

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สันฐานวิทยาและข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของกระเทียม ข่า และขมิ้น

2.1.1 กระเทียม

การจำแนกชนิดตามหลักทางวิทยาศาสตร์

Kingdom	Plantae
Division	Magnoliophyta
Class	Liliopsida
Order	Liliales
Family	Liliaceae
Genus	<i>Allium</i> L.
Species	<i>Allium sativum</i> L.

(United States Department of Agriculture, 2019)

2.1.1.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Allium sativum* L.

วงศ์ : *Liliaceae*

ชื่อสามัญ : Common Garlic, Allium, Garlic

ชื่ออื่น : กระเทียม (ภาคกลาง) หอมเทียม (ภาคเหนือ) หอมขาว (ภาคอีสาน) หัวเทียม (ภาคใต้)

2.1.1.2 ลำต้น

เป็นไม้ล้มลุก มีลำต้นแท้คือหัวกระเทียมที่อยู่ใต้ดิน และลำต้นเทียมที่เป็นใบ โดยแต่ละหัวจะมีหลายกลีบเรียงซ้อนกัน แต่ละกลีบจะมีกาบหรือเปลือกบาง ๆ หุ้มหลายชั้น อาจจะมีสีม่วง ชมพู หรือขาวก็ได้ สามารถแยกออกจากกันได้ ด้านบนของกลีบเรียวยาวแหลมเพื่อเติบโตไปเป็นใบ (ภาพที่ 1) กระเทียมหนึ่งกลีบนำไป

ขยายพันธุ์ได้หนึ่งต้น แต่มีกระเทียมบางสายพันธุ์ที่มีเพียงกลีบเดียว เช่น กระเทียมโทน รากของกระเทียมเป็นระบบรากฝอย (Arden Thai, 2561)



ภาพที่ 1 ต้นกระเทียม

ที่มา : Postsod (2561)

2.1.1.3 ใบกระเทียม

ใบเป็นส่วนที่เรียกว่า ลำต้นเทียม โดยใบจะเกิดจากการนำกลีบมาปลูก ใบประกอบด้วยโคนใบที่เป็นเปลือกหุ้มหัว ถัดมาเป็นก้านใบ และแผ่นใบ โดยแผ่นใบมีลักษณะแบนเรียบ ยาวประมาณ 30-60 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม กระเทียม 1 หัว จะให้ใบประมาณ 14-16 ใบ (ภาพที่ 2) (กัญญารัตน์ อยู่อ่อน, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2 ใบกระเทียม

ที่มา : กัญญารัตน์ อยู่อ่อน (ม.ป.ป.)

2.1.1.3 ดอกกระเทียม

ดอกกระเทียมมีลักษณะเป็นช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ แทงออกบริเวณตรงกลางของหัว มีก้านดอกยาวเท่าความสูงของใบ ดอกอ่อนมีใบประดับเป็นแผ่นห่อหุ้มดอก ด้านในประกอบด้วย ดอกย่อย มีขนาดเล็ก แต่ละดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ ยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร สีชมพู มีเกสรตัวเมีย 1 อัน เกสรตัวผู้ 6 อัน (Arden Thai, 2561)



ภาพที่ 3 ดอกกระเทียม

ที่มา : กัญญารัตน์ อยู่อ่อน (ม.ป.ป.)

2.1.1.4 เมล็ดกระเทียม

เมล็ดหรือผลกระเทียม มีขนาดเล็ก รูปไข่ ค่อนข้างกลม มีสามพู เมล็ดมีสีน้ำตาล ใช้ขยายพันธุ์ได้ แต่ในประเทศไทยสภาพอากาศไม่เหมาะสมจึงไม่นิยมรอให้ติดผล (Arden Thai, 2561)



ภาพที่ 4 เมล็ดกระเทียม

ที่มา : TreatThai (2562)

2.1.1.5 ลักษณะภายนอกของเครื่องยา

หัวใต้ดิน ลักษณะกลมแป้น มีเยื่อหุ้มสีขาวหนา แต่ละหัวประกอบด้วยหลายกลีบรวมกัน มีประมาณ 6-10 กลีบ แต่ละกลีบรูปรี ยาวประมาณ 1-4 เซนติเมตร มีใบแบบ scale leaf หุ้มเป็นลักษณะเยื่อบางสีขาวหรือสีขาวอมม่วง หุ้มอยู่ 2-3 ชั้น ซึ่งแยกออกจากส่วนของเนื้อได้ง่าย เนื้อในหัวมีสีขาวหรือเหลืองอ่อนๆ กลิ่นแรง ฉุน รสเผ็ดร้อน มีน้ำเหนียวเป็นยางอยู่ในหัว กลีบกระเทียมที่ ปอกเปลือกหุ้มออก และคั่วแล้วสีเหลืองอมน้ำตาล มีกลิ่นฉุน หอม รสเผ็ดร้อน (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

2.1.1.6 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของกระเทียม

ปริมาณน้ำไม่เกินร้อยละ 68 (w/w) ปริมาณเถ้ารวมไม่เกินร้อยละ 2.5 (w/w) ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดไม่เกินร้อยละ 1 และปริมาณสารสกัดเฮกเซน แอลกอฮอล์ และน้ำ ประมาณ ร้อยละ 0.52, 0.50 และ 15 (w/w) ตามลำดับ เภสัชตำรับอังกฤษระบุปริมาณสาร alliin ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.45 (w/w) (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

2.1.1.7 องค์ประกอบทางเคมีของกระเทียม

น้ำมันหอมระเหย ประมาณร้อยละ 0.1-0.4 มีองค์ประกอบหลักคือ alliin ajoene allyldisulfide diallyldisulfide ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่ม organosulfur สารในกลุ่มนี้ที่พบในกระเทียม เช่น สารกลุ่ม S-(+)-alkyl-L-cysteine sulfoxides, alliin ร้อยละ 1, methiin ร้อยละ 0.2, isoalliin ร้อยละ 0.06 และ cycloalliin ร้อยละ 0.1 และสารที่ไม่ระเหย คือ สารกลุ่ม gamma-L-glutamyl-S-alkyl-L-cysteines, gamma-glutamyl-S-trans-1-propenylcysteine ร้อยละ 0.6 และ gamma-glutamyl-S-allylcysteine รวมประมาณร้อยละ 82 ของสารกลุ่ม organosulfur ทั้งหมด ส่วนสารกลุ่ม thiosulfinates (allicin) สารกลุ่ม ajoenes (E-ajoene และ Z-ajoene) สารกลุ่ม vinyl dithiins (2-vinyl-(4H)-1,3-dithiin , 3-vinyl-(4H)-1,2-dithiin) และ สารกลุ่ม sulfides (diallyl disulfide, diallyl trisulfide) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ได้พบในธรรมชาติแต่เกิดจากการสลายตัวของสาร alliin ซึ่งถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ alliinase หลังจากนั้นจึงเกิดการรวมตัวกันใหม่ได้สาร allicin ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียร สลายตัวได้สารกลุ่ม sulfides อื่น ๆ ดังนั้นกระเทียมที่ผ่านกระบวนการสกัด การกลั่นน้ำมัน หรือความร้อน สารประกอบส่วนใหญ่ที่พบเป็นสารกลุ่ม diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide และ diallyl tetrasulfide ส่วนกระเทียมที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำมัน สารประกอบที่พบส่วนใหญ่เป็น 2-vinyl-(4H)-1,3-dithiin, 3-vinyl-(4H)-1,2-dithiin, E-ajoene และ Z-ajoene ปริมาณของ alliin ที่พบในกระเทียมสดประมาณ ร้อยละ 0.25-1.15 สารกลุ่มอื่น ๆ ที่พบ เช่น สารเมือก และ albumin, scordinins,

saponins ร้อยละ 0.07, beta-sitosterol ร้อยละ 0.0015, steroids, triterpenoids และ flavonoids (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

2.1.1.8 การศึกษาทางเภสัชวิทยาของกระเทียม

ก.ฤทธิ์ปกป้องตับจากสารพิษ

การทดลองป้อนสาร diallyl disulfide (DADS) จากกระเทียมให้แก่หนูขาว วันละ 50 และ 100 mg/kg น้ำหนักตัวในหนูแต่ละกลุ่ม นานติดต่อกัน 5 วัน ก่อนเหนี่ยวนำให้ตับ เกิดการเสียหายด้วยสาร carbon tetrachloride (CCl₄) พบว่า DADS ทั้งสองขนาดสามารถป้องกันตับเป็นพิษได้ การตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์พบว่าสามารถยับยั้งความเสียหาย ของเซลล์ตับ โดยลดการทำงานของเอนไซม์ aspartate transaminase (AST) และ alanine transaminase (ALT) ในตับลงได้ ลดการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการอักเสบ และการตายของเซลล์ตับ ได้แก่ Bax, cytochrome C, caspase-3, nuclear factor-kappa B, I kappa B alpha นอกจากนี้ยังมีผลเพิ่มการแสดงออกของโปรตีน และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, glutathione reductase, glutathione S-transferase ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สาร DADS จากกระเทียมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปกป้องตับจากสารพิษ โดยกลไกกระตุ้นการทำงานของ nuclear factor E2-related factor 2 (Nrf2) ซึ่งเป็น transcription factor หรือโปรตีนที่ควบคุมการแสดงออกของยีนที่ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ และเนื้อเยื่อจากอนุมูลออกซิเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา การกระตุ้น Nrf2 มีผลเหนี่ยวนำการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และสร้างเอนไซม์ในระบบ การกำจัดสารพิษออกจากร่างกายในขั้นตอนที่ 2 (detoxifying Phase II enzyme) และยับยั้ง nuclear factor-kappa B มีผลให้ลดการสร้างสารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบลง และปกป้องตับจากสารพิษได้ (Lee *et al.*, 2014)

ข. ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

ศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดน้ำโดยไม่ผ่านความร้อน (raw garlic) และสารสกัดกระเทียมที่ผ่านการต้มแล้ว นำมาทดสอบในหลอดทดลอง โดยใช้เนื้อเยื่อของกระต่าย พบว่า raw garlic สามารถยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase (ที่ทำให้เกิดการสร้างสารอักเสบ) แบบ non-competitive และ irreversible จากการศึกษพบว่า raw garlic สามารถยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase ได้ โดยมีค่าร้อยละ 50 Inhibitory Concentration (IC₅₀) ต่อเกล็ดเลือด, ปอด และหลอดเลือดแดงในกระต่ายเท่ากับ 0.35, 1.10 และ 0.90 มิลลิกรัม ในขณะที่กระเทียมที่ต้มแล้ว มีฤทธิ์ยับยั้ง cyclooxygenase ได้เล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมที่ไม่ผ่านความร้อน เนื่องจากส่วนประกอบสำคัญในกระเทียมนั้นถูกทำลายในขณะที่ให้ความร้อน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระเทียมน่าจะมีประโยชน์ในการป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันได้ (Ali, 1995)

จากการรวบรวมงานวิจัย ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบของกระเทียม โดยสรุปพบว่ากระเทียมมีฤทธิ์ต้านการอักเสบผ่านหลายกลไก ดังนี้คือ ต้านการอักเสบผ่าน T-cell lymphocytes โดยไปยับยั้ง SDF1a-

chemokine-induced chemotaxis มีผลให้การมารวมกลุ่มกันของสารที่ทำให้เกิดการอักเสบลดลง, ยับยั้ง transendothelial migration of neutrophils มีผลให้ลดการเคลื่อนที่ของเม็ดเลือดขาวชนิด neutrophil ในกระบวนการอักเสบ, ยับยั้งการหลั่งสาร $\text{TNF}\alpha$ ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นในกระบวนการอักเสบ, กดการสร้างอนุมูลไนโตรเจนที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาการอักเสบ และการทำงานผ่าน ERK1/2 ทั้ง 2 กลไก ได้แก่ การยับยั้ง phosphatase-activity (directly related with ERK1/2 phosphorylation) และการเพิ่ม phosphorylation of ERK1/2 kinase (ผ่านทาง p21ras protein thioallylation) มีผลทำให้การอักเสบลดลง (Martins *et al.*, 2016)

ค.ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารของสารสกัดหัวกระเทียมด้วย เอทานอล เมทานอล อะซิโตน และการสกัดสดโดยวิธีบีบคั้นแบบเย็น โดยใช้วิธี microdilution broth susceptibility test พบว่าการสกัดสดมีค่า MIC และค่า MBC ต่ำที่สุด (3.125 กรัมต่อลิตร) และรองลงมาคือ สารสกัดจากตัวทำละลาย เอทานอล เมทานอล และอะซิโตน ให้ค่า MIC และ MBC เท่ากัน (6.25 กรัมต่อลิตร) แสดงว่าสารสกัดสดมีสมบัติในการยับยั้ง และฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด เนื่องจากในกระเทียมสดมี allin เป็นสารประกอบกำมะถันที่สำคัญ เมื่อกระเทียมสดถูกบด หรือผ่านกระบวนการแปรรูป allinase จะถูกปลดปล่อยออกมาจากภายในแวคิวโอลของเซลล์ และอาศัยน้ำเป็นกลไกในการทำปฏิกิริยาได้เป็น allicin ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งกระบวนการสกัดสดช่วยให้การทำปฏิกิริยาระหว่างสาร allin และ allinase ดีขึ้น เนื่องจากจะต้องใช้เวลาในการบีบคั้นน้ำกระเทียม ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวช่วยให้การทำปฏิกิริยาระหว่างสารมากขึ้น อาจทำให้ได้ allicin เพิ่มขึ้น (ภรภัทร ตั้งวรกิตต์ และ รังสิณี โสธรวิทย์, 2554)

ง. ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดน้ำที่ได้จากหัวกระเทียม ทำการศึกษาในหลอดทดลอง โดยใช้วิธี tube dilution method ใช้ยา Ciprofloxacin 40 $\mu\text{g/mL}$ เป็นสารมาตรฐาน เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S. aureus* และ *S. Typhi* ผลการทดสอบ พบว่าสารสกัดน้ำจาก หัวกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (MIC) ต่อเชื้อ *E. coli*, *K. pneumonia*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* และ *S. Typhi* เท่ากับ 120, 120, 120, 80 และ 120 mg/ml ตามลำดับ และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC) เท่ากับ 120, 160, 120, 120 และ 160 mg/ml ตามลำดับ (Lawal *et al.*, 2016 อ้างถึงใน คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

2.1.1.9 สารที่พบในกระเทียม

ในทางเคมีกระเทียมสดประกอบด้วย วิตามิน เกลือแร่ และแร่ธาตุต่าง ๆ อยู่ในปริมาณน้อย แต่พบว่าในกระเทียมจะมีกำมะถัน (sulfur) อยู่ในปริมาณที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับพืชในหมู่ตระกูล Allium นอกจากนั้นยังพบเยอมาเนียม (germanium) และซีลีเนียม (selenium) ในกระเทียมด้วย ซึ่งมีรายงานการศึกษาพบว่าสมุนไพรที่มีแร่ธาตุทั้งสองนี้มักจะมียับยั้งการเจริญเติบโตของ antitumor นอกจากนั้นในกระเทียมยังประกอบด้วยสารประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน กลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่พบ คือ allyl คำว่า allyl นี้ ได้ถูกตั้งขึ้นโดย Wertheim ในปี ค.ศ. 1844 ซึ่งหมายถึงสารประกอบคือ $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2$ หรือ C_3H_5 และต่อมาในปี ค.ศ. 1892 นักเคมีชาวเยอรมัน อีกคนหนึ่งคือ F.W. emmler ได้ทำการสกัดกระเทียมด้วยไอน้ำและพบว่าในส่วนของน้ำมันนั้นยังประกอบด้วยสารซึ่งมีกำมะถันอยู่ด้วยคือ diallyldisulphide ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{S}_2$ หรือ $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{SSCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$), diallyltrisulphide และ diallyltetrasulphide และเมื่อสารประกอบdiallyldisulphide ถูกออกซิไดส์จะทำให้เกิดสารที่เรียกว่า “อัลลิซิน” (allicin) (diallyldisulphide-s-oxide) ซึ่งเป็นสารที่นักวิจัยหลายกลุ่มคาดว่าเป็น active ingredient ชนิดหนึ่ง รวมทั้งเป็นที่มาของกลิ่นเฉพาะตัวของกระเทียม (สุทธิลักษณ์ ปทุมราช, 2538)

2.1.1.10 ประโยชน์ของกระเทียม

ตำรายาไทยใช้หัวกระเทียมเป็นยาขับลม แก้ลมจุกเสียด แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้อาการอาหารไม่ย่อย ขับเสมหะ ขับเหงื่อ ลดไขมัน รักษาปอด แก้ปอดพิการ แก้อุจจาระเป็นมูกเลือด บำรุงธาตุ กระจายโลหิต ขับปัสสาวะ แก้บวมพุพอง ขับพยาธิ แก้ตาปลา แก้ตาแดง น้ำตาไหล ตาฟาง รักษาโรคลักปิดลักเปิด รักษาเมรัญคุด รักษาโรคผิวหนัง แก้ไอ คุมกำเนิด แก้สะอึก บำบัดโรคในอก แก้พรรตึก รักษาฟันเป็นร้ำมะนาด แก้หูอักเสบ แก้ปวดลมเข้าข้อ แก้อาการชักกระตุกของเด็ก พอกหัวเหิน้ำ แก้ขัดเบา รักษา วัณโรค แก้โรคประสาท แก้หืด แก้ปวดมวนในท้อง บำรุงสุขภาพทางกามคุณ ขับโลหิตระดู บำรุงเส้นประสาท แก้ไข้ แก้ฟกช้ำ แก้ปวดกระบอกตา แก้โรคในปาก แก้หวัดคัดจมูก แก้ไข้เพื่อเสมหะ ทำให้ผอมเงางาม บำรุงเส้นผมให้ดกดำ ใช้ภายนอก รักษาแผลเรื้อรัง รักษากลากเกลื้อน แก้โรคผิวหนัง ทาภายนอกบรรเทาอาการปวดบวมตามข้อเพราะเป็นยาพอกให้ร้อน ใช้พอกตรงที่ถูกลมลง ตะขบ แมงป่องต่อยเป็นส่วนประกอบในตำรับยาเหลืองปิดสมุทร (แก้ท้องเสีย), ยาประสะไพล (ขับน้ำคาวปลาในสตรีหลังคลอด), ยาธาตุบรรจบ (แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ท้องเสีย ใช้กระเทียม 3 กลีบ ทูบซงน้ำร้อนใช้เป็นน้ำกระสายยา สำหรับยาผง)

บัญชียาจากสมุนไพร ที่มีการใช้ตามองค์ความรู้ดั้งเดิม ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ระบุการใช้กระเทียมในตำรับ “ยาแก้ลมอัมพฤกษ์” มีส่วนประกอบของหัวกระเทียมร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดตามเส้นเอ็น กล้ามเนื้อ มือ เท้า ตึงหรือชา ตำรับ “ยาประสะไพล” มีส่วนประกอบของหัวกระเทียมร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ในตำรับ มีสรรพคุณรักษาโรคมาไม่สม่ำเสมอหรือมาน้อยกว่าปกติ บรรเทาอาการปวดประจำเดือน และขับน้ำคาวปลาในหญิงหลัง

คลอดบุตร ตำรับ "ยาเลือดงาม" มีส่วนประกอบของหัวกระเทียมร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดประจำเดือน ช่วยให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ แก้มุตกิต ตำรับ "ยาเหลืองปิดสมุทร" มีส่วนประกอบของหัวกระเทียมคั่ว ร่วมกับสมุนไพรอื่น ๆ ในตำรับมีสรรพคุณบรรเทาอาการท้องเสียชนิดที่ไม่เกิดจากการติดเชื้อ เช่น อุจจาระไม่เป็นมูก หรือมีเลือดปนและท้องเสียชนิดที่ไม่มีไข้ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

2.1.2 ข่า

2.1.2.1 อนุกรมวิธานของข่า (Report, 2020)

Kingdom	Plantae
Division	Angiosperms
Class	Monocots
Order	Zingiberales
Family	Zingiberaceae
Genus	<i>Alpinia</i>
Species	<i>A. galanga</i>

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga* (Linn.) Swartz.

ชื่อวงศ์ ZINGIBERACEAE

ชื่อพ้อง *Languas galanga* (Linn.) Stuntz.

ชื่ออังกฤษ Galangal, False Galangal, Greater Galanga

ชื่อท้องถิ่น ข่าหยวก, ข่าหลวง, ข่าตาแดง (Mahidol University, n.d.)

2.1.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข่า

ข่า เป็นไม้ล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน สีนํ้าตาลอมแสด เลื้อยขนานกับผิวดิน มีอายุหลายปี มีข้อปล้องสั้น (ภาพที่ 5) ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกัน ดอกคล้ายลำต้น แตกกอ สูง 1.5-2.5 เมตร ใบเดี่ยว เรียงสลับ รอบลำต้นเหนือดิน ใบรูปใบหอก หรือรูปขอบขนานแกมใบหอก กว้าง 4-11 เซนติเมตร ยาว 25-45 เซนติเมตร กาบใบมีขนปลายใบแหลม ฐานใบสอบแหลม ขอบใบเรียบเป็นคลื่น เส้นกลางใบใหญ่ทางด้านท้องใบเป็นเส้นขนานชัด เส้นใบขนานกัน ก้านใบเป็นกาบหุ้ม (ภาพที่ 6) ดอกช่อแยกแขนง ตั้งขึ้น ขนาดใหญ่ ออกที่ปลายยอด ก้านดอกยาว 15-20 เซนติเมตร เมื่อยังอ่อนมี สีเขียวปนเหลือง ดอกแก่สีขาวปนม่วงแดง ดอกย่อยจำนวนมากเรียงกันแน่น อยู่บนก้านช่อเดียวกัน ดอกย่อยคล้ายดอกกล้วยไม้มีขนาดเล็ก มีใบประดับย่อยเป็นแผ่นรูปไข่ กลีบดอกสีขาวแกมเขียว 3 กลีบ โคนเชื่อมติดกันตลอด ปลายแยกจากกันเป็นปาก แต่ละกลีบเป็นรูปไข่กลับ ที่ปากท่อดอกจะมีอวัยวะยาวเรียวยาวจากโคนถึงยอด สีม่วงคล้ายตะขอ 1 คู่ ใต้อวัยวะมีต่อมให้กลิ่นหอม เกสรเพศเมียมี 1 อัน รังไข่อยู่

ไต้หวันกลีบ เกสรเพศผู้มี 3 อัน มี 2 อัน คล้ายกลีบดอก มีเรณู 1 อัน เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นแผ่นคล้ายกลีบดอก สีขาว มีลายเส้นสีม่วงแดง ผลแห้งแตก รูปกระสวยหรือทรงกลม ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ เมื่อแก่ มีสีส้มแดง มี 1-2 เมล็ด เมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศ ดอกใช้เป็นผักจิ้มได้ ออกดอกช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010)



ภาพที่ 5 ลักษณะของเหง้าข่า

ที่มา : Puechkaset (2015)



ภาพที่ 6 ลักษณะใบของข่า

ที่มา : Puechkaset (2015)

2.1.2.3 สรรพคุณ

ยาพื้นบ้านอีสานใช้เหง้า มีกลิ่นหอม ฉุน รสขม บดเป็นผงละลายน้ำ หรือต้มน้ำดื่ม ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010) ตำรายาไทยใช้เหง้าแก้ รสเผ็ดร้อน ขม รับประทานเป็นยาขับลม บำรุงธาตุ เป็นยาระบายอ่อนๆ แก้ไอ ช่วยย่อยอาหาร แก้บิด แก้ปวดท้องจุกเสียด กินแก้โรคปวดข้อและโรคหลอดลมอักเสบ ขับน้ำคาวปลา ขับรก ใช้ภายนอกทารักษากลากเกลื้อน แก่น้ำร้อนลวก แก้ลมพิษ และโรคลมป่วง แก้สันนิบาตหน้าเพลิง ตำกับน้ำมันมะขามเปียกและเกลือให้สตรีกินหลังคลอดเพื่อขับน้ำคาวปลา แก้ฟกบวม โดยใช้ข่าแก่ผ่านเป็นชิ้นบางๆ ชุบเหล้าโรงทา เหง้าแก้สดแก้โรคน้ำกัดเท้าโดยใช้ 1-2 หัวแม่มือ ตำให้ละเอียดเติมเหล้าโรงพอท่วม ทิ้งไว้ 2 วัน ใช้สำลีชุบทาวันละ 3-4 ครั้ง หรือทาลมพิษ (ทาบ่อยๆจนกว่าจะดีขึ้น) ใบ รสเผ็ดร้อน ข่าพญาธิ กลากเกลื้อน ต้มอาบ แก้ปวดเมื่อยตามข้อ ดอก รสเผ็ดร้อน ทาแก้กลากเกลื้อน ผล รสเผ็ดร้อนฉุน ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง แก้คลื่นเหียนอาเจียน ท้องอืดเฟ้อ แก้บิดมีตัวและไม่มีตัว หน่อ รสเผ็ดร้อนหวาน แก้ลมแน่นหน้าอก บำรุงไฟธาตุ ดั้นแก้ รสเผ็ดร้อนซ่า ตำผสมน้ำมันมะพร้าว ทาแก้ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ ตามข้อ แก้กะศิว ราก รสเผ็ดร้อนปร่า ขับเลือดลม ให้เดินสะดวก แก้เหน็บชา แก้เสมหะ และโลหิต หน่อ มีรสเผ็ดร้อนหวาน แก้ลมแน่นหน้าอก บำรุงไฟธาตุ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010)

ยาพื้นบ้านล้านนา ใช้ เหง้า ผสมใบมะกา เถาเชือก เขาหนั่ง หัวยาข้าวเย็นและเกลือ ต้มน้ำดื่ม เป็นยาถ่ายเหง้าอ่อน ผสมขันทองทศ หัวยาข้าวเย็น ต้มน้ำดื่ม แก่ริดสีดวงลำไส้ ลำต้นใต้ดิน รักษาโรคกลากเกลื้อน เป็นส่วนประกอบในตำรับยาเจ็บเมื่อยเส้นเอ็น ยาเลียบคัต ยามะเร็งครูด ยาไอ เป็นต้น (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ในหลอดทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้ามีฤทธิ์ต้าน การเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด เช่น แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคท้องเสีย วัณโรค ฝีม่อง และมีฤทธิ์ต้านเชื้อราพวกกลาก และยีสต์ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยยังมีฤทธิ์ฆ่าแมลง และมีฤทธิ์ต้านเนื้องอกในหนู สารสกัดแอลกอฮอล์จากเหง้ามีฤทธิ์ขับพยาธิ ลดความดันโลหิต ลดไข้ และรักษาแผลที่กระเพาะอาหารและลดการหลั่งของกรด นอกจากนี้ยังด้านการอักเสบของตับ เพิ่มการเคลื่อนไหวของอสุจิ กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลองพบว่า ไม่มีพิษเฉียบพลัน แต่ในระยะยาวพบว่า ระดับเม็ดเลือดแดงลดลง และไม่เป็นพิษต่ออสุจิ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010)

2.1.2.4 องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันระเหยง่าย มีกลิ่นฉุน และรสเผ็ด ประกอบด้วย Eugenol, Cineol, Camphor, Methyl Cinnamate, Pinene, Galangin, Chavicol, Trans-p-Coumaryl Diacetate, Coniferyl Diacetate, p-

Hydroxy-Trans-Cinnamaldehyde, Kaemferol, Quercetin พบสารประกอบ ฟีนอล 4 ชนิด คือ trans-p-Coumaryl diacetate, 4-Hydroxycinnamoylaldehyde 1'-Acetoxychavicol Acetate และ β -Sitosterol (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010)

2.1.3 ขมิ้นชัน

ขมิ้นชัน (Turmeric) หรือขมิ้น เป็นพืชที่มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อของเหง้ามีสีเหลืองเข้มไปจนถึงสีแดง เอกลักษณ์ที่เด่นชัด คือ รสชาติที่จัดจ้าน สีส้มมีความสวยงาม อีกทั้งยังได้มีการนำเอาสมุนไพรมาประยุกต์ผสมผสานลงไปในอาหารไทย ทำให้ได้รสชาติที่ดูแตกต่างแต่ละตัว เมื่อพูดถึงเรื่อง สมุนไพร ที่คนไทยนิยมนำมาทำอาหาร เราคงจะพลาดที่จะเอ่ยถึง ขมิ้นชัน ไม่ได้ เพราะว่าเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบที่ทำให้อาหารมีสีสันสะดุดตา ตลอดจนมีสรรพคุณทางยาที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มพูนเป็นลำดับถัดมาจากความอร่อย ตอนนี้เราจะมาทำความรู้จักกับสมุนไพรกันให้มากขึ้น เพราะเหตุใดจึงเป็นที่นิยม และประโยชน์ที่ได้จากสมุนไพรชนิดนี้มีอะไรบ้าง หากพร้อมแล้วมาเริ่มเรียนรู้ไปพร้อมๆ กัน นอกจากเราจะเราสามารถนำขมิ้นชันไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหาร ใช้อย้อมสี หรือใช้เพิ่มกลิ่นให้กับอาหารแล้ว ในขมิ้นชันยังมีวิตามินและแร่ธาตุมากมาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบีรวม วิตามินซี วิตามินอี แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เหล็กแร่ เส้นใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เริ่มเล่าทำความถึงขมิ้นชันนั้น เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี ความสูงของลำต้นเพียง 30 – 90 เซนติเมตรเท่านั้น มีเหง้าใต้ดิน ส่วนตรงกลางมีขนาดใหญ่รูปไข่ มีแขนงแตกออกด้านข้าง 2 ด้าน ที่อยู่ตรงข้ามกันคล้ายนิ้วมือ เนื้อในเหง้ามีสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม คนไทยรู้จักกันในฐานะของพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ นิยมนำมาใช้ประกอบอาหาร ปัจจุบันยังได้เพิ่มการแต่งสี แต่งกลิ่น เพิ่มรสชาติให้อาหารมีความน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 7) อาหารที่นิยมใส่ขมิ้นชัน ได้แก่ แกงเหลือง ข้าวหมกไก่ แกงกะหรี่ ขนมเบื้องญวน ไก่ทอด แกงไตปลา มัสตาร์ด เนย มาการีน เป็นต้น สำนักงานสาธารณสุขอำเภอพนมสารคาม (2561)



ภาพที่ 7 : ขมิ้นชัน

ที่มา : Rajavithi (2016)

2.1.3.1 อนุกรมวิธานของขมิ้นชัน นวลพรรณ และ เกษม (2548)

Kingdom : Plantae

Division : Magnoliophyta

Class : Magnoliopsida

Order : Zingiberales

Family : Zingiberaceae

Genus : *Curcuma*

Species : *longa*

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Curcuma Longa* Linn. วงศ์ : ZINGIBERACEAE.

ชื่อสามัญ : Turmeric, Curcuma

2.1.3.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ก. ใบ

ใบเป็นกาบห่อรวมตัวกันแน่นเป็นลำต้นเทียม ใบเดี่ยว เรียงสลับรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม ฐานใบแหลม เส้นใบขนาน ขอบใบเรียบ ผิวเกลี้ยง หรือมีขนสั้นนุ่ม (ภาพที่ 8) Biodiversity (2016)



ภาพที่ 8 ลักษณะของใบขมิ้นชัน

ที่มา : Delbor (2019)

ข. ดอก

ดอกออกเป็นช่อ ช่อดอกจะเกิดบนลำต้นที่มีใบหรือโผล่ขึ้นมาจากใจกลางของกลุ่มใบ ช่อดอกมีรูปร่างแบบทรงกระบอกหรือรูปกรวย ใบประดับมีสีเขียวอ่อนๆหรือสีขาว กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ตรงปลายช่อดอกจะมีสีชมพูอ่อน จัดเรียงซ้อนกันอย่างเป็นระเบียบ กลีบรองกลีบดอกจะเชื่อมติดกันเป็นรูปท่อน มีขน กลีบดอกมีขาว ตรงโคนเชื่อมติดกันเป็นท่อยาว บานครั้งละ 3-4 ดอก (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ลักษณะของดอกขมิ้นชัน

ที่มา : ชยันต์ พิเชียรสุนทร (2557)

2.1.3.3 ลักษณะประโยชน์ขมิ้นชัน

ก. ลดภาวะคอเลสเตอรอลสูง

งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าการรับประทานขมิ้นหรืออาหารเสริมจากขมิ้นที่มีสารเคอร์คูมินในปริมาณที่เหมาะสมต่อวันอาจเป็นประโยชน์ต่อการลดระดับไขมันรวมและเพิ่มระดับไขมันชนิดดีในเส้นเลือด จากการศึกษาประสิทธิภาพสารเคอร์คูมินต่อระดับไขมันรวม ไขมันชนิดไม่ดี ไขมันชนิดดี และไตรกลีเซอไรด์ในผู้ป่วยภาวะหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน 75 คน โดยให้รับประทานสารเคอร์คูมิน 3 ขนาด แบ่งรับประทาน 3 ครั้งต่อวัน ได้แก่ ปริมาณน้อย 15 มิลลิกรัมต่อวัน ปริมาณปานกลาง 30 มิลลิกรัมต่อวัน และปริมาณสูง 60 มิลลิกรัมต่อวัน ผลพบว่าการรับประทานสารเคอร์คูมินในปริมาณน้อยต่อวันช่วยลดระดับไขมันชนิดไม่ดีและไขมันรวมได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรับประทานสารเคอร์คูมินในปริมาณปานกลางและมาก อีกทั้งยังช่วยเพิ่มระดับไขมันชนิดดีสูงสุดเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสารเคอร์คูมินต่อการลดระดับไขมันในผู้ป่วยภาวะอ้วนลงพุง 65 คน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ระดับน้ำตาลในเลือด และระดับไขมัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดย

ได้ผลในทิศทางเดียวกัน ผู้ป่วยกลุ่มแรกได้รับประทานสารสกัดเคอร์คูมิน 630 มิลลิกรัมต่อวัน เปรียบเทียบกับผู้ป่วยอีกกลุ่มที่รับประทานยาหลอก โดยแบ่งรับประทาน 3 ครั้งต่อวันทั้ง 2 กลุ่ม นาน 12 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่รับประทานสารสกัดเคอร์คูมินมีระดับไขมันชนิดไม่ดีและไตรกลีเซอไรด์ลดลง ส่วนไขมันชนิดดีเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวและระดับน้ำตาลในเลือด ผลการศึกษาบางส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่าการรับประทานสารเคอร์คูมินเป็นประจำอาจเป็นอีกวิธีช่วยลดระดับไขมันในเลือดของผู้ป่วยภาวะอ้วนลงพุง และโรคอื่น ๆ ทั้งนี้ กลุ่มการทดลองมีขนาดเล็ก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะยาว

ข. โรคข้อเสื่อม

อีกคุณสมบัติทางยาของขมิ้นอาจช่วยบรรเทาอาการจากโรคข้อเข่าเสื่อม เนื่องจากมีสารเคอร์คูมินที่มีฤทธิ์ต่อต้านกระบวนการอักเสบ โดยมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารเคอร์คูมินเปรียบเทียบกับยาไโคโลฟีแนคต่อการหลั่งเอนไซม์ Cyclooxygenase-2 (COX-2) ในน้ำไขข้อของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม 80 คน กลุ่มแรกได้รับประทานสารเคอร์คูมิน วันละ 30 มิลลิกรัม และอีกกลุ่มรับประทานยาไโคโลฟีแนค วันละ 25 มิลลิกรัม โดยแบ่งรับประทาน 3 เวลาเช่นเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อครบ 4 สัปดาห์ จึงเจาะน้ำในข้อเข่าออกมาตรวจ เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการรับประทาน ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสารเคอร์คูมินและยาไโคโลฟีแนคในการยับยั้งการหลั่ง COX-2 ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่หลั่งเมื่อเกิดการอักเสบ ปวด และบวม จึงเชื่อว่าสารเคอร์คูมินอาจมีส่วนช่วยบรรเทาอาการผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมได้ดีเช่นเดียวกับยา

ค. อาการคัน

ขมิ้นมีสารเคอร์คูมินที่เชื่อว่ามีส่วนสำคัญในการยับยั้งกระบวนการอักเสบภายในร่างกาย จึงอาจช่วยลดอาการคันในผู้ป่วยบางโรคได้ โดยมีงานวิจัยถึงประสิทธิภาพของขมิ้นต่ออาการคันเปรียบเทียบกับยาหลอกในผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง 100 คน ผลปรากฏว่า กลุ่มที่รับประทานขมิ้นมีอาการคันลดลงกว่ากลุ่มที่ใช้ยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญ และยังไม่พบผลข้างเคียงทั้ง 2 กลุ่ม จึงคาดว่าขมิ้นมีส่วนช่วยลดอาการคันในผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง แต่ยังไม่สามารถยืนยันความปลอดภัยและประสิทธิภาพของขมิ้นต่อร่างกายในระยะยาวได้แน่ชัด

ง. โรคอัลไซเมอร์

การศึกษาคุนสมบัติของขมิ้นต่อการรักษาโรคอัลไซเมอร์ ยังมีอยู่จำกัดในปัจจุบัน แต่ผลการวิจัยบางส่วนแสดงให้เห็นว่าขมิ้นอาจเป็นประโยชน์ต่อการรักษาโรคนี้ จากงานวิจัยชิ้นหนึ่งที่ให้ผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ จำนวน 3 ราย ที่มีปัญหาด้านพฤติกรรมและอาการสมองเสื่อมอย่างรุนแรงรับประทานสารสกัดจากขมิ้นติดต่อกันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จากนั้นจึงวัดผลด้วยแบบประเมินอาการ ผลพบว่า มีผู้ป่วยเพียงรายเดียวที่ได้คะแนนสูงขึ้นในการทดสอบความจำเมื่อเทียบกับผลก่อนการทดลอง ในขณะที่ผู้ป่วยอีก 2 คน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากการทำแบบประเมิน แต่สามารถจดจำบุคคลในครอบครัวเมื่อผ่านไป 1 ปี นอกจากนี้ผู้ป่วยทั้ง 3 ราย ไม่มีอาการในลักษณะเดิมเมื่อรับประทานสารสกัดจากขมิ้นมากกว่า 1 ปี งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าขมิ้นอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ที่มีปัญหาด้านพฤติกรรมและความจำเสื่อม อย่างไรก็ตาม จำนวน

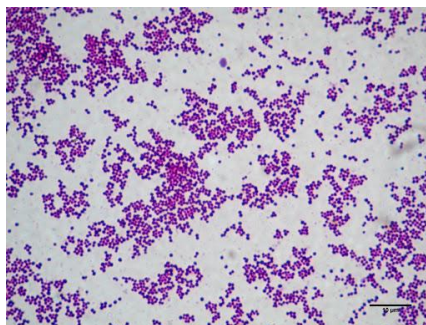
ผู้ป่วยในการทดลองมีจำนวนน้อยมาก ซึ่งต้องขยายผลการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เพื่อช่วยยืนยันประสิทธิภาพของการรักษา

2.2 เชื้อแบคทีเรียก่อโรค

แบคทีเรีย คือ จุลินทรีย์ที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เป็นเซลล์แบบโปรแคริโอต (prokariotic cell) พบทั่วไปในธรรมชาติ ดิน น้ำ อากาศ แบคทีเรียมีบทบาทสำคัญต่ออาหาร และการผลิตอาหาร เพราะแบคทีเรียเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (microbial spoilage) และทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์, 2553)

2.2.1 *Staphylococcus aureus*

S. aureus เป็นแบคทีเรียรูปร่างทรงกลม ติดสีแกรมบวก (ภาพที่ 10) ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษชนิด intoxication ซึ่งเกิดจากบริโภคอาหารที่มีสารพิษ enterotoxin ที่เชื้อสร้างขึ้น ปนเปื้อนในปริมาณน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม จะสามารถทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้องและอ่อนเพลีย ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการปวดศีรษะเป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อ และมีการเปลี่ยนแปลงความดันโลหิตเป็นระยะ ๆ รวมทั้งอาจมีการเต้นของชีพจรผิดปกติ ซึ่งโดยทั่วไปอาการจะดีขึ้นภายใน 2-3 วัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความต้านทานสารพิษของร่างกาย ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารและปริมาณสารพิษที่สร้างขึ้นในอาหาร รวมทั้งสภาพร่างกายโดยทั่วไปของผู้ที่ได้รับเชืด้วย (นฤมล ตปนิยะกุล และ วาสนา คงสุข, 2558)



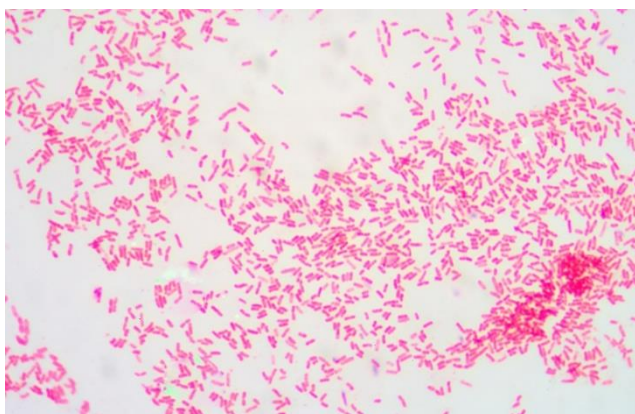
ภาพที่ 10 รูปร่างลักษณะของเชื้อ *Staphylococcus aureus*

ที่มา : องค์การอิสระเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคภาคประชาชน (2557)

2.2.2 *Escherichia coli*

E. coli เป็นแบคทีเรียรูปร่างทรงท่อน ติดสีแกรมลบ (ภาพที่ 11) เป็นเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น (Normal flora) ที่พบได้ในลำไส้ของคนและสัตว์เลื้อยคลาน โดยปกติจะไม่ทำอันตรายหรือก่อโรคร้ายแรง เมื่ออยู่ในลำไส้จะช่วยย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป แต่หากเชื้อ *E. coli* ลูกล่า เข้าสู่ระบบต่าง ๆ ของร่างกายก็จะทำให้เกิดโรคติดเชื้อรุนแรง เช่น โรคติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เป็นต้น และมีเชื้อ *E. coli* บางสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงได้ โดยการปนเปื้อนของเชื้อในอาหาร

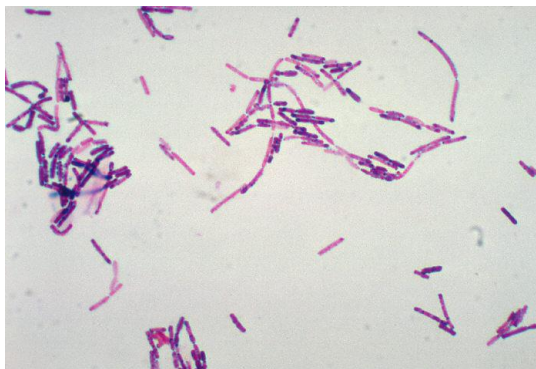
หรือน้ำดื่ม ทั้งนี้เชื้อ *E. coli* ที่สามารถก่อโรคอุจจาระร่วง (*Diarrheagenic E. coli*) จะมีกลไกการก่อโรคและสามารถสร้างสารพิษได้แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ เช่น เชื้อ *Enterotoxigenic E. coli* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ enterotoxin ทำให้เกิดอาการท้องร่วงแบบเฉียบพลัน ถ่ายเหลวเป็นน้ำ หรือเชื้อ *Enterohaemorrhagic E. coli* ที่สร้างสารพิษ Shiga ทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ถ่ายเป็นมูกเลือด ก่อให้เกิดกลุ่มอาการเม็ดเลือดแดงแตกและไตวาย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557)



ภาพที่ 11 รูปร่างลักษณะของเชื้อ *Escherichia coli*
ที่มา : Gupta (2019)

2.2.3 *Bacillus cereus*

B. cereus เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* ซึ่งเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram positive bacteria) รูปร่างเป็นท่อน (rod shape) สร้างสปอร์ที่ทนต่อความร้อนได้ (ภาพที่ 12) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง ในร่างกายมนุษย์ และสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 28-37 องศาเซลเซียส ไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ในดิน น้ำ สามารถสร้างสปอร์ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดี จึงพบได้ทั่วไปในฝุ่น ควัน และปะปนมากับอาหารแห้ง เช่น น้ำตาล วัตถุเจือปนอาหาร เครื่องเทศ และพบบ่อยในอาหารกลุ่มแป้ง เมล็ดธัญพืช (cereal grain) เช่น ข้าวหุงสุก เส้นก๋วยเตี๋ยว พาสต้า อาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูปเป็นแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) เจริญได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนและจะสร้างสารพิษ (toxin) เมื่ออยู่ภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนน้อย ช่วงอุณหภูมิในการเจริญอยู่ระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่พบการเจริญ คือ 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญได้คือ 4 องศาเซลเซียส ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อชนิดนี้อยู่ระหว่าง 6-7 (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนพานนท์, 2553)

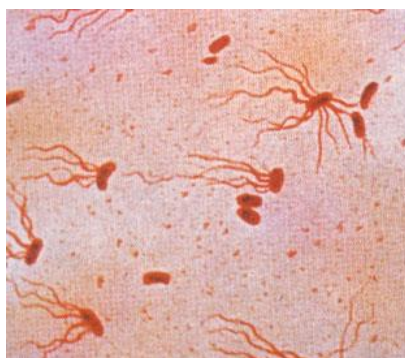


ภาพที่ 12 รูปร่างลักษณะของเชื้อ *Bacillus cereus*

ที่มา : Outbreak News Today (2016)

2.2.4 *Salmonella Typhi*

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ มีลักษณะรูปร่างเป็นแท่ง (Rod shape) ไม่สร้างสปอร์และแคปซูล มี Flagella ยาว ๆ อยู่รอบ ๆ ตัวเพื่อใช้ประโยชน์ในการเคลื่อนที่ (ภาพที่ 13) เชื้อนี้สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนได้แหล่งที่อยู่อาศัยลำดับแรก ๆ ของเชื้อนี้ คือ ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงชนิดต่าง ๆ เชื้อสามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสารอินทรีย์ที่เหมาะสมได้นานเป็นสัปดาห์ เดือน หรือปี นอกจากนี้ยังพบได้ในสัตว์เลื้อยคลาน นก และแมลงต่าง ๆ รวมถึงแมลงสาบด้วย เชื้อนี้ทำให้เกิดการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษขึ้นได้บ่อยครั้ง โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. อาจมี 4 อาการ ใช้ หนาวสั่น คลื่นไส้ อาเจียน เจ็บปวดบริเวณท้อง ท้องเสียแบบมีเลือดปนหรือไม่มีก็ได้ สามารถติดเชื้อในกระแสเลือด ผู้ป่วยอาจเสียชีวิตได้ (สุวัฒน์ มลิจารย์ และ สิรินทร์ทิพย์ วนาประเสริฐศักดิ์, 2555)



ภาพที่ 13 รูปร่างลักษณะของเชื้อ *Salmonella Typhi*

ที่มา : Wikimedia Commons (2015)

2.3 การศึกษาวิธีการสกัดสมุนไพรต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

2.3.1 กระเทียม

2.3.1.1 ผลของการใช้ตัวทำละลายในการสกัดสารสกัดหยาบจากกระเทียม

วิภาวรรณ นิละพงษ์ และคณะ (2561) ได้กล่าวไว้ว่าเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายใช้หลักการของการละลายนั้นจำเป็นต้องทราบถึงหลักการของการละลาย ความมีขั้ว (Polarity) ของทั้งตัวทำละลายและสารสำคัญโดยสารสำคัญจะสามารถละลายในตัวทำละลายได้ก็ต่อเมื่อความเป็นขั้วของตัวสารสำคัญกับตัวทำละลายมีค่าใกล้เคียงกัน (Like Dissolves Like) คือตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว เพราะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพล-ไดโพล (Dipole-Dipole) ในทางตรงข้ามตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเพราะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลไม่มีขั้วเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals Force) เหมือนกัน ทั้งนี้ตัวทำละลายที่มีขั้วไม่เท่ากันจะมีความสามารถในการละลายสารชนิดเดียวกันได้ไม่เท่ากัน ซึ่งความมีขั้วจะมีความสัมพันธ์กับค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) ของตัวทำละลาย กล่าวคือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่อยู่ในช่วง 1-20, 20-50 และมากกว่า 50 บ่งชี้ว่าตัวทำละลายนั้นไม่มีขั้ว กึ่งมีขั้ว และมีขั้วตามลำดับ ฉะนั้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกนี้จึงสามารถบ่งชี้ถึงความเป็นขั้วของตัวทำละลายได้ในระดับหนึ่งโดยข้อมูลของตัวทำละลายบางชนิดแสดงในตารางที่ 1

การเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสมนั้นนอกจากจะสามารถละลายสารสำคัญที่ต้องการสกัดได้ดีแล้วยังต้องไม่ระเหยง่ายหรือยากจนเกินไปไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดไม่เป็นพิษและราคาไม่แพงมากนอกจากการเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสมแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสกัด คือ ขนาดอนุภาคของสมุนไพรที่จะนำมาสกัด สัดส่วนของสมุนไพรกับปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด ตัวอย่างการเลือกตัวทำละลายเพื่อนำไปใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ เช่น สารสำคัญที่มีขั้ว ได้แก่ Alkaloids, Polyphenols, Tannins, Saponins และ Lectins เป็นต้น สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น Methanol, Water และ Acetone เป็นต้น และสารสำคัญที่ไม่มีขั้ว เช่น Terpenoids สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น Chloroform อย่างไรก็ตามสารสำคัญ ชนิดเดียวอาจสามารถใช้ตัวทำละลายต่างชนิดได้ สำหรับตัวอย่างตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญชนิดต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลของตัวทำละลายบางชนิดที่แบ่งออกตามความขั้ว

ตัวทำละลาย	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	ความหนาแน่น (g/ml)
------------	----------------------------	----------------------	-----------------------

ตัวทำละลายไม่มีขั้ว (Non-Polar Solvent)			
Acetic Acid	118	6.2	1.049
Benzene	80	2.3	0.879
n-Butanol	118	18	0.810
Chloroform	61	4.8	1.489
Diethyl Ether	35	4.3	0.713
Ethyl Acetate	77	6.0	0.902
Hexane	69	2.0	0.655
Isopropanol	82	18	0.785
n-Propanol	97	20	0.803
Toluene	111	2.4	0.865
Vegetable oil	235	-	0.904
ตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว (Semi Polar Solvent)			
Acetone	56	21	0.785
Acetonitrile	82	37	0.786
Dimethyl Sulfoxide	189	47	1.095
Ethanol	79	24	0.789
Methanol	65	33	0.791
ตัวทำละลายมีขั้ว (Polar Solvent)			
Formic acid	100	58	1.220
Water	100	80	0.998

ที่มา : วิชาการรณ นีละพงษ์ และคณะ (2561)

ตารางที่ 2 ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สำหรับสกัดสารสำคัญชนิดต่าง ๆ

ตัวทำละลาย	สารสำคัญ
------------	----------

ตัวทำละลายไม่มีขั้ว	
Vegetable Oils	Carotenoids
Cloroform	Terpenoids, Flavonoids
Ethyl acetate	Flavonols, Polyphenols
Hexane	Lycopene, Caroteniod
ตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว	
Acetone	Phenol, Flavonols, Ursolic Acid
Ethanol	Madecassoside, Quercetin
	Aslaticoslde, Tannins, Polyphenols,
Methanol	Flavonols, Terpenolds, Usolic
	Acid, Polyacetylenes, Sterols,
	Alkalolds, Aarotenoids
	Anthocyanins, Saponins,
	Xanthoxyllines, Terpenoids,
	Tannis, Totarol, Lactones,
	Quassinoids, Phenones,
	Flavonoids, Polyphenol,
	Ursolic Acid, Phytoestrogen
ตัวทำละลายมีขั้ว	
Water	Anthocyanins, Terpenoids,
	Polypeptides, Saponins,
	Tannins, Lectins, Starches

ที่มา : วิจารณ์ นิละพงษ์ และคณะ (2561)

เนื่องจากแอลลิซินเป็นสารที่ไม่เสถียรและไม่ทนความร้อน จึงเกิดการสลายตัว งานวิจัยของ Ibert *et al.* (อ้างถึงใน สิงหนาท พวงจันทร์แดง และ รุ่งกานต์ บุญนาถกร, 2551) พบว่าการแตกตัวของอัลลิซินไปเป็นสารอื่นขึ้นอยู่กับความเป็นขั้วของสารละลาย ระยะ เวลาและอุณหภูมิในการเก็บ ถ้าเก็บกระเทียมบดไว้ในน้ำหรือแอลกอฮอล์แอลลิซินจะแตกตัวให้สารพวกไตรซิลไฟล์เป็นหลัก ถ้าเก็บในสาร

ที่ไม่มีขั้ว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง จะแตกตัวให้สารพวก Dithiols และ Ajoenes เป็นสารหลัก และพบว่าถ้าเก็บกระเทียมไว้ในสารละลายที่ไม่มีขั้ว (Non-polar) อัลลิซินจะแตกตัว เร็วขึ้นโดยอัลลิซินจะแตกตัวหมดภายใน 48 ชั่วโมง ถ้าเก็บในน้ำหรือแอลกอฮอล์สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าแต่มีปริมาณอัลลิซินเหลือน้อยกว่า 20% ของปริมาณอัลลิซินเริ่มต้น

2.3.1.2 ผลของการใช้ความร้อนในการสกัดสารสกัดหยาบจากกระเทียม

การให้ความร้อนกับวัตถุดิบก่อนการนำไปแปรรูป เป็นการปรับลักษณะทางกายภาพ กลิ่นรส อีกทั้งยังช่วยควบคุมหรือลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ แต่วิธีการในการให้ความร้อน อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนมีส่วนทำให้สารสำคัญบางชนิดเปลี่ยนรูปหรือสูญเสียคุณสมบัติ จึงทำให้ประสิทธิภาพหรือฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์เปลี่ยนไปเช่นกัน มีรายงานว่า การนึ่งกระเทียม และหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้ diallyl thiosulfinate เปลี่ยนไปเป็น diallyl disulfide, diallyl trisulfide, dimethyl trisulfide และ allyl methyl disulfide ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้ง เชื้อจุลินทรีย์ลดลง เช่นเดียวกันกับการให้ความร้อน กระเทียมด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีทำให้ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* ลดลง เมื่อเทียบกับ กระเทียมที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในขณะที่การให้ความร้อนแก่พริกแห้งด้วยการอบด้วยลมร้อน การต้ม และการผึ่งแดด ไม่มีผลในการทำลายสาร capsaicin ที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Rhizoctonia solani*, *Phoma exigua* และ *Fusarium nygamai* (สุนิดา เมืองโคตร และคณะ, 2560)

จากการสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า สารสกัดกระเทียม และหอมหัวใหญ่ทั้งสดและแห้ง สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ร้อยละของน้ำหนักแห้งสูงสุด เท่ากับร้อยละ 45.26, 43.72 และร้อยละ 48.43, 44.57 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เนื่องมาจากอุณหภูมิมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสกัด โดยความร้อนทำให้ผนังภายในเซลล์อ่อนตัวจึงแตกตัวปล่อยสารต่าง ๆ ออกมา เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ความร้อนทำให้น้ำมีความสามารถในการละลายสารในกระเทียมและหอมหัวใหญ่ออกมาได้มากขึ้น จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด พบว่าสารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย แกรมบวก (*S. aureus*) ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli* และ *Salmonella* sp.) เนื่องมาจากโครงสร้างของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกในส่วนของผนังเซลล์มีชั้น peptidoglycan ส่วนแบคทีเรียแกรมลบมีชั้น outer membrane และตามด้วยชั้น peptidoglycan ซึ่งสารสำคัญในกระเทียมจะทำลายในส่วนของ peptidoglycan ที่ประกอบด้วย polymer ของน้ำตาล 2 ชนิด เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ peptide ซึ่งหมู่ sulfur จะเข้าไปทำลายโครงสร้างของ peptidoglycan ในส่วนของพันธะ peptide โดยพันธะ disulfide ของสารสกัดกระเทียมจะจับกับกรดอะมิโนทำให้เกิดแรงยึดระหว่างกัน โครงสร้างของ peptidoglycan จึงฉีกขาดออกจนเกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรีย มีผลให้ของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรียออกมา ทำ

ให้เชื้อแบคทีเรียตาย ดังนั้นสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ เมื่อนำสารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งอุณหภูมิต่างกัน (30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส) พบว่าการสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุด เท่ากับ 19.75, 30.63 และ 16.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วน สารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้ง สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้น้อยที่สุด เนื่องจากสาร allicin เป็นสารที่ไม่เสถียร เมื่อสกัดที่อุณหภูมิสูงขึ้นอาจทำให้เสียสภาพได้ง่าย ดังนั้นจึงทำให้มีประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียลดลง (สุญาณี มงคลศรีรัตน์ และคณะ, 2556)

ตารางที่ 3 ร้อยละของน้ำหนักแห้ง (Percent yield) ของสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่

ตัวอย่าง	สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส		สกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส		สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	
	สด	แห้ง	สด	แห้ง	สด	แห้ง
สารสกัดจาก กระเทียม	42.47	36.42	45.24	42.09	45.26	43.72
สารสกัดจาก หอมหัวใหญ่	45.89	39.58	47.21	43.64	48.43	44.57

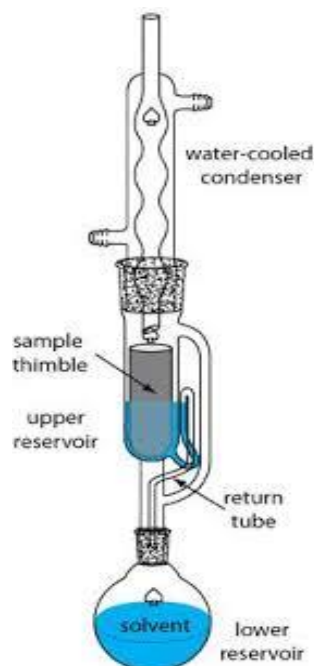
ที่มา : สุญาณี มงคลศรีรัตน์ และคณะ (2556)

2.3.2 ขมิ้น

2.3.2.1 ผลของวิธีการสกัดด้วยความร้อนแบบต่อเนื่อง (Soxhlet Extraction) ในการสกัดสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

การสกัดด้วยเครื่อง Soxhlet extraction เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบอร์ (Thimble) ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ น้ำยาสกัดจะผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสกัดสมบูรณ์ (ภาพที่ 14) การสกัดด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อน มีข้อดีคือใช้ตัวทำละลายน้อย ไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อเสียคือ ไม่เหมาะกับการใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และตัวทำละลายที่ใช้ควรเป็นของผสม เพราะจะเกิดการแยกตัวของตัวทำละลายแต่ละชนิด เนื่องจากมีจุดเดือดต่างกัน จะมี

ผลให้สัดส่วนของตัวทำละลายแตกต่างกันไปจากเดิมและผลการสกัดไม่ดีเท่าที่คาดไว้ (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, 2544)



ภาพที่ 14 เครื่องสกัดแบบซอกซ์เลต

ที่มา : Australian Journal of Basic and Applied Sciences (2559)

จากการศึกษาของ (ศนิดา คุณพานิช, 2549) วิธีการสกัดเปลือกมังคุดด้วยวิธีที่เหมาะสมด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% เปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet Extraction) และวิธี maceration ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและคุณภาพของสารสกัดจากเปลือกของผลมังคุด ซึ่งรวมทั้งการสกัดสาร การทำให้บริสุทธิ์ และการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของสารสกัด ผลการศึกษพบว่าสารสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง Soxhlet ให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูง 19.68% (น้ำหนักสารสกัด ethanol ต่อน้ำหนักเปลือกมังคุดบดแห้ง) เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธี maceration (12.70% น้ำหนักสารสกัด ethanol ต่อน้ำหนักเปลือกมังคุดบดแห้ง) ซึ่งเมื่อนำไปสกัดด้วย ethyl acetate เข้มข้น 14.53% (น้ำหนักสารสกัด ethyl acetate ต่อน้ำหนักเปลือกมังคุดบดแห้ง) เนื่องจากการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องเป็นวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย จึงทำให้เนื้อเยื่อของเปลือกมังคุดอ่อนนุ่มเร็วทำให้สารละลายในเปลือกมังคุดออกมาได้ง่ายและมีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย ethanol โดยการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านเปลือกมังคุดอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาสารออกมา เกิดการสกัดอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์ส่วนวิธี maceration เป็นวิธีที่ใช้ที่ไม่ได้ใช้ความร้อนในการสกัดจึงต้องใช้เวลาในการทำให้เนื้อเยื่อของเปลือกมังคุดอ่อนนุ่ม และทำและทำละลายสารในเปลือกมังคุดออกมาได้ และการสกัดด้วยวิธี maceration มักจะไม่ค่อยสมบูรณ์เพราะไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย

เมื่อสารในเปลือกมังคุดละลายออกมาจนถึงระดับหนึ่งจะเกิดความสมดุลขององค์ประกอบภายในและตัวทำละลายที่ใช้ ทำให้อัตราอัตราการเร็วของการสกัดลดลง ต้องมีการคนให้มีการเคลื่อนที่ของสารละลายเพื่อเพิ่มอัตราการสกัด จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่ต้องการสกัดสารจากเปลือกมังคุดโดยสมบูรณ์ การสกัดด้วยวิธี maceration นั้นต้องใช้ปริมาณของตัวทำละลายมากกว่าเนื่องจากเมื่ออัตราการสกัดลดลงต้องมีการเปลี่ยนตัวทำละลายใหม่เพื่อให้สามารถสกัดสารออกมาได้อีก แม้จะสามารถนำตัวทำละลายที่ใช้จากการทำให้เข้มข้นระเหยตัวทำละลายออกมาแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้แต่คุณภาพของตัวทำละลายระเหยตัวทำละลายออก แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่คุณภาพของตัวทำละลายจะลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำในตัวทำละลายเพิ่มขึ้น อาจทำให้ปริมาณสารที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้สารสกัดที่ได้มีคุณภาพลดลงและการสกัดครั้งที่ 2 เพื่อแยกส่วนตัวละลายได้ในน้ำออกมาทำได้ยากขึ้น ส่วนวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องใช้ปริมาณตัวทำละลายน้อยกว่าเนื่องจากไม่ต้องเปลี่ยนตัวทำละลายใหม่ เนื่องจากการใช้ความร้อนจะทำให้ไอของสารละลายทำการสกัดสารอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการใช้ทำละลายใหม่อยู่แล้ว (รัตนา อินทรานุกุล, 2547) ดังนั้นการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องเป็นวิธีการสกัดจากเปลือกมังคุดที่เหมาะสมเนื่องจากให้ %yield ที่สูงกว่าการสกัดด้วยวิธี maceration จากผลที่ได้ จึงทำการทดลองโดยต่อโดยนำสารสกัดด้วยวิธีการสกัดต่อเนื่องมาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดต่อไป

2.3.2.2 ผลของตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

หลักการสกัดแบบการหมัก คือ การแช่สมุนไพรในตัวทำละลาย จนกระทั่งตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปในสารสำคัญในสมุนไพรออกมา โดยระยะเวลาในการหมักหรือแช่สมุนไพรในตัวทำละลายประมาณ 2-4 วัน หรือตามกำหนดในเภสัชตำรับหรือจนกระทั่งสารสำคัญที่ต้องการออกมาหมด หลังจากนั้นจึงรอกแยกกากสมุนไพรออกจากตัวทำละลาย และปรับปริมาตรสารสกัดที่ต้องการ (วิภาวรรณ นีระพงษ์ และคณะ, 2561) จากการศึกษาของ (ชนัญ ผลประไพ และศรีณยู อุ่นทวี, 2562) ศึกษาการพัฒนากระบวนการเตรียมสารสกัดสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการแช่เพื่อคัดกรองฤทธิ์สมุนไพรที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าผลได้ของสารสกัด (EY) ของสารสกัดแก่นฝางที่สกัดด้วยเมทานอล (SH-MeOH) สกัดด้วยเอทานอล (SH-EtOAc) มีค่าร้อยละน้ำหนักเป็น 3.29 ± 0.05 , 2.10 ± 0.06 และ 0.09 ± 0.11 ตามลำดับ และผลได้ของการสกัดของสารสกัดผลมะขามป้อมที่สกัดด้วยเมทานอล (IG-MeOH) สกัดด้วยเอทานอล (IG-EtOAc) มีค่าร้อยละโดยน้ำหนักเป็น 7.3 ± 0.2 , 3.63 ± 0.06 และ 0.57 ± 0.03 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่าสารสกัดผลของมะขามป้อมมีผลได้ของการสกัดมากกว่าสารสกัดแก่นฝางอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และตัวทำละลายที่ให้ปริมาณสารสกัดสูงสุดทั้งผลมะขามป้อมและแก่นฝาง ได้แก่ เมทานอล จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกรวม (TPC) ของสารสกัดแก่นฝางที่สกัดด้วยเมทานอล (SH-MeOH) สกัดด้วยเอทานอล (SH-EtOH) และสารสกัดด้วยเอทิลอะซิเตท (SH-EtOAc) มีค่า 769.80 ± 57.63 , 854.12 ± 41.01 , และ 750.49 ± 55.71 มิลลิกรัมเทียบเท่ากับกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ของ

สารสกัดมะขามป้อมที่สกัดด้วยเมทานอล (IG-MeOH) สกัดด้วยเอทานอล (IG-EtOH) และสารสกัดด้วยเอทิลอะซิเตท (IG-EtOAc) มีค่าเป็น 471.78 ± 19.53 , 598.33 ± 14.66 และ 269.82 ± 12.10 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ ทั้งนี้ยังพบว่าสารสกัดแก่นฝางที่ใช้เอทานอลในการสกัดมีสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนสารสกัดผลมะขามป้อมที่ใช้เอทานอลในการสกัด พบว่ามีปริมาณสารฟีนอลิกรวมมากเป็นลำดับถัดมา ในขณะที่การใช้เอทิลอะซิเตทสกัดแก่นฝางและผลมะขามป้อม พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกรวมที่ได้จะมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการคัดกรองพืชสมุนไพรไทยที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดยการสกัดพืชสมุนไพรด้วยวิธีการแช่ร่วมกับใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายแสดงให้เห็นว่าสารสกัดแก่นฝางและสารสกัดผลมะขามป้อมมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดผลสมอไทย สารสกัดสมอพิเภกและสารสกัดลำต้นบอระเพ็ด เนื่องจากมีสารประกอบฟีนอลิกสูงถึง 699.68 ± 27.77 และ 369.42 ± 4.40 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเนื่องจากมีค่าความเข้มข้นในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 50 ต่ำถึง 5.13 ± 0.62 และ 5.18 ± 0.56 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นจึงนำพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด นี้ไปสกัดด้วยเมทานอล เอทานอล และเอทิลอะซิเตท เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งผลปรากฏว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อกระบวนการเตรียมสารสกัดแก่นฝางและสารสกัดผลมะขามป้อมที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ ราคาถูก จึงมีความเหมาะสมต่อการสกัดสารออกฤทธิ์จากแก่นฝางและผลมะขามป้อม

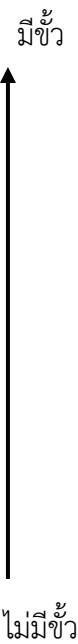
2.3.3 ชำ

2.3.3.1 ผลของการใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction With Solvent) ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือปิโตรเลียมอีเทอร์ วิธีนี้จะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส จึงไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จึงนำวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายนี้มาใช้ในทางอุตสาหกรรม แต่ต้นทุนการผลิตสูงกว่าวิธีการกลั่น (วาทีนิ เสลร์ชาฐ์, 2528)

การเลือกตัวทำละลายในการสกัด การสกัดนิยมใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่างๆกัน โดยอาจสกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่ำไปยังขั้วสูง (ตารางที่ 4) ประสิทธิภาพของสารสกัดจะขึ้นอยู่กับวิธีการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งควรมีคุณสมบัติในการละลายสารที่ต้องการสกัดได้ ไม่ระเหยง่ายหรือยากจนเกินไปไม่ติดไฟง่าย ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น เฮกเซน เป็นตัวทำละลายที่มีราคาถูกเหมาะสมสำหรับสกัดสารที่ไม่มีขั้ว มักใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับ กำจัดไขมันออกจากสมุนไพร โดยตัวทำละลายที่ใช้กันมากได้แก่ เมทานอลและเอทานอล เนื่องจาก มีความสามารถในการละลายกว้างและยังสามารถทำลายเอนไซม์ในพืชได้ (วาทีนิ เสลร์ชาฐ์, 2528)

ตารางที่ 4 แสดงความมีขั้วของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

ความมีขั้ว	ตัวทำละลาย
	Water
	Methanol
	Ethanol
	Acetone
	Ethyl Acetate
	Ethyl Ether
	Chloroform
	Dichloromethane
	Benzene
	Toluene
	Ethylene Trichloride
	Carbon Tetrachloride
	Cyclohexane

จากการทดลองของ ธิตาพร ฉวีภักดี และคณะ (2550) ได้ศึกษาการทำการสกัดชาด้วย น้ำกลั่น เมทานอลและแอลกอฮอล์ จะพบว่าสารที่ออกฤทธิ์ คือ 1'-Acetoxychavicol Atate, 1'-Acetoxyeugenol Acetate และ Eugenol ซึ่งสามารถช่วยลดอาการอักเสบและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ และยังฆ่าเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Okazaki and Oshima, 1956) พบว่าสารสกัดชาด้วยไดเอทิลอีเธอร์ ปีโตรเลียม อีเธอร์ และน้ำกลั่นสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของอาการแน่นจมูกเสียดท้องได้ โดยพบ Eugenol เป็นสาระสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (วาทีณี เสลราษฎร์, 2528)

2.3.3.2 ผลของการโซนิเคตร่วมกับความร้อนในการสกัด

การสกัดสารด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมด้วย ในการสกัดการสกัดสารด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมด้วยในการสกัดเป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออุลตราโซนิก (Ultrasonic) ร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์หรือน้ำในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบ เครื่องมือชนิดนี้มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกมีขนาดความยาวและมีคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันไป เครื่องมือดังกล่าวจะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวพาซึ่งในที่นี้คือน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซซึ่งเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัสดุออกมาละลายในตัวทำละลาย และในขณะที่ฟองก๊าซแตกออกจะเกิดความดันและความร้อนอย่างมากในบริเวณนั้นซึ่งจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อของวัสดุถูกขาด

ด้วยอนุมูลที่สูงขึ้นทำให้สารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการสกัดละลายในตัวทำละลายได้ดีขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการได้แก่ ความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้ ถ้าใช้ความถี่สูงจะใช้เวลาน้อยในการสกัดสมบัติที่ต่างกันของตัวทำละลาย ได้แก่ ความดันไอ ตัวทำละลายที่มีความดันไอสูงสามารถสกัดได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีความดันไอต่ำ อนุมูลที่ใช้ซึ่งการสกัดเกิดได้ดีเมื่อมีอนุมูลสูงและความเข้มข้นของคลื่นเสียงที่ใช้โดยทั่วไป วิธีนี้จะใช้สกัดสารกลุ่มเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ของพืช วิธีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้สกัดสารได้ปริมาณมาก ตัวอย่างวัตถุดิบที่สกัดด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ใบชา มินท์ เครื่องเทศ (Sage) และโสม เป็นต้น

งานวิจัยของ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธ์ (2560) ทำการศึกษาวิธีการ สกัดและปริมาณของสารสำคัญ Icaritin ในหญ้าเขาแพะ โดยมีตัวแปรเป็นแหล่งผลิตของหญ้าเขาแพะ สมบัติทางกายภาพ หรือขนาดของสารสกัดที่อบแห้งและบดหรือไม่บด และวิธีการสกัด 3 วิธี วิธีที่หนึ่งคือสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลอย่างเดียว วิธีที่สองสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (Ney, Ultrasonic Cleaner Model 208H) และวิธีที่สามสกัดแบบ Soxhlet เพื่อหาวิธีการสกัดที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าวิธีการสกัดต่อผลได้ (Yield) ของสาร Icaritin โดยวิธีการสกัดทั้ง 3 แบบ ซึ่งพบว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับเครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (Ney, Ultrasonic cleaner Model 208H) ให้ผลได้ (Yield) ที่สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นความถี่สูงทำให้เกิดฟองขนาดเล็กในสารทำละลาย ฟองขนาดเล็กนี้ดูดซับพลังงานจากคลื่นเสียง เพื่อมีความดันหรืออนุมูลสูง ฟองจะแตกและปลดปล่อยพลังงานสู่สารทำละลาย หรือเรียกว่า Acoustic Cavitation ช่วยให้สาร ทำละลายเคลื่อนตัวได้เร็วขึ้นและแทรกซึมได้ดีมากขึ้น (Toma *et al.*, 2001) รายงานว่าแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจาก Acoustic Cavitation ทำให้เนื้อเยื่อของวัสดุเกิดการหลุดแยกชั้นออกมามากขึ้นทำให้การสกัดได้เร็วขึ้น แสดงให้เห็นว่าส่วนที่เป็นใบของหญ้าเขาแพะเมื่อ ถูกบดเป็นอนุภาคเล็กๆ สามารถสกัด Icaritin ออกมาได้มากประมาณ 40-45 % (w/w) ในช่วงระยะเวลาเพียง 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลที่แช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลได้สูงใกล้เคียงกันที่ 40-43 % (w/w) ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ผิวของหญ้าเขาแพะที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ (Zhang *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูงระดับอุตสาหกรรมอาจมีปัญหาในเรื่องการลงทุนเนื่องจากราคาสูง วิธีการแช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จึงเป็นทางเลือกวิธีหนึ่งสำหรับการสกัดโดยวิธี Soxhlet นั้นได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเวลาในการสกัดที่สั้นกว่า ในขณะที่อนุมูลที่สูงขึ้นก็ดูเหมือนว่าไม่มีผลต่อการสกัด ซึ่งพบว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับเครื่องคลื่นเสียงความถี่สูงนี้ ให้ผลได้ที่ดีกว่าการสกัดด้วยวิธีการสกัดด้วย Soxhlet เช่นกัน จากการสังเกตด้วยภาพถ่าย SEM พบว่าสารสกัดในส่วนที่เป็นใบหญ้าเขาแพะไม่ถูกย่อยสลายให้เล็กลงเหมือนในกรณีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร่วมกับเครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับ สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activities) ของโพลีแซคคาไรด์ในหญ้าเขาแพะที่สกัดโดยการต้มด้วยน้ำร้อนจะทำให้ได้ค่าความต้านอนุมูลอิสระ ที่สูงกว่า นอกจากวิธีต่างๆ ดังได้กล่าวมานี้ ยังมีการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟช่วยในสกัดอีกด้วย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องกระเทียม

Mukhtar and Ghori (2012) ศึกษากิจกรรมการต้านเชื้อแบคทีเรียของกระเทียม อบเชย และ ขมิ้น โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่แตกต่างกัน ถูกเตรียมโดยใช้ตัวทำละลายสองชนิด ได้แก่ น้ำ และเอทานอลฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจะใช้ทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Bacillus subtilis* (DSM 3256) และ *Escherichia coli* (ATCC 25922) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดโดยใช้วิธี Disc diffusion method จากผลการทดสอบกระเทียมมีกิจกรรมการยับยั้งที่ดีที่สุดที่แสดงโซนยับยั้งสูงสุด 26 มิลลิเมตร ในการยับยั้ง *B. subtilis* (DSM 3256) และโซนยับยั้ง 22 มิลลิเมตร ในการยับยั้ง *E. coli* (ATCC 25922) สารสกัดกระเทียมจากน้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าสารสกัดกระเทียมจากเอทานอล ในอบเชย สารสกัดจากเอทานอลมีประสิทธิภาพมากกว่าสารสกัดจากน้ำ โดยมีโซนยับยั้ง 16 มิลลิเมตร ในการยับยั้ง *B. subtilis* (DSM 3256) และ 17 มิลลิเมตร ในการยับยั้ง *E. coli* (ATCC 25922) และสารสกัดจากขมิ้นในการยับยั้ง *B. subtilis* (DSM 3256) วัดโซนใสได้ 14 มิลลิเมตร และ 11 มิลลิเมตร สำหรับ *E. coli* (ATCC 25922) ผลการวิจัยพบว่า *B. subtilis* (DSM 3256) มีความไวต่อการทดสอบมากกว่าเมื่อเทียบกับ *E. coli* (ATCC 25922)

Khashan (2014) ศึกษาผลการยับยั้งของสารสกัดแอลกอฮอล์จากกระเทียมต่อการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* ซึ่งแยกได้จากการติดเชื้อที่ผิวหนังในหลอดทดลอง โดยการสกัดกระเทียมโดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 ร้อยละของการสกัดร้อยละ 48 ของน้ำหนักของผงแห้ง การไล่ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สารสกัด (10-100 mg/ml) ถูกเตรียมและทดสอบอย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีการ agar diffusion method โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* เมื่อเทียบกับ Ethylene glycol ผลการศึกษาพบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ตรวจพบประสิทธิภาพต่ำและปานกลางที่ความเข้มข้น 10-20 และ 40-60 mg/ml ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้น 80-100 mg/ml มีประสิทธิภาพสูงในการต่อต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

Najafi et al. (2016) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของ *Allium sativum* กับ *Staphylococcus aureus* ทางตะวันตกของอิหร่าน (ใน Kermanshah) การประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของ น้ำมันหอมระเหย *A. sativum* ได้รับการประเมินโดยวิธีการเจือจางมหภาคในอาหารเหลว Mueller Hinton broth, agar disk และวิธีการแพร่กระจายอย่างดี ผลการวิจัยพบว่าน้ำมันหอมระเหยของ *Allium sativum* มีการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* และทำลายมัน นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย *Allium sativum* ทำให้โซนการยับยั้งเพิ่มขึ้นการค้นพบนี้แสดงให้เห็นความจริงที่ว่าน้ำมันหอมระเหยของ *Allium sativum* สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการรักษาโรคได้

Tijjani et al. (2017) ได้ทำการศึกษาสารสกัดหยาบจากกระเทียมด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 และน้ำ ด้วยวิธี Well diffusion method และนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ

Staphylococcus aureus และ *Escherichia coli* พบว่าสารสกัดหยาบจากกระเทียม สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ โดยผลลัพธ์ของสารสกัดจากกระเทียมที่สกัดด้วยเอทานอล มีค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) อยู่ที่ 200 mg/ml และค่า MBC อยู่ที่ 200 mg/ml ในขณะที่ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) ของสารสกัดจากกระเทียมที่สกัดด้วยน้ำอยู่ที่ 300 mg/ml

พจมาน ผู้มีสัตย์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* สายพันธุ์ที่สร้างเอนไซม์ Extended-Spectrum β -Lactamase (ESBL) จำนวน 3 สายพันธุ์ซึ่งแยกได้จากสิ่งส่งตรวจจากโรงพยาบาลนครปฐม จำนวน 2 สายพันธุ์ และโรงพยาบาลพระปกเกล้าจันทบุรีจำนวน 1 สายพันธุ์โดยใช้วิธีการสกัดสมุนไพร 2 วิธี ได้แก่ การใช้ตัวทำละลายคือ 80 เปอร์เซ็นต์ เมทานอล และการคั่นสดทำการทดลองโดยวิธี Disc diffusion test พบว่าสารสกัดสดที่ได้จากกระเทียมมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ได้ดี คือให้ขนาดของ Inhibition zone อยู่ในช่วง 10.0-19.0 มิลลิเมตร

ร่วมฤดี พานจันทร์ และคณะ (2553) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากกระเทียมต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ในปลาตุ๊กตากลุ่มผสม แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง : การทดลองที่ 1 ทดสอบความไวของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ต่อสารสกัดจากกระเทียมไทยและกระเทียมจีนจากตัวทำละลาย 2 ชนิด (เอทานอลร้อยละ 95 และ อะซีโตน) โดยวิธี disk diffusion method พบว่าสารสกัดจากกระเทียมไทยที่ใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลายมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีกว่าสารสกัดอื่น การทดลองที่ 2 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* (Minimum inhibitory concentration : MIC) พบที่ระดับความเข้มข้น 8,192 ppm เป็นค่า ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ได้ และการทดลองที่ 3 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อ *Aeromonas hydrophila* (Minimum Bactericidal Concentration : MBC) พบว่าไม่มีระดับความเข้มข้นใดที่สามารถฆ่าเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ได้เลย

สุญญาณี มงคลตรีรัตน์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมหอมหัวใหญ่สดและแห้งที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดกระเทียมสดและแห้ง สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ร้อยละของน้ำหนักแห้งสูงสุด เท่ากับร้อยละ 45.26 และ 43.72 ตามลำดับ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* sp.) ด้วยวิธี Disc diffusion พบว่าสารสกัดจากกระเทียมแห้งสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด เท่ากับ 19.75, 30.63 และ 18.29 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดกระเทียม โดย gas chromatography mass- spectrometry (GC-MS) พบสารสำคัญในกระเทียม ได้แก่ diallyl disulfide, diallyl trisulfide

กัญญา แปลงโฉม และ พรพิมล กาญจนวาส (2558) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากกระเทียมด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ต่อการยับยั้งแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยวิธี diffusion และนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยวิธี test พบว่าสารสกัดหยาบจากกระเทียมสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ โดยสารสกัดหยาบจากกระเทียมแสดงฤทธิ์การยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หลาย สายพันธุ์ สารสกัดหยาบจากกระเทียมสามารถยับยั้งและฆ่า *Escherichia coli* (ATCC 25922) และ *Proteus vulgaris* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 50 mg/ml และค่า MBC เท่ากับ 50 mg/ml ในขณะที่สามารถยับยั้งและฆ่า *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) และ *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยค่า MIC เท่ากับ 12.5 mg/ml และค่า MBC เท่ากับ 12.5 mg/ml นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งและฆ่า *Bacillus cereus* และ *Vibrio cholerae* (MIC และ MBC เท่ากับ 6.25 และ 12.5 mg/ml ตามลำดับ) และแสดงค่าการยับยั้งและฆ่า *Bacillus subtilis* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 3.13 และ 6.25 mg/ml ตามลำดับ

แก้วตา ลิ้มเฮง และคณะ (2559) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากกระเทียมโดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลายที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100, 50, 25, 12.5, 6.25 และ 3.13 ต่อการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio harveyi* แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง : การทดลองที่ 1 ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารสกัดหยาบจากกระเทียม (Minimum- inhibitory concentration : MIC) ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* พบว่าทุกระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ได้ โดยทุกระดับความเข้มข้นให้ผลของค่าความขุ่นที่ต่ำกว่าหลอดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากกระเทียมที่ร้อยละ 3.13 เป็นค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ได้ และการทดลองที่ 2 ได้ทำการทดสอบความไวของ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* โดยวิธี Agar well diffusion พบว่าสารสกัดกระเทียมที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดีที่สุด โดยให้ผลของวงใส (Clear zone) ต่างจากระดับความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P < 0.01$) และผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *V. harveyi* พบว่าระดับความเข้มข้นร้อยละ 100 และร้อยละ 50 ให้ผลของวงใสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P > 0.01$) จากการศึกษาครั้งนี้แสดงว่าสารสกัดกระเทียมในทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3.13 เป็นระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดกระเทียมที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ได้

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องชา

อรุณ วงศ์จิรฐิติ และคณะ (2562) งานวิจัยนี้ศึกษา ฤทธิ์ต้านราของสารสกัดสมุนไพร 30 ชนิด ที่ความเข้มข้น 20,000 ppm ต่อการเจริญของ *Aspergillus flavus* TISTR 3366 และ *Penicillium* sp. SNRU 2001 ด้วยวิธี Agar Spot Diffusion และศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดสมุนไพร 30 ชนิด ที่ความเข้มข้น 20,000 ppm ต่อการเจริญของ *S. aureus* TISTR 2329 ด้วยวิธี Agar Well Diffusion พบว่าสารสกัดทั้งหมด ไม่มีฤทธิ์ต้านการเจริญของ *A. flavus* TISTR 3366 และ *Penicillium* sp. SNRU 2001 อย่างไรก็ตามสารสกัดสมุนไพร 21 ชนิด ได้แก่ สารสกัดข่า ผักปลังขาว และทองพันชั่ง ที่สกัดด้วย Methanol Ethyl Acetate และ Hexane สารสกัดฟ้าทะลายโจร เสี้ยวเลนเค็ด และขมิ้นมอญที่สกัดด้วย Ethyl Acetate และ Hexane สารสกัดหยาดที่สกัดด้วย Methanol และ Ethyl Acetate สารสกัดผักโขมที่สกัดด้วย Ethyl Acetate และสารสกัดลูกใต้ใบ ที่สกัดด้วย methanol มีฤทธิ์ต้านการเจริญของ *Staphylococcus aureus* TISTR 2329 ได้ ดังนั้นจึงควรทำการแยกและศึกษา คุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์เหล่านี้

มณฑล วิสุทธิ (2560) ได้มีการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดด้วยเอทานอลจากส่วนต่างๆ ของพืชท้องถิ่นที่ พบในจังหวัดนครราชสีมาจำนวนทั้งหมด 58 ตัวอย่าง จากพืช 47 ชนิด ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ด้วยวิธี Agar Disc Diffusion และ Broth Microdilution การตรวจสอบเบื้องต้นพบว่า สารสกัดที่มี ฤทธิ์ยับยั้งทั้งหมด 16 ชนิด โดยผักแขยง และผลกรวยป่า ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส มากกว่าสารสกัดชนิดอื่น และเมื่อหาค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (ค่า Minimum Inhibitory Concentration; MIC) และค่าความเข้มข้นของสารที่ต่ำที่สุดในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) พบว่าค่า MIC/MBC ของสารสกัดจากเหง้ากระชาย ผลกรวยป่า และใบพรวด มีค่าเท่ากับ 0.156/0.156 มก./มล. 0.625/0.625 มก./มล. และ 0.312/0.625 มก./มล. ตามลำดับ ซึ่งจะให้ค่า MIC ที่ดีกว่าสาร สกัดชนิดอื่น จึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งดี (มีค่า MIC < 1 มก./มล.) ส่วนกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งปานกลาง (มีค่า MIC อยู่ระหว่าง 1-2.5 มก./มล.) มีทั้งหมด 20 ชนิด และกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งอ่อน (มีค่า MIC > 2.5 มก./มล.) มี 35 ชนิด เช่น ข่า ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งอ่อน งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่านอกจากกระชาย และพรวด กรวยป่าน่าจะเป็นพืชที่มีศักยภาพ สำหรับ การศึกษาวิจัยในเชิงลึก เกี่ยวกับฤทธิ์ต้านแบคทีเรียต่อไป

มณฑล วิสุทธิ (2562) การศึกษานี้ได้นำสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย 16 ชนิด มาเตรียมตำรับสูตรสมุนไพรทั้งหมด 16 สูตร สำหรับยับยั้งแบคทีเรียและตรวจสอบตำรับสูตรสมุนไพรด้วยวิธี Agar Disc Diffusion ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่า สูตรผสมที่ 3 (ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่) 12 (ใบพลู) และ 15 (เหง้าข่า) ให้ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแตกต่างจากสูตรผสมสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ในขั้นตอนถัดมา ได้มีการเตรียมสูตรผสมที่มีสารสกัดทั้ง 3 ชนิดผสมกัน ได้สูตรผสม 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 17, 18, 19 และสูตรผสมที่ 20 และนำไปตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี Agar Disc Diffusion ผลการทดลองพบว่า สูตรผสมทั้งหมด 4 สูตรมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* อย่างไรก็ตามจากการสังเกตผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าสูตร

ผสมที่ 17,19 และ 20 มีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียเกิดขึ้นภายในโซนยับยั้งเชื้อ ยกเว้นสูตรที่ 18 ที่สามารถยับยั้งเชื้อได้สมบูรณ์ จากนั้นจึงได้เลือกสูตรที่ 18 มาทำการหาความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ด้วยวิธี Broth Microdilution ผลการทดลองพบว่าสูตรผสมที่ 18 มีค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* และ MRSA เท่ากับ 0.62/0.62, 2.5/5.0 และ 0.31/0.31 มก./มล. ตามลำดับ งานวิจัยแสดงให้เห็นว่า สูตรผสมสารสกัดจากเหง้าข่า ใบพลู และผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีความน่าสนใจในการพัฒนา เพื่อใช้สำหรับควบคุมเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด

สุภารัตน์ จันทรเหลือง และคณะ (2553) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพเบื้องต้นของสารสกัดข่าลิง (*Alpinia Conchigera*) ขึ้น Hexane, Ethyl Acetate และ Methanol ต่อเชื้อที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย แกรมบวก แกรมลบ เชื้อที่เจริญโดยไม่ใช้ออกซิเจน รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *E. faecalis* ที่เจริญแบบอิสระและแบบไบโอฟิล์ม รวมถึงศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ โดยทำการสกัดสารจากเหง้าข่าลิงโดยวิธี Percolation ด้วย Hexane, Ethyl Acetate และ Methanol ตามลำดับ ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพเบื้องต้นของสารสกัดด้วย Agar Disc Diffusion Assay หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ และ ฆ่าเชื้อ *E. faecalis* ด้วย Agar Dilution Assay ศึกษาฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อและเวลาสัมผัสสารทดสอบของเชื้อ *E. faecalis* ที่เจริญแบบไบโอฟิล์ม ผลการศึกษา: สารสกัดทุกชั้นมีฤทธิ์ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) โดยสารสกัดชั้น Hexane มีฤทธิ์แรงที่สุด สารสกัดมีฤทธิ์อ่อนต่อเชื้อ *Escherichia coli* (*E. coli*) และ *Pseudomonas aeruginosa* (*Ps.aeruginosa*) แต่ไม่มีฤทธิ์ต่อเชื้อ *Candida albicans* (*C.albicans*) สารสกัดชั้น Hexane, Ethyl Acetate และ Methanol มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. faecalis* นอกจากนี้ยังพบว่า ต้องใช้สารสกัดชั้น Ethyl Acetate (125.0 มก./มล.) และชั้น Methanol (250.0 มก./มล.) เป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ จึงสามารถฆ่าเชื้อ *E. faecalis* ที่เจริญแบบไบโอฟิล์มได้ ดังนั้นสารสกัด ข่าลิงมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *E. faecalis* ที่เจริญแบบอิสระและใช้ความเข้มข้นที่สูงขึ้นเพื่อฆ่าเชื้อที่เจริญแบบไบโอฟิล์ม

Tidaporn Chaweeapack et al. (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อุจจาระสีขาและโรคเนื้อร้าย ตับเฉียบพลัน (AHPND) ในกุ้งขาวแอฟริกัน (*Litopenaeus vannamei*) พบแบคทีเรีย *Vibrio* และเชื้อรา 6 ชนิด (*Aspergillus flavus*, *A.ochraceus*, *A.japonicus*, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. และ *Cladosporium cladosporioides*) ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำสารสกัดหยาบของข่า (*Alpinia galanga* Linn.) ซึ่งเป็นยาสมุนไพรยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Vibrio* 8 สายพันธุ์โดยเฉพาะ *V. parahaemolyticus* (EMS / AHPND) ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า 0.5 มก./มล. ของสารสกัดจากข่าเป็นความเข้มข้นที่สร้างการยับยั้งที่ดีที่สุดของเชื้อรา *A. ochraceus* กุ้ง *L. vannamei* ที่ถูกรบกวนโดยธรรมชาติได้รับอาหาร 2 และ 4% (v/w) ของสารสกัดสมุนไพรเป็นเวลา 12 วันและเปรียบเทียบความคืบหน้ากับกลุ่มควบคุม เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้อาหารจำนวน *Vibrio* spp. ทั้งหมด และการเข้าทำลายของเชื้อราในตับและลำไส้ของกุ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้อัตราการรอดชีวิตของกลุ่มการรักษาหลังจากฉีดด้วย *V.*

parahaemolyticus (EMS / AHPND) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากผลการทดลองเหล่านี้สามารถรายงานได้ว่าสารสกัดขานันมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพที่สามารถนำมาใช้เป็นยารักษาโรคทางชีวภาพจากโรคอุจจาระสีขาและ AHPND ดังนั้นในอนาคตสมุนไพรนี้ควรเป็นทางเลือกแทนสารเคมีบำบัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมกุ้ง

นพวัฒน์ เพ็งคำศรี และคณะ (2554) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดเหง้าขาลิงชั้น Hexane, Ethyl Acetate และ Methanol และศึกษาฤทธิ์ดังกล่าวของสารสกัดเหง้าขาลิงชั้น Ethyl Acetate ในหนูขาว โดยการสกัดสารจากเหง้าขาลิงโดยวิธีเปอร์โคลเลชันด้วย Hexane, Ethyl Acetate และ Methanol วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในหลอด ทดลองด้วย DPPH assay, ABTS assay และ FRAP assay ทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง การเกิดเปอร์ออกซิเดชันของกรดไขมันไลโนเลอิกที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดด้วยความร้อน ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ในสัตว์ทดลองโดยเหนี่ยวนำให้หนูขาวเกิดภาวะ ภูออกซิโดซ์เกินสมดุลด้วย คาร์บอนเตตระคลอไรด์ในวันสุดท้ายหลังได้รับสาร สกัดขาลิงชั้น Ethyl Acetate ในขนาด 100,200 และ 500 มก./กก. ทุกวันนาน 28 วัน เก็บตับและสมองเพื่อวัดปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ ซึ่งสารสกัดเหง้าขาลิงชั้น Ethyl Acetate เมื่อทดสอบใน หลอดทดลองมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี จึงควรศึกษาเพื่อ หาโครงสร้าง สารสำคัญ กลไกการออกฤทธิ์ และความปลอดภัย เพื่อพัฒนาเป็นยาต่อไป

Nimsha S Weerakkod *et al.* (2010) ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาฤทธิ์ของสกัดจากข่า, โรสแมรี่ และ เปลือกมะนาวเหล็ก ใช้ในการเปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้ง *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* และ *Clostridium perfringens* องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเหล่านี้จะใช้เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบของยาต้านจุลินทรีย์และกลไกที่เป็นไปได้ของกิจกรรม ซึ่งการใช้ข่าร่วมกับโรสแมรี่หรือมะนาวเปลือกเหล็กแสดงฤทธิ์ต้านร่วมกัน โดยเฉพาะข่าและโรสแมรี่ แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *L. monocytogenes* เท่านั้น ในขณะที่ข่าและเปลือกมะนาวเหล็ก แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. Typhimurium* ซึ่งองค์ประกอบสารเคมีของข่าและเปลือกมะนาวเหล็ก ได้แก่ 1-acetoxy-chavicol acetate (1ACA) (63.4 %) และ nerol (15.6 %) ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของโรสแมรี่ คือ 1,8-cineole (26.3 %) และ การบูร (20.3 %) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากข่าโรสแมรี่ และเปลือกมะนาวเหล็ก มีองค์ประกอบทางเคมีที่อาจทำให้มีรูปแบบการออกฤทธิ์ด้านที่แตกต่างกัน

Ekkarin Pattaratanawadee *et al.* (2015) นำสารสกัดจากขิงข่าขมิ้นและฟิงเกอร์รุธมา ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร แบคทีเรียเน่าเสียและเชื้อราโดยใช้ Agar Dilution Assay ในการทดสอบ *Salmonella enterica serotype Typhimurium* และ *Escherichia coli* O157: H7 มีความทนทานต่อสารสกัดจากขิง สารสกัดจากข่าขมิ้นและฟิงเกอร์รุธ ซึ่งความเข้มข้นในการยับยั้งน้อยที่สุด (MICs) ของสารสกัดจากขิงข่า สารสกัดจากขมิ้นและฟิงเกอร์รุธต่อแบคทีเรียแกรมลบมีค่าเท่ากับ 8–10% (v/v) สารสกัดจากฟิงเกอร์รุธมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* มากกว่าสาร

สกัดจากขิงขมิ้นและข่า MICs ของสารสกัดจากฟิงเกอร์รูท คือ 0.2–0.4% (v/v) สำหรับแบคทีเรียที่เน่าเสีย *Lactobacillus plantarum* และ *L. cellobiosus* สารสกัดจากข่า ให้ประสิทธิภาพสูงสุดของ MIC ที่ 4% (v/v)