72 และใช้ปริมาณสารสกัดต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราจากมะขามหวาน

4.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากก้านอบเชย

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากก้านอบเชย ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่อัตราส่วนผลหมาก ต่อเมทานอลที่ 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหย

สูญญากาศ แล้วนำสารสกัดที่ได้มาละลายด้วยตัวทำละลายน้ำที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละ 2 จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตร 10, 20, 30 และ 40 มิลลิตร เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวแล้วให้นำเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^{-7} streak plate ให้ทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปเข้าตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทุกความเข้มข้นของสารสกัดทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานของสารสกัดจากก้าน

อบเชย				
ปริมาณ	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน (ชม.)			
สารสกัด (mL)	0	24	48	72
0				
10				
20				
30				
40				

จากตารางที่ 4-3 พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ปริมาตร 40 มิลลิตร มีประสิทธิภาพการยับยั้งดีที่สุด โดยสังเกตพบการเจริญเติบโตของเชื้อราชั่วโมงที่ 72 ชั่วโมง

4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่างชนิดต่อการยับยั้งเชื้อราจากมะขาม

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ผลหมาก และก้านอบเชย โดยการนำพืชทั้ง 3 ชนิด มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง บดให้ละเอียดแล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลอัตราส่วนผลหมาก ต่อเมทานอลที่ 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วระเหยตัวทำละลายเมทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำสารสกัดที่ได้มาละลายด้วยตัวทำละลายน้ำที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละ 2 จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปริมาตร 10, 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร การยับยั้งแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของสารสกัดต่างชนิดในปริมาณสารสกัดที่แตกต่างกันที่เวลา 72 ชั่วโมง

ชนิดของสารสกัด	ปริมาณสารสกัดที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวานที่ 72 ชั่วโมง (มิลลิลิตร)			
	10	20	30	40
เปลือกมังคุด				
ผลหมาก				
ก้านอบเชย				

ตารางที่ 4 – 4 พบสารสกัดจากผลหมากในตัวทำละลายเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราจากมะขามหวานที่ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่ 72 ชั่วโมงได้ดีที่สุด เนื่องจากสามารถยับยั้งได้ที่ปริมาณสารสกัดที่ต่ำที่สุดที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตรในปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อรวม 70 มิลลิลิตร

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล และอภิปราย

ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากมะขามหวาน โดยใช้สารสกัดจากผลหมากมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้นของสารสกัดร้อยละ 2 โดยมีระยะเวลาในการยับยั้งสูงสุดที่ 72 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเปลือกมังคุดและก้านอบเชย โดยกระบวนการสกัดด้วยเมทานอลที่อัตราส่วน 1:20 (w/v) สกัดด้วยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Reena R Nelson Anthikat et al., 2014 ศึกษาสารสกัดจากผลหมากโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่าสามารถยับยั้งการสร้างอะฟาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ 85% คือที่ความเข้มข้นระหว่าง 100-250 มก./มล. โดยสารสกัดในตัวทำละลายเมทานอลประกอบไปด้วยสารประกอบในกลุ่มกรดฟีนอลิก (Yuchen Xiao et al., 2019) ที่ส่งผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรา (Susana Lorán et al., 2022)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการขายของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

5.2.2 ผลจากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาเชื้อราในแปลงมะขามหวานได้

บรรณานุกรม

- ชยธร หมอนทอง, อรอินท์ ประไซโย, ศจี สุวรรณศรี, ปรีดา ชนสุกาญจน์, และปทุมทริกา รัตนตรัยวงศ์. (2561). ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการยับยั้งเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1), 552-556
- ณัฐจิราวรรณ ปุ่นวัน, โชติกา บุญ-หลง, ศิริพรรณ ภูสุวรรณ, และ วินิตา บริราช. (2531). ชนิดและสารพิษของเชื้อราในมะขาม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 30(1), 3-8.
- นันทวัน บุญอะประกาศร์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). สารพฤกษเคมี. สืบค้นจาก <https://www.greenclinic.in.th/phytochemicals.html>
- บุษบัน ศิริธัญญาลักษณ์. (2548) สารชีวภาพกลูโคซิโนเลต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีที่ปลูกในประเทศไทย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่:เชียงใหม่.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธิยา รัตนปนนท์. (ม.ป.ป.). สารฟีนอลิก. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3145/polyphenol->
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธิยา รัตนปนนท์. (ม.ป.ป.). แทนนิน. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2376/tannin/>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธิยา รัตนปนนท์. (ม.ป.ป.). อะไมเลส. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1174/amylase/>
- พีระศักดิ์ นายประสาธ. (2557). การผลิตมะขามหวาน. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กิตา ธรรมมัตติ. (2566). 7 ประโยชน์ต่อสุขภาพของมังคุด โภชนาการ และวิธีรับประทาน. สืบค้นจาก <https://www.stylecraze.com/articles/amazing-health-benefits-of-mangosteen/>
- อนันต์ สกฤตภูมิ. (2551). อนุมูลอิสระ สารอันตรายต่อสุขภาพและ. ร่างกาย. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 8(1): 28-33
- Bianca R. Albuquerque, Maria Inês Dias, José Pinela, Ricardo C. Calhelha, Tânia C. S. P. Pires, Maria José Alves, Rúbia C. G. Corrêa, Isabel C. F. R. Ferreira, Maria Beatriz P. P. Oliveira, and Lillian Barros. (2023). Insights into the Chemical Composition and In Vitro Bioactive Properties of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Pericarp. Food.
- Hua Liu, Rong He, Liwen Zheng and Shuyao Xie. (2021). Extraction and analysis of chemical constituents from mangosteen pericarp. E3S Web of Conferences 271

- K. Ambika and B. Rajagopal. (2017). Antimicrobial and Phytochemical Properties of Areca catechu L. Leaf and Root Extracts. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology.
- Lina Šernaite, Neringa Rasiukevičiūtė and Alma Valiuškaite. (2020). The Extracts of Cinnamon and Clove as Potential Biofungicides against Strawberry Grey Mould. Plants.
- Martina Machová, Tomáš Bajer, David Šilha, Karel Ventura and Petra Bajerová. (2021). Volatiles Composition and Antimicrobial Activities of Areca Nut Extracts Obtained by Simultaneous Distillation–Extraction and Headspace Solid-Phase Microextraction. Molecules.
- Udomlak Sukatta, Vichai Haruthaithanasan, Walairut Chantarapanont, Uraiwan Dilokkunanant and Panuwat Suppakul. (2008). Antifungal Activity of Clove and Cinnamon Oil and Their Synergistic Against Postharvest Decay Fungi of Grape in vitro. kasetsart journal - natural science.
- Sameer N. Mahmoud. (2012). Antifungal Activity of *Cinnamomum zeylanicum* and *Eucalyptus microtheca* Crude Extracts Against Food Spoilage Fungi. Euphrates Journal of Agriculture Science.

