

ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมแดง อำเภอ ลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ณิชารีย์ ใจคำวัง^{*§}, ธนัญชัย จวบประสพ[†], ณัฐกฤตา บุญณประกอบ[‡]

^{*}สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[†]โรงพยาบาลค่ายพิชัยดาบหัก จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลท่าเสา อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[‡]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[§]ผู้รับผิดชอบบทความ: jkwnicharee@uru.ac.th

บทคัดย่อ

บทนำและวัตถุประสงค์: หอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นสมุนไพรที่มีสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย การวิจัยเชิงทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

วิธีการศึกษา: เก็บตัวอย่างหอมแดงจากอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์และคุณภาพของหอมแดง นำหอมแดงมาสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารเคอซีทิน ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

ผลการศึกษา: การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล ได้ผลผลิตร้อยละเท่ากับ 9.07, 8.86 และ 11.53 ตามลำดับ ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 33.67, 41.29 และ 13.67 mg/mL ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทิน เท่ากับ 0.10 ± 0.01 , 0.08 ± 0.01 และ 0.14 ± 0.01 %W/W ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลการทดสอบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 64.09, 41.53 และ 60.89 ตามลำดับ ผลการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) และทำลาย (MBC) ของสารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* DMST 8013 เท่ากับ 10 และ 10 mg/ml เชื้อ *Staphylococcus epidermidis* DMST 15505 เท่ากับ 2.5 และ 2.5 mg/ml และ เชื้อ *Bacillus cereus* DMST 5040 เท่ากับ 5 และ 5 mg/ml ตามลำดับ

อภิปรายผล: สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกที่พบบริเวณผิวหนังของมนุษย์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารประกอบอื่น ๆ นอกจากสารประกอบฟีนอลิกและกลุ่มฟลาโวนอยด์ แม้จะมีปริมาณน้อย แต่อาจจะสามารถช่วยเสริมฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ: สารสกัดหอมแดงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *B. cereus* สามารถนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับหอมแดงของจังหวัดอุตรดิตถ์

คำสำคัญ: สารสกัดหอมแดง, สารประกอบฟีนอลิก, เคอซีทิน, ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Antibacterial and Antioxidant Activities of Shallot (*Allium ascalonicum*) Extract in Lablae District, Uttaradit Province

Nicharee Jaikhamwang^{*,§}, Thananchai Juapprasop[†], Natkitta Boonprakob[‡]

^{*}Public Health Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Ta-It Sub-District, Muang Uttaradit District, Uttaradit 53000, Thailand

[†]Fort Pichai Dab Hak Hospital, Uttaradit Province, Tha Sao Sub-District, Mueang Uttaradit District, Uttaradit 53000, Thailand

[‡]Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Ta-It Sub-District, Muang Uttaradit District, Uttaradit 53000, Thailand

[§]Corresponding author: jkwnicharee@uru.ac.th

Abstract

Introduction and objective: Shallot (*Allium ascalonicum* L.) is an economic crop in Uttaradit province. It is an herb that has important compounds and antioxidant properties as well as anti-inflammatory and antibacterial effects. This experimental research aimed to investigate the antibacterial and antioxidant activities of shallot extract in Uttaradit's Lablae district.

Methods: Shallot samples were collected from Lablae district for the study of their botanical characteristics and quality. Shallot extraction was undertaken with such solvents as water, ethanol and methanol. The crude extracts were analyzed for the amounts of phenolic compounds and quercetin, and tested for antioxidant and antibacterial activities.

Results: The percent yields of shallot extracts from water, ethanol and methanol extraction were 9.07%, 8.86% and 11.53%, respectively; and the amounts of phenolic compounds obtained were 33.67, 41.29 and 13.67 mg/mL, respectively. The yields of quercetin were 0.10 ± 0.01 , 0.08 ± 0.01 and 0.14 ± 0.01 %w/w of DW, respectively, while the percent inhibitions (DPPH scavenging activity) were 64.09%, 41.53% and 60.89%, respectively. The analysis of the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) showed that the water shallot extract had the best antibacterial activity with MIC and MBC for *S. aureus* DMST at 10 and 10 mg/mL, *S. epidermidis* DMST 15505 at 2.5 and 2.5 mg/mL and *B. cereus* DMST 5040 at 5 and 5 mg/mL, respectively.

Discussion: The water shallot extract had the best activity against gram-positive bacteria found on the human skin and the best antioxidant activity that may be attributed to compounds other than phenolic compounds and flavonoids. Although they are present in small quantities, such additional compounds may contribute to enhancing the antioxidant properties.

Conclusion and Recommendation: Shallot extract had antioxidant properties and antibacterial activity against *S. aureus*, *S. epidermidis*, and *B. cereus*. This knowledge can be utilized for further development of herbal products with an additional value for shallots from Uttaradit province.

Key words: shallot extract, phenolic compounds, quercetin, anti-bacterial activity

บทนำและวัตถุประสงค์

โรคผิวหนังเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุข และส่งผลกระทบต่อทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคผิวหนังที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย เช่น แบคทีเรียแกรมบวก ในกลุ่ม *Staphylococcus*

aureus ที่ส่งผลทำให้เกิดการอักเสบของผิวหนัง และเป็นสาเหตุของโรคผิวหนังได้ถึง 80% แบคทีเรียประจำถิ่น เช่น *Staphylococcus epidermidis* ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดสิว รวมถึงการติดเชื้อบนผิวหนังสัมผัส เช่น *Bacillus cereus* แม้ปัจจุบันจะมีการ

ใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษา แต่หากเกิดใช้ยาไม่เหมาะสมและก็จะส่งผลทำให้เกิดการดื้อยาในอนาคตได้ ดังนั้นสารสกัดจากสมุนไพรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการแพทย์และมีฤทธิ์ที่ใช้ในการยับยั้งแบคทีเรียสำหรับเป็นยาทางเลือกในการรักษาโรคติดเชื้อได้^[1]

หอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) เป็นพืชผักสวนครัวพื้นบ้าน ที่ได้กล่าวถึงไว้ในหลากหลายตำรา ทั้งตำรายาแผนโบราณ ตำรับยาไทย ตำรับยาสมุนไพรล้านนา ได้มีการบันทึกสรรพคุณทางยาของหอมแดงว่าเป็นสมุนไพรที่สามารถรักษาโรคได้หลายชนิด จนถึงปัจจุบันมีการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาถึงสารสำคัญและฤทธิ์ของหอมแดงอย่างแพร่หลาย มีการศึกษาที่กล่าวถึงสารสำคัญในหอมแดงพบสารเคอราซิน^[2] ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และยังมีการศึกษาที่กล่าวถึงการยับยั้ง *Streptococcus agalactiae* ได้^[3] เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ช่วยส่งเสริมคุณสมบัติของหอมแดง ทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย และยับยั้งเซลล์มะเร็งเพาะเลี้ยงบางชนิด^[4-7]

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้รายงานข้อมูลร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวหอมแดง ปี พ.ศ. 2564 พบว่าในระดับประเทศมีปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวหอมแดง เท่ากับ 159,869 ตัน มีพื้นที่การเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตมากที่สุด คือ ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ 98,436 ตัน และภาคเหนือ 61,433 ตัน โดยจังหวัดอุดรดิตถ์มีผลผลิต 9,015 ตัน เป็นอันดับที่สามของประเทศ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกหอมแดงที่ใหญ่ที่สุดและให้ปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวมากที่สุดไนโซนภาคเหนือตอนล่าง^[7] จากการรายงานของสำนักงานเกษตรจังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่าในปี พ.ศ.

2564 มีพื้นที่ในการเพาะปลูก 3,880 ไร่ ได้ ผลผลิตต่อไร่ 2,323 กิโลกรัม โดยพื้นที่เพาะปลูกและได้ผลผลิตมากที่สุด คือ อำเภอโนนสะอาด จำนวน 7,229 ตัน รองลงมา คือ อำเภอลับแล จำนวน 944 ตัน และอำเภอปากท่า จำนวน 484 ตัน ตามลำดับ หอมแดงเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจ จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรที่เพาะปลูกหอมแดง ข้อมูลผลผลิตหอมแดง ของจังหวัดอุดรดิตถ์ ย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น^[8] เกษตรกรส่วนใหญ่หันมาเช่าพื้นที่และเริ่มเพาะปลูกหอมแดงกันเป็นจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้มีการแข่งขันผลผลิตทางการเกษตรที่สูงมากยิ่งขึ้น เกิดเป็นปัญหาหอมแดงล้นตลาด ราคาขายตกต่ำและไม่คงที่ ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้เพาะปลูก บางรายที่กู้ยืมเงินเพื่อนำเงินมาลงทุนในการเพาะปลูกหอมแดงขาดทุนจนส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของครอบครัว เกิดเป็นปัญหาสำคัญและเป็นความท้าทายอย่างยิ่งของทุกภาคส่วนที่จะต้องเร่งแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับหอมแดงให้กลับมาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในชุมชนอย่างยั่งยืน

การศึกษานี้จึงมีแนวคิดนำหอมแดงพืชเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรดิตถ์มาเพิ่มมูลค่า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียบริเวณผิวหนังจากหอมแดงของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดอุดรดิตถ์ที่มีมูลค่าอย่างเป็นรูปธรรม

ระเบียบวิธีศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างและการเตรียมสารสกัด หายาจากหอมแดง

สมุนไพรที่ใช้ในการศึกษา คือ หอมแดงจากอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เก็บตัวอย่างพันธุ์ไม้ในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหอมแดง วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้ารวมของหอมแดง

ทำการเตรียมสารสกัดหายาจากหอมแดงส่วนที่ใช้คือ หัวหอมแดงสด โดยนำหอมแดงสดมาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำสะอาด นำไปผึ่งแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำหัวหอมแดงสดมาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำสะอาด นำไปผึ่งแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการบดหอมแดงสดให้ละเอียด จากนั้นชั่งหอมแดงที่บดแล้ว เติมหักทำละลายในอัตราส่วน 1:1 (w/v) สกัดสารโดยเปรียบเทียบตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และเมทานอล เหย้าสารด้วยเครื่อง shaking incubator ด้วยอัตราเร็ว 120 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้น กรองสารด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่อง Buchner Suction Filter นำสารละลายที่ได้มาระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ (rotary evaporator) ระเหยตัวทำละลายออกจนหมด ศึกษาสีของสารสกัดหายาจากหอมแดง คำนวณหาร้อยละของสารสกัดหายา (% yield crude extract) ตามสูตรคำนวณและเก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 °C เพื่อทำการทดสอบต่อไป

$$\% \text{ yield} = (\text{น้ำหนักของสารสกัดหายา} / \text{น้ำหนักของหอมแดงสดที่ใช้}) \times 100$$

2. การศึกษาคุณภาพของหอมแดง

2.1 การปนเปื้อนโลหะหนักของหอมแดง

วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนัก เหล็ก

(Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ของหอมแดงด้วยวิธี Digestion/Flame Atomic Absorption Spectrophotometer

2.2 การปนเปื้อน DDT (Dichlorodiphenyl Trichloroethane) ของหอมแดง

วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อน DDT ด้วยวิธี In house Method TE-CH-030 Based on Steinwandter, H. Universal 5 min On-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residue and Industrial Chemicals Fresenius Z. Chem. (1985) No.1155

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (total phenolic content)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Folin-Ciocalteu Reagent โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Thitilertdech et al. (2008)^[9] ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร เริ่มจากปิเปตสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 7.9 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu Reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นเติมน้ำร้อยละ 20 โซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทิน (quercetin) ในสารสกัดหอมแดง

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอซีทินในสารสกัดหายาของหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัด

อุตรดิตถ์ ที่สกัดจากตัวทำละลาย ทั้งหมด 3 ตัวทำละลาย คือ น้ำ เอทานอล และเมทานอล ด้วยวิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography)^[10] ซึ่งสารสกัดหยาบจากหอมแดงแลบแล 5 มิลลิกรัม ลงในบีกเกอร์ ละลายสารสกัดหอมแดงด้วย DMSO ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ละลายสารด้วยคลื่นความถี่สูง 20 นาที นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทิน ด้วย HPLC โดย Kinetex 100 A C18 10 × 250 mm. ที่สภาวะ 50-100% v/v, MeOH-H₂O ปริมาตรฉีด 10 ไมโครลิตร อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดที่ 254 นาโนเมตร บันทึกผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทินในสารสกัดหอมแดง

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมแดง

การตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ดัดแปลงวิธีของ Thitilertdecha et al., (2008)^[11] ผสมสารสกัดที่ต้องการทดสอบ 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (% inhibition) ดังสมการ

$$\% \text{Inhibition} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100$$

โดย A_{control} คือค่าดูดกลืนแสงของกลุ่มควบคุมใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

A_{sample} คือค่าดูดกลืนแสงของกลุ่มตัวอย่าง

6. การศึกษาหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration: MBC)

ด้วยวิธี Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), 2009^[12] โดยเติมอาหารเพาะเชื้อ Muller Hinton Broth (MHB) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงใน microplate 96 well ทำการเจือจางความเข้มข้นของสารสกัด 40-2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เติมเชื้อทดสอบความเข้มข้นประมาณ 10⁶ CFU/ml ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงไปทุกหลุม ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้ยาปฏิชีวนะ เป็นชุดควบคุมผลบวก และใช้อาหารเพาะเชื้อเป็นชุดควบคุมผลลบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-20 ชั่วโมง หยดสี Resazurin ในหลุมทดสอบ และนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 37 °C ที่ 4 ชั่วโมง ตรวจสอบและบันทึกผลการทดลอง จากนั้นหาค่า MBC โดยแตะเชื้อจากหลุมทดสอบมา streak ลงบนอาหารเพาะเชื้อ MHA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ตรวจสอบและบันทึกผลการทดลอง

ผลการศึกษา

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาคุณภาพของหอมแดงและสารสกัดหยาบจากหอมแดงอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพของหอมแดง

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหอมแดง

จากผลการสำรวจการเพาะปลูกหอมแดงจากอำเภอลับแล

ลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่พิกัด 17.5817 N 99.9821 E ผลการบันทึกลักษณะภายนอกของหอมแดง พบว่ามีลักษณะเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นหัวใต้ดิน มีรากฝอยกระจุกบริเวณด้านล่างของหัว ลักษณะของหัวเป็นรูปทรงกลมถึงรูปไข่ หัวใต้ดินเป็นสีชมพู ถึงสีชมพูอมม่วง กว้าง 1-3 ซม. ยาว 2-5 ซม. โคนใบหุ้มซ้อนกัน ใบด้านบนแผ่ออกเป็นกาบ ใบมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ปลายใบเรียวแหลม กว้างประมาณ 0.4-0.8 ซม. ยาวประมาณ 40-75 ซม. ลักษณะของช่อดอกออกเป็นช่อคล้ายซี่ร่ม มีดอกสีขาวย่อยจำนวนมาก ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้ารวมของหอมแดง เท่ากับ 15.35% และ 2.46% ตามลำดับ

1.2 การประเมินคุณภาพหอมแดง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นเท่ากับ 15.35 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเถ้ารวม เท่ากับ 2.46 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักของหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอมแดง เท่ากับ 7.0×10^2 cfu/g พบปริมาณของ แมงกานีส (Mn) เท่ากับ 1.21 mg/kg สังกะสี (Zn) เท่ากับ 14.19 mg/kg แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.20 mg/kg ไม่พบการปนเปื้อนเหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) ในหอมแดง (Table 1) ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงประเภทสารสังเคราะห์ออร์กาโนคลอรีน ไม่พบการปนเปื้อนของสาร DDT ในหอมแดง

1.3 ผลการสกัดสารสกัดหยาบจากหอมแดง

ผลการสกัดสารสกัดหยาบจากหอมแดง ด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล พบว่า สารสกัดหยาบจากตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล ได้สารสกัดสีน้ำตาลเข้ม ส่วนสารสกัดหยาบจากตัวทำละลาย

Table 1 Analysis of heavy metals and DDT contaminated in shallots

Contaminated of Shallots	Results
Total Viable Count	7.0×10^2 cfu/g
Fe	Not Detected
Mn	1.21 mg/kg
Cu	Not Detected
Zn	14.19 mg/kg
Pb	Not Detected
Cd	0.20 mg/kg
DDT (Dichlorodiphenyl trichloroethane)	Not Detected

เมทานอล ได้สารสกัดสีชมพูเข้ม ผลการสกัดสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล ได้ร้อยละของสารสกัดหยาบ เท่ากับ 9.07, 8.86 และ 11.53 ตามลำดับ ผลการสกัดสารสำคัญจากหอมแดง พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ได้ร้อยละของสารสกัดหยาบสูงที่สุดรองลงมาคือน้ำ และเอทานอล ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารเคอซิทินในสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (total phenolic content)

ผลการศึกษาคูณสมบัติทางเคมีโดยการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบความเข้มข้นของกรดแกลลิก (gallic acid) เท่ากับ 33.67, 41.29 และ 13.67 mg/mL ตามลำดับ ความเข้มข้นของกรดแกลลิกสูงสุดในตัวทำละลาย เอทานอล น้ำ และเมทานอล

ตามลำดับ (Table 2)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทินในสารสกัดหอมแดง ด้วยวิธี HPLC

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซีทินในสารสกัดหอมแดง ด้วยวิธี HPLC ของตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล พบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณ

สารเคอซีทิน เท่ากับ 0.10 ± 0.01 , 0.08 ± 0.01 และ 0.14 ± 0.01 %w/w ในตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งพบปริมาณสารเคอซีทินสูงสุดในการสกัดหอมแดง ด้วยตัวทำละลายเมทานอล น้ำ และเอทานอล ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Total phenolic content and quercetin of shallot extracts by HPLC method

Solvent	Gallic acid concentrations (mg/mL)	Quercetin (%w/w of DW)
Water	33.67 ± 5.82	0.10 ± 0.01
Ethanol	41.29 ± 3.71	0.08 ± 0.01
Methanol	13.67 ± 7.15	0.14 ± 0.01

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ผลการทดสอบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity) ในสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 64.10, 41.53 และ 60.89 ตามลำดับ พบว่า ร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงสุดในตัวทำละลาย น้ำ เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 % Inhibition (DPPH radical scavenging activity)

Solvent	% Inhibition (DPPH radical scavenging activity)
Water	64.10 ± 0.02
Ethanol	41.53 ± 0.01
Methanol	60.89 ± 0.01

วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) และความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration: MBC) ของสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ มีค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *S. aureus* DMST 8013 เท่ากับ 10 และ 10 mg/ml เชื้อ *S. epidermidis* DMST 15505 เท่ากับ 2.5 และ 2.5 mg/ml และเชื้อ *B. cereus* DMST 5040 เท่ากับ 5 และ 5 mg/ml ตามลำดับ

สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล มีค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *S. aureus* DMST 8013 เท่ากับ 20 และ > 40 mg/ml เชื้อ *S. epidermidis* DMST 15505 เท่ากับ 20 และ > 40 mg/ml และ เชื้อ *B. cereus* DMST 5040 เท่ากับ 20 และ 20 mg/ml ตามลำดับ

สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *S. aureus* DMST 8013 เท่ากับ 40 และ > 40 mg/ml เชื้อ *S. epidermidis* DMST 15505 เท่ากับ 40 และ > 40

mg/ml และเชื้อ *B. cereus* DMST 5040 เท่ากับ 20 และ 20 mg/ml ตามลำดับ

ผลการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) เชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหอมแดงด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และเมทานอล พบว่า สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำ มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) และทำลาย (MBC) เชื้อแบคทีเรีย (Table 4)

Table 4 The minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of shallot extracts

Microorganism	Shallot (<i>Allium ascalonicum</i>) extracts					
	Water		Ethanol		Methanol	
	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
<i>S. aureus</i> DMST 8013	10	10	20	> 40	40	> 40
<i>S. epidermidis</i> DMST 15505	2.5	2.5	20	> 40	40	> 40
<i>B. cereus</i> DMST 5040	5	5	20	20	20	20

สรุปข้อมูลสำคัญ

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ค้นพบข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปพัฒนาสู่การยกระดับเป็นผลิตภัณฑ์มุ่งสู่ชุมชนดังนี้

1. การประเมินคุณภาพและการปนเปื้อนของหอมแดง พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอมแดง เท่ากับ 7.0×10^2 cfu/g พบปริมาณของแมงกานีส (Mn) เท่ากับ 1.21 mg/kg สังกะสี (Zn) เท่ากับ 14.19 mg/kg แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.20 mg/kg ไม่พบ

การปนเปื้อนเหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และ ไม่พบการปนเปื้อนของสาร DDT ในหอมแดง

2. การสกัดสารสำคัญจากหอมแดงด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และ เมทานอล พบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ได้ร้อยละของสารสกัดหยาบสูงที่สุด รองลงมา คือ น้ำ และเอทานอล ตามลำดับ

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบความเข้มข้นของกรดแกลลิกสูงสุดในตัวทำละลายเอทานอล น้ำ และเมทานอล ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารเคอซิทีนในสารสกัดหอมแดง ด้วยวิธี HPLC พบปริมาณสารเคอซิทีนสูงที่สุดในการสกัดหอมแดงด้วยตัวทำละลายเมทานอล น้ำ และเอทานอล ตามลำดับ

5. ผลการทดสอบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระในสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 64.09, 41.53 และ 60.89 ตามลำดับ พบว่า ร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงที่สุดในตัวทำละลาย น้ำ เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับ

6. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของหอมแดงจากอำเภอลับแล พบว่า สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำ มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) เชื้อแบคทีเรีย ดีที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *S. aureus* DMST 8013 เท่ากับ 10 และ 10 mg/ml เชื้อ *S. epidermidis* DMST 15505 เท่ากับ 2.5 และ 2.5 mg/ml และ เชื้อ *B. cereus* DMST 5040 เท่ากับ 5 และ 5 mg/ml ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหอมแดง

จากผลการสำรวจการเพาะปลูกหอมแดงจากอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะของหอมแดง ในพื้นที่ภาคเหนือ[4] พบว่ามีลักษณะภายนอกที่คล้ายเคียงกัน ลักษณะเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นหัวใต้ดิน มีรากฝอยกระจุกบริเวณด้านล่างของหัว ลักษณะของหัวเป็นรูปทรงกลมถึงรูปไข่ หัวใต้ดินเป็นสีชมพู ถึงสีชมพูอมม่วง กว้าง 1-3

ซม. ยาว 2-5 ซม. โคนใบหุ้มซ้อนกัน ใบด้านบนแผ่ออกเป็นกาบ ใบมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ปลายใบเรียวแหลม กว้างประมาณ 0.4-0.8 ซม. ยาวประมาณ 40-75 ซม. ลักษณะของช่อดอกออกเป็นช่อคล้ายซี่ร่ม มีดอกสีขาวย่อยจำนวนมาก

2. การประเมินคุณภาพหอมแดง

ปริมาณความชื้นของหอมแดงจากอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นเท่ากับ 15.353% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดมาตรฐานของหอมแดงตาม Thai Herbal Pharmacopoeia (2016)^[12] ปริมาณเถ้ารวมของหอมแดง มีเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเถ้ารวม เท่ากับ 2.459% หอมแดงที่มีปริมาณเถ้ารวมน้อยที่สุด ได้แก่ หอมแดงจากอำเภอลับแล ตามมาตรฐานข้อกำหนดมาตรฐานของหอมแดงตาม Thai Herbal Pharmacopoeia (2016)^[13] กำหนดให้ปริมาณเถ้ารวมของหอมแดงไม่เกิน 2% w/w ผลการศึกษาค้นคว้าของหอมแดงครั้งนี้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเล็กน้อย แสดงถึงอาจเกิดจากสารอินทรีย์ เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีหรือการสะสมของอินทรีย์ที่ตกค้างในดินและน้ำในบริเวณเพาะปลูก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนโลหะหนักในหอมแดง

จากการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอมแดง เท่ากับ 7.0×10^2 cfu/g ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานของหอมแดง ตามข้อกำหนดของ Thai Herbal Pharmacopoeia (2016)^[12] แต่ทั้งนี้สามารถพัฒนาคุณภาพหอมแดงได้ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพื่อควบคุมคุณภาพของหอมแดงให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด^[4] ผลการวิเคราะห์การปน

เปื้อนโลหะหนัก พบปริมาณของ แมงกานีส (Mn) เท่ากับ 1.21 mg/kg สังกะสี (Zn) เท่ากับ 14.19 mg/kg แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.20 mg/kg ไกล่เคียงกับการศึกษาการประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและหอมแดง ในพื้นที่ปลูกหอมแดง ตำบลบ้านตึก อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย^[14] และการประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักในหอมแดงที่จำหน่ายในตลาดสด^[15] ไม่พบการปนเปื้อนเหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) ในหอมแดง และไม่พบการปนเปื้อนของ DDT ในหอมแดง ตำบลทุ่งยั้ง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นยาฆ่าแมลงประเภทสารสังเคราะห์ออร์กาโนคลอรีน แม้ผลการสำรวจการเพาะปลูกหอมแดงจะพบโลหะหนักในดินเพาะปลูก รวมถึงมีการใช้สารเคมีในการเพาะปลูกเพื่อผลผลิตทางการเกษตร แต่ในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว เกษตรกรได้เก็บเกี่ยวหอมแดงและนำมาผึ่งไว้ที่โรงเรือนเก็บหอมแดง ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อน DDT ในหอมแดงลดลง

3. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารเคอซิทินในสารสกัดหอมแดง

จากผลการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยศึกษาความเข้มข้นของกรดแกลลิก และปริมาณสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์โดยศึกษาปริมาณของสารเคอซิทิน ซึ่งเป็นสารที่พบมากที่สุดจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับหอมแดง เมื่อสกัดหอมแดงจากอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ น้ำ เอทานอล และเมทานอล พบว่า สารสกัดหอมแดงมีปริมาณสารเคอซิทินสอดคล้องกับผลการศึกษาการพัฒนาหอมแดงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอางและผลิตภัณฑ์สปา^[4] แต่ไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิก แม้จะมีการศึกษาที่กล่าวถึงประโยชน์ของสารเคอซิทิน ต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ แต่เนื่องจากเคอซิทิน คุณสมบัติในการละลายน้ำได้น้อย ส่งผลทำให้การสกัดด้วยเมทานอลจึงมีปริมาณของสารเคอซิทินมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดหอมแดงด้วยตัวทำละลายน้ำดีที่สุด

4. ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมแดง

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และเมทานอล พบว่า สารสกัดหอมแดงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวกได้ สอดคล้องกับการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอมและการประยุกต์ใช้น้ำผักและผลไม้ผสม^[16] ที่ความเข้มข้นสูงสุด 10 mg/ml สามารถยับยั้ง *S. aureus* DMST 8013, *S. epidermidis* DMST 15505 และ *B. cereus* DMST 5040 ซึ่งเป็นเชื้อที่พบบริเวณผิวหนังของมนุษย์ และสอดคล้องกับการทดสอบร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ พบสารสกัดหอมแดงด้วยตัวทำละลายน้ำดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารประกอบอื่น ๆ นอกจากสารประกอบฟีนอลิกและกลุ่มฟลาโวนอยด์ แม้จะมีปริมาณน้อย แต่อาจจะสามารถช่วยเสริมฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้

ข้อสรุป

จากการศึกษาปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดหอมแดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ผลการสกัดพบว่าในสารสกัด

หอมแดงมีสารประกอบฟีนอลิกและสารเคอซิทิน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำลึงในการสกัด คือ น้ำ เอทานอล และ เมทานอล ผลการศึกษาพบว่า ตำลึงละลายได้ดีที่สุดที่ใช้ในการสกัดหอมแดง คือ น้ำ เนื่องจากได้สารสกัดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity) สูงที่สุด และมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *B. cereus* ซึ่งสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อเพิ่มมูลค่าหอมแดงให้กับวิสาหกิจชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษาสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาและต่อยอดสารสกัดหอมแดงเป็นผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการรักษาผู้ป่วยด้วยสมุนไพรพื้นบ้านและให้เกิดประโยชน์ต่อวิสาหกิจชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาได้ทดสอบหาปริมาณสารเคอซิทิน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ายังมีสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์อื่น ๆ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงสารสำคัญอื่นในสารสกัดหอมแดงเพิ่มเติม
2. การทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ควรมีการทดสอบวิธีอื่น ๆ เพื่อเพิ่มเติม เช่น ABTS [2,2'-azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline 6-sulfonic acid)] หรือการวัดความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) ที่เห็นความสำคัญของการศึกษานี้ และให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่อำนวยความสะดวกในการเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ตลอดกระบวนการทดลอง

References

1. Siramon P, Waeonukul R. Chemical composition and antibacterial activities of rhizome extract from *Curcuma aromatica* Salisb. Journal of Science and Technology. 2021;6(2):118-25. (in Thai)
2. Charoenchai L. Development of *Allium ascalonicum* L. for cosmeceutical and spa products. Pathum Thani: Agricultural Research Development Agency (Public Organization) Faculty of Pharmaceutical Sciences, Rangsit University; 2017. 125 p. (in Thai)
3. Mekvimol T, Poonthong G, Chaipunna C, Pumipuntu N. Antimicrobial activity of marigold (*Tagetes erecta*), mulberry (*Morus indica*), and red shallot (*Allium ascalonicum*) extracts against *Streptococcus agalactiae*. International Journal of One Health. 2020;6(1):56-60.
4. Faculty of Pharmacy, Ubon Ratchathani University. Shallots. [Internet]. 2017 [cited 2021 Oct 1]; Available from: <http://www.thaicudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=145>. (in Thai)
5. Somkhaw P, Junlatat J, Chalomphong N, Prasert T, Mulateeka P. The efficacy of acne gel containing *Allium ascalonicum* L. extracts. Journal of Traditional Thai Medical Research. 2022;8(2):99-110. (in Thai)
6. Prakash D, Singh B.N, Upadhyay G. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). Food Chemistry. 2007;102(4):1389-93.
7. Charoenchai L, Pathompak P, Phetmanee T, Meksuriyen D. Relationships between chemical compositions of shallot extracts and antioxidant activity. RSU International Research Conference 2017; 28 Apr 2017; Rangsit University. 2017. p. 97-104.

8. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Shallots: Cultivation area harvested area and productivity per rai, by province, year 2021. [Internet]. [cited 2023 Mar 1]; Available from: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/shallot%20percent%2064.pdf> (in Thai)
9. Uttaradit Provincial Agricultural Office. Economic crop information. [Internet]. [cited 2023 Mar 1]; Available from: <https://mis-app.uttaradit.doe.go.th/product>. (in Thai)
10. Thitilertdecha N, Teerawutgulrag A, Rakariyatham N. Antioxidant and antibacterial activities of *Nephelium lappaceum* L. extracts. LWT-Food Science and Technology. 2008;41(10):2029-35.
11. D'Mello P.M, Joshi J.U, Shetgiri P.P, Dasgupta T.K, Darji K.K. A simple HPLC method for quantitation of quercetin in herbal extracts. J. AOAC Int. 2011;94:100-5.
12. Clinical and laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacterial that grow aerobically; Approved Standards 7th Edition. Clinical and laboratory Standards Institute document M7-A7. Pennsylvania USA: Clinical and Laboratory Institute; 2009.
13. Ministry of Public Health. Thai Herbal Pharmacopoeia. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand; 2016. (in Thai)
14. Sawanwong T, Wachirawongsakorn P. Assessment of heavy metal contamination in soil and shallot samples from shallot farming of Tambon Bantuek, Srisatchanalai District, Sukhothai. [Proceedings]. The 4th Science Research Conference; 2012 Mar 12-13; Faculty of Science, Naresuan University. (in Thai)
15. Pansathern S, Wachirawongsakorn P. Assessment of heavy metal contamination in shallots from fresh markets a case study: Lower North province of Thailand. [Proceedings]. The 7th Rambhai Barni Research National Academic Conference: Local Preparation for ASEAN; 2013 Dec 19-20; Rambhai Barni Rajabhat University. Bangkok: p. 439-42 (in Thai)
16. Assatarakul K, Himasuttidach N. Antioxidant and antibacterial activities of onion extract and applications in mixed fruit and vegetable juice. Journal of Food Technology, Siam University. 2017;12(1):71-83. (in Thai)