วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Journal of Roi Et Rajabhat University: Science and Technology

ประสิทธิภาพของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จากต้นสักขีต่อการต้านเชื้อ *Escherichia coli* TISTR 527

Efficiency of Flavonoids of *Dalbergia parviflora* Roxb against *Escherichia coli* TISTR 527

*อุไรวรรณ ศรีพนา, อภิญญา รัตนางาม, สุภาวดี อัญญโพธิ์,
ปริ่มมาลา ขำคมเขตต์, ปิยะนุช ภูทองขาว
*Uraiwan Sriphana, Apinya Rattanangam, Supawadee Anyapo,
Primmala Khumkomkhet, Piyanut Phuthongkhao.
สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
Program in Chemistry, Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi Et Rajabhat University
*ผู้นิพนธ์หลัก: uraiwan_s49@yahoo.com
*Corresponding author: uraiwan_s49@yahoo.com

Received: 5 June, 2024; Revised: 6 August, 2024; Accepted: 15 August, 2024

Abstract

Isolation from methanolic extract of stems of *Dalbergia parviflora* Roxb by chromatographic techniques gave four known flavonoids: pinocembrin (I), naringenin (II), biochanin A (III), and sativanone (IV). All isolates were characterized by spectroscopic techniques including IR and ^{1}H and ^{13}C NMR. The antibacterial activity against *Escherichia coli* TISTR 527 was carried out by broth dilution assay and determined both minimal inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of all isolated substances. The results showed that the MIC and MBC of pinocembrin (I) were found to be highly sensitive 17.19 and 137.5 μg/mL, respectively.

Keywords: *Dalbergia parviflora* Roxb; Antibacterial activity; Flavonoid; *Escherichia coli*

บทคัดย่อ

การแยกสารสำคัญจากส่วนสกัดหยาบเมทานอลของลำต้นสักขี ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี ได้สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีการรายงานโครงสร้างแล้ว จำนวน 4 สาร ได้แก่ pinocembrin (I), naringenin (II), biochanin A (III), และ sativanone (IV) และวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสาร

ทั้งหมดด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี IR, ^{1}H และ ^{13}C NMR นำสารบริสุทธิ์ทั้งหมดที่แยกได้มาศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียต่อเชื้อ *Escherichia coli* TISTR 527 ด้วย broth dilution assay และหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ (MIC) และฆ่าเชื้อ (MBC) ผลการศึกษาพบว่า pinocembrin (I) สามารถต้านเชื้อได้ดีที่สุด มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 17.19 และ 137.5 μg/mL ตามลำดับ

คำสำคัญ: สักขี; กิจกรรมต้านแบคทีเรีย; ฟลาโวนอยด์; *Escherichia coli*

บทนำ

Escherichia coli เป็นแบคทีเรียอยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae สกุล *Escherichia* มีรูปร่างเป็นแท่ง ติดสีแกรมลบ เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 10-40 °C อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ 35-37 °C *E. coli* เป็นกลุ่มเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในมนุษย์ ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เมื่อได้รับเชื้อ 18-24 ชั่วโมง ผู้ติดเชื้อจะมีอาการอุจจาระร่วง อุจจาระเป็นมูกเลือด อาเจียน ปวดท้อง และมีอาการไข้ สาเหตุอาจมาจากการบริโภคอาหารที่ไม่ผ่านความร้อน อาหารทะเลหรืออาหารค้างคืน การรักษาอาการจะใช้ยาปฏิชีวนะ ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีสังเคราะห์ มีราคาแพง เมื่อใช้ยาเป็นเวลานานจะเกิดผลข้างเคียง บางครั้งเชื้อแบคทีเรียจะดื้อต่อยา ส่งผลให้ประสิทธิภาพการต้านเชื้อลดลง ดังนั้นจึงมีการรายงานการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดพืชสมุนไพร เช่น กล้วยน้ำว้า กรุงเขมา หอมหัวใหญ่ กระเทียม เปลือกทับทิม เป็นต้น (Meesup et al., 2018; Wongjiratthiti et al., 2019) อย่างไรก็ตามการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากสมุนไพรก็มีความน่าสนใจเช่นเดียวกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารบริสุทธิ์กลุ่มฟลาโวนอยด์จากส่วนสกัดหยาบเมทานอลของลำต้นสักขีที่มีประสิทธิภาพต่อการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 527 พืชสมุนไพรที่นำมาศึกษาคือ ต้นสักขีหรือครี้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Dalbergia parviflora* Roxb เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Leguminosae เป็นยาแผนไทย ขับเสมหะ ขับโลหิต ขาดเลือด บวม พังผืด และโรคหัวใจและหลอดเลือด (Liu et al., 2005; Smitinand, 1983) ส่วนเนื้อไม้ใช้เป็นเครื่องหอม น้ำมันจากพืชชนิดนี้ใช้รักษาแผลเรื้อรังและเป็นยาลดไข้ (Pichiansunthorn et al., 1999) มีการรายงานการแยกสารบริสุทธิ์กลุ่มฟลาโวนอยด์จากต้นสักขีเพื่อทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Promden et al., 2014) ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง (Songsiang et al., 2011; Umehara et al., 2009) เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การสกัดและการแยกสารบริสุทธิ์

นำส่วนลำต้นสักขีแห้งแล้วมาบดละเอียด (3.7 กิโลกรัม) และสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เฮกเซน เอทิลอะซิเตตและเมทานอล ตามลำดับ จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 6 ลิตร ระยะเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำมากรองและระเหยตัวทำละลายออกภายใต้การลดความดัน ได้ส่วนสกัดหยาบเฮกเซน (20 กรัม) ส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต (800 กรัม) และส่วนสกัดหยาบเมทานอล (114 กรัม) นำส่วน

สกัดหยาบเมทานอลทั้งหมด มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทรกราฟีบน silica gel โดยใช้ตัวพาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ethyl acetate-hexane (10:90) จนถึง methanol-ethyl acetate (10:90) จากนั้นรวมแฟคชันที่มีความใกล้เคียงกันเปรียบเทียบจากลักษณะของ TLC ได้สารทั้งหมด 24 ส่วนย่อย (F_1-F_{24}) นำส่วนย่อย F_1 (212.3 มิลลิกรัม) มาแยกด้วยคอลัมโครมาโทกราฟี ระบบตัวทำละลาย ethyl acetate-hexane (10:90) และแยกให้บริสุทธิ์ด้วย PLC (Preparative thin layer chromatography) โดยใช้ระบบตัวทำละลาย ethyl acetate-hexane (15:85) ได้สารบริสุทธิ์ **I** (119.6 มิลลิกรัม) นำ F_3 (354.6 มิลลิกรัม) มาแยกด้วย Sephadex LH-20 โดยใช้ตัวพา methanol ได้สารทั้งหมด 4 ส่วนย่อย ($F_{3.1}$ -$F_{3.4}$) นำส่วนย่อย $F_{3.1}$ (73.7 มิลลิกรัม) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย PLC โดยใช้ระบบตัวทำละลาย methanol-dichloromethane (2:98) ได้สารประกอบ **II** (39.1 มิลลิกรัม) นำส่วนย่อย $F_{3.2}$ (413.2 มิลลิกรัม) มาแยกต่อด้วย Sephadex LH-20 โดยใช้ตัวพา methanol ได้สารทั้งหมด 6 ส่วนย่อย ($F_{3.2.1}$-$F_{3.2.6}$) นำส่วนย่อย $F_{3.2.2}$ (87.2 มิลลิกรัม) มาแยกต่อด้วยคอลัมน์โครมาโครมาโทกราฟี โดยใช้ตัวพา ethyl acetate-dichloromethane (10:90) ได้สารประกอบ **IV** (19.1 มิลลิกรัม) นำส่วนย่อย $F_{3.3}$ (304.2 มิลลิกรัม) มาแยกต่อด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีโดยใช้ตัวพา methanol-dichloromethane (3:97) ได้สารประกอบ **III** (115.8 มิลลิกรัม)

สารประกอบ I: ของแข็งสีขาว (mp. 192-194 °C), IR ν_{max} 3092, 2891, 1584, 1487, 1302, 1168, 1089, 825, 715 cm^{-1},^{1}H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ 7.31-7.41 (5H, m, H-2', H-3', H-4', H-5', และ H-6'), 7.31-7.41, 2H, m, H-6 และ H-8), 5.35 (1H, dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H-2), 3.01 (1H, dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H_a -3), 2.74 (1H, dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H_b-3). ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ 195.6 (C-4), 166.2 (C-5 และ C-7), 163.1 (C-8a), 138.4 (C-1'), 128.8 (C-3', C-4' และ C-5'), 126.1 (C-2' และ C-6'), 102.6 (C-4a), 96.6 (C-6), 95.6 (C-8), 79.1 (C-2), 43.2 (C-3)

สารประกอบ II: ของแข็งสีขาว (mp. 246-247 °C), IR ν_{max} 3111, 2917, 1598, 1462, 1349, 1252, 1170, 833, 724 cm^{-1}, ^{1}H NMR (400 MHz, $CDCl_3$ + CD_3OD) δ 7.20 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-2' และ 6'), 6.80 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-3' และ H-5'), 5.90 (2H, s, H-6 และ H-8), 5.25 (1H, dd, *J* = 13.0, 3 Hz, H-2), 3.00 (1H, dd, *J* = 17, 13 Hz, H_a-3), 2.65 (1H, dd, *J* = 17, 3 Hz, H_b -3), ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$ + CD_3OD) δ 196.0 (C-4), 166.7 (C-7), 163.7 (C-4'), 163.2 (C-5), 157.3 (C-8a), 129.3 (C-1'), 127.7 (C-2' และ 6'), 115.4 (C-3' และ 5'), 102.3 (C-4a), 96.3 (C-6), 95.5 (C-8), 78.9 (C-2), 42.9 (C-3)

สารประกอบ III: ของแข็งสีขาว (mp. 212-212.5 °C), IR ν_{max} 3309, 2983, 1515, 1439, 1248, 1183, 1144, 1023, 829, 773 cm^{-1}, ^{1}H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ 7.79 (1H, s, H-2), 7.39 (2H, d, *J* = 8.8 Hz, H-2' และ 6'), 6.93 (2H, d, *J* = 8.8 Hz, H-3' และ 5'), 6.31 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-8), 6.24 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-6), 3.80 (OCH_3-4'), ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ 180.7 (C-4), 163.9 (C-7), 162.3 (C-5), 159.7 (C-8a), 152.6 (C-2 และ 4'), 130.1 (C-2' และ 6'), 123.4 (C-3), 123.1 (C-1'), 114.1 (C-4a), 114.0 (C-3' และ 5'), 99.3 (C-6), 94.1 (C-8), 55.3 (OCH_3-4').

สารประกอบ IV: ของแข็งสีขาว (mp. 174-176 °C), IR ν_{max} 3311, 2935, 1592, 1455, 1248, 11156, 1026, 828, 690 cm^{-1}, ^{1}H NMR ($CDCl_3$) δ 7.85 (1H, d, *J* = 8.7 Hz, H-6), 7.05 (1H, s, OH), 6.99 (1H, d, *J* = 8.1 Hz, H-6'), 6.48 (1H, dd, *J* = 8.1, 2.2 Hz, H-5'), 6.45 (1H, dd, *J* = 8.7, 2.2 Hz, H-5), 6.44 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-3'), 6.35 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-8), 4.58 (1H, t, *J* = 11.4 Hz, H-2), 4.46 (1H, dd, *J* = 11.4, 5.4 Hz, H-2), 4.25 (1H, dd, *J* = 11.4, 5.4 Hz, H-3), 3.78 (OCH_3-2'), 3.75 (OCH_3-4'), ^{13}C NMR ($CDCl_3$) δ 192.6 (C-4), 163.9 (C-8a), 163.1 (C-7), 160.5 (C-4'), 158.4 (C-2'), 130.7 (C-6'), 129.8 (C-6), 115.8 (C-1'), 115.3 (C-4a), 110.6 (C-5), 104.7 (C-5'), 103.1 (C-8), 99.1 (C-3'), 71.0 (C-2), 55.5 (OCH_3-2'), 55.4 (OCH_3-4'), 47.4 (C-3)

การทดสอบหาค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) และ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) ของสารบริสุทธิ์ด้วย broth dilution assay

ใส่อาหาร NB ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในเพลทเพาะเชื้อแบบ 96 หลุม (96 well plate) โดยเติมตั้งแต่แถวที่ 1 ถึง แถวที่ 11 นำสารสกัดบริสุทธิ์เติมลงในแถวที่ 1 ปริมาณ 100 ไมโครลิตร และทำการเจือจางแบบสองเท่า (two-fold dilution) ไปจนถึงหลุมที่ 10 เติมเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในทุกหลุมตั้งแต่แถวที่ 1 ถึงแถวที่ 11 ใช้ยาปฏิชีวนะกานามัยซิน (50mg/ml, kanamycin) เป็นชุดควบคุม นำเพลทไปบ่มที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเติมสารละลาย iodonitrotetrazolium chloride (INT) ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลุมละ 50 ไมโครลิตร บ่มนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย เมื่อมีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียในหลุม สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง แต่ถ้าไม่มีการเจริญของแบคทีเรียหรือแบคทีเรียถูกทำลายจากฤทธิ์ของสารบริสุทธิ์ สารละลายจะยังคงเป็นสีเหลืองเหมือนเดิม (Rattanasuk & Phiwthong, 2021, Boogapim et al., 2021)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การแยกสารบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทรกราฟีบน silica gel, Sephadex LH-20 และ PLC จากส่วนสกัดหยาบเมทานอลของลำต้นสักขี ได้สารบริสุทธิ์ทั้งหมด จำนวน 4 สาร (Figure 1) วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารทั้งหมดด้วยเทคนิค ^{1}H NMR, ^{13}C NMR และ IR และเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีการรายงานมาแล้ว

สารประกอบ **I** แสดงแถบการสั่นหมู่ฟังก์ชัน –OH ที่ 3092 cm^{-1} ในขณะที่สัญญาณ ^{13}C NMR ที่ δ_C 195.6 และสัญญาณ IR แสดงแถบการสั่น 1602 cm^{-1} ของหมู่คาร์บอนิล สัญญาณ ^{1}H NMR แสดงลักษณะเฉพาะสารกลุ่มฟลาวาโนนที่ 5.35 (dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H-2), 3.01 (dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H_a -3), 2.74 (dd, *J*=17.1, 3.0 Hz, H_b-3) นอกจากนี้สัญญาณ ^{1}H NMR ของ H-6 และ H-8 ที่ δ_H 7.31-7.41 (2H, m) แสดงลักษณะ low field ของวงแหวน A เป็นลักษณะโครงสร้างการแทนที่แบบ 5,7-disubstituted flavanone รูปแบบสัญญาณ ^{1}H NMR ที่ 7.31-7.41 (5H, m) ของวงแหวน B เป็นลักษณะโครงสร้างการแทนที่แบบ monosubstituted flavanone เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับสารประกอบที่มีการรายงานมาแล้ว สารประกอบ **I** คือ pinocembrin (Gao et al., 2008)

สารประกอบ **II** ปรากฏสัญญาณ IR, ^{1}H และ ^{13}C NMR คล้ายคลึงกับสารประกอบ **I** ยกเว้นลักษณะสัญญาณ ^{1}H NMR ของวงแหวน B ปรากฏสัญญาณเป็นแบบ AB ที่ δ_H 7.20 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-2' และ 6') และ 6.80 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-3' และ H-5') เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับสารประกอบที่มีการรายงานมาแล้ว สารประกอบ **II** คือ naringenin (Hirai, et al., 2007, El-Mahdy, et al., 2008)

สารประกอบ **III** เป็นสารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ จากข้อมูล ^{1}H NMR (Figure 2) แสดงสัญญาณ ^{1}H NMR ของวงแหวนแอโรมาติก A ของ H-8 และ H-6 (*J* = 2.1 Hz) ที่ δ_H 6.31 และ 6.24 สัญญาณของวงแหวนแอโรมาติก B ปรากฏสัญญาณเป็นแบบ AB ที่ δ_H 7.39 (2H, d, *J* = 8.8 Hz, H-2' และ 6') และ 6.93 (2H, d, *J* = 8.8 Hz, H-3' และ 5') และลักษณะสัญญาณ H-2 ที่ δ_H 7.79 (s) สัญญาณหมู่ methoxy ที่ δ_H 3.80 (OCH_3-4') เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับสารประกอบที่มีการรายงานมาแล้ว สารประกอบ **III** คือ biochanin A (Choi et al., 2008; Wang et al., 2008)

สารประกอบ **IV** ปรากฏสัญญาณ IR ของหมู่ฟังก์ชัน –OH ที่ 3311 cm^{-1} และ ^{1}H NMR ที่ δ_H 7.05 (1H, s, OH) สัญญาณ ^{1}H NMR ปรากฏสัญญาณเป็นแบบ ABX ที่ δ_H 6.45 (dd, *J* = 8.7, 2.2 Hz, H-5), 7.85 (d, *J* = 8.7 Hz, H-6), 6.35 (d, *J* = 2.2 Hz, H- 8) และ δ_H 6.99 (d, *J* = 8.1 Hz, H-6'), 6.48 (dd, *J* = 8.1, 2.2 Hz, H-5'), 6.44 (d, *J* = 2.2 Hz, H-3') ของวงแหวน A และ B ตามลำดับ นอกจากนี้แสดงสัญญาณหมู่ methoxy จาก ^{1}H NMR ที่ δ_H 3.78 (s, –OCH_3-2') และ 3.75 (–OCH_3-4') สัญญาณ ^{1}H NMR แสดงลักษณะเฉพาะสารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ที่ δ_H 4.58 (t, *J* = 11.4 Hz, H-2), 4.46 (dd, *J* = 11.4, 5.4 Hz, H-2), 4.25 (dd, *J* = 11.4, 5.4 Hz, H-3) เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับสารประกอบที่มีการรายงานมาแล้ว สารประกอบ **IV** คือ sativanone (Chan et al., 1998)

นำสารบริสุทธิ์ทั้งหมด (**I-IV**) มาศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 527 ด้วย broth dilution assay และหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ (minimal inhibitory concentration, MIC) และฆ่าเชื้อ (minimum bactericidal concentration, MBC) พบว่าสารทั้งหมด มีค่า MIC อยู่ในช่วง 17.19 ถึง 88.75 μg/mL และมีค่า MBC อยู่ในช่วง 137.5 ถึง 177.5 μg/mL (Table 1)

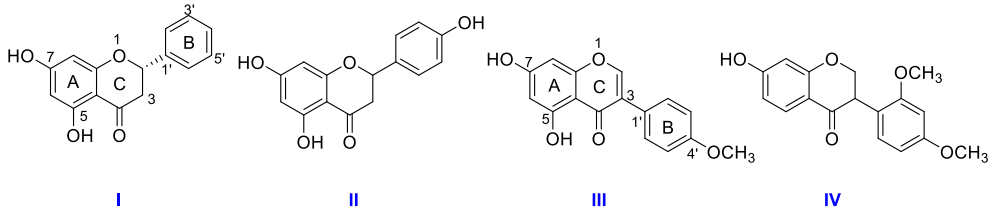


Figure 1 Structures of all isolated compounds **I–IV**

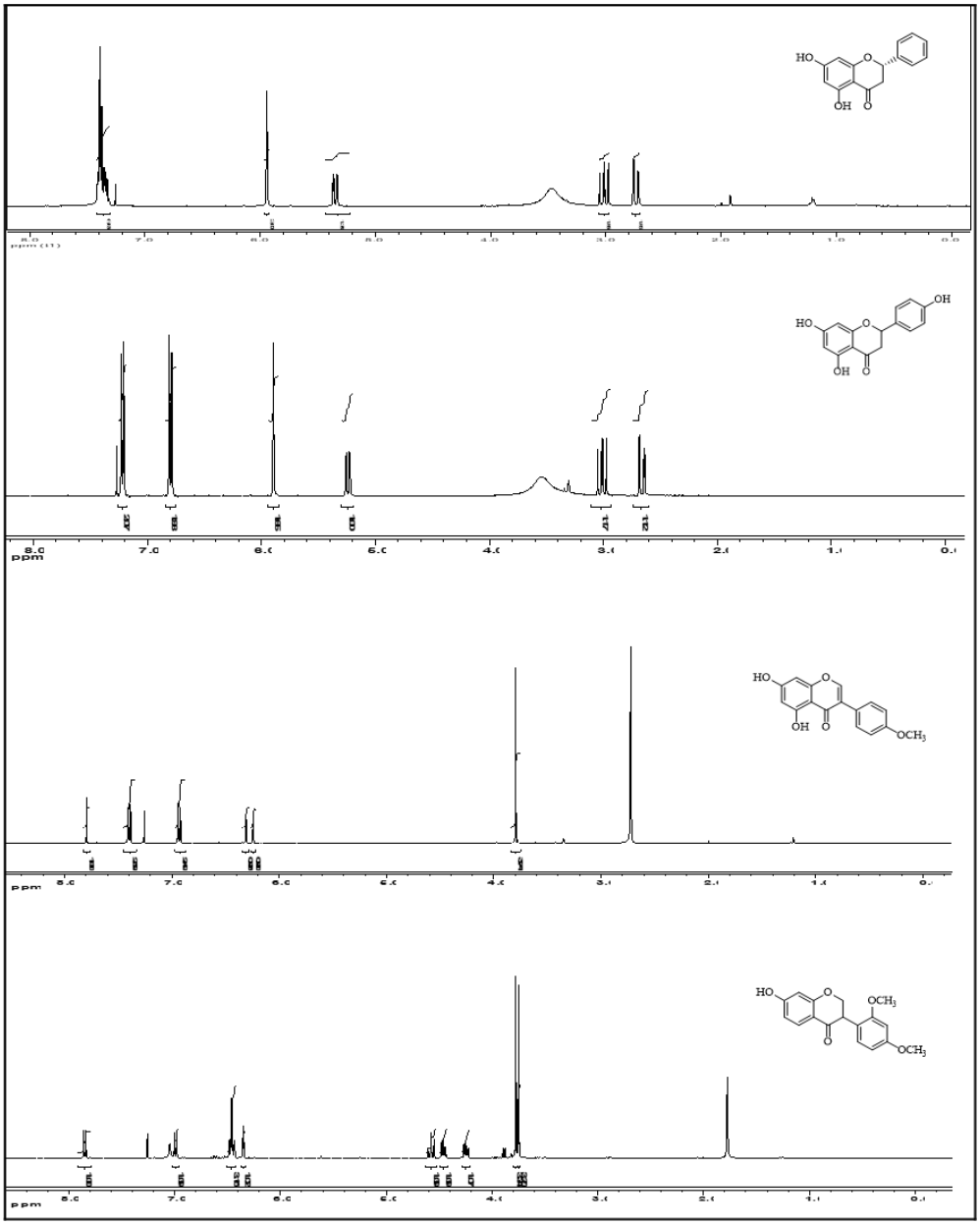


Figure 2 ^{1}H NMR spectra (400 MHz) of all isolated compounds **I–IV**

Table 1 Antibacterial activity of isolated compounds **I¬IV**

Compound	*E. coli* TISTR 527 (MIC μg/mL)	*E. coli* TISTR 527 (MBC μg/mL)
I	17.19	137.5
II	43.75	175
III	88.75	177.5
IV	39.37	157.5

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากส่วนสกัดหยาบเมทานอลของลำต้นสักขีด้วยเทคนิคทางโครมาโทรกราฟีและวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารทั้งหมดด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี เช่น IR, ^{1}H NMR และ ^{13}C NMR และเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีการรายงานมาแล้ว พบว่าสารทั้งหมดเป็นสารที่มีการรายงานโครงสร้างแล้ว คือ pinocembrin (**I**), naringenin (**II**), biochanin A (**III**), และ sativanone (**IV**) เมื่อนำสารทั้งหมดมาศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* TISTR 527 พบว่า pinocembrin (**I**) มีค่า MIC และ MBC ที่ดีที่สุด ด้วยค่า 17.19 μg/mL และ 137.5 μg/mL ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่เอื้อเฟื้อการใช้เครื่องมือ IR และ NMR และขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Boongapim, R., Ponyaim, D., Phiwthong, T., & Rattanasuk, S. (2021). In vitro antibacterial activity of Polyalthia debilis (Pierre) Finet & Gagnep Extracts against Klebsiella pneumoniae TISTR 1383. *Journal of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, 5*(2), 1-9. https://ph02.tcithaijo.org/index.php/jstrmu/article/view/247357/168331

Chan, S. C., Chang, Y. S., Wang, J. P., Chen, S. C., & Kuo, S. C. (1998). Three new flavonoids and antiallergic, anti-inflammatory constituents from the heartwood of *Dalbergia paviflora*. *Planta Medica, 64*(2), 153-158. https://doi.org/10.1055/s-2006-957394

Choi, S. Y., Ha, T. Y., Ahn, J. Y., Kim, S. R., Kang, K. S., Hwang, I. K., & Kim S. (2008). Estrogenic activities of isoflavones and flavones and their structure-activity relationships. *Planta Medica*, *74*(1), 25-32. https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-993760

El-Mahdy, M. A., Zhu, Q., Wang, Q. E., Wani, G., Patnaik, S., Zhao, Q., Arafa, S., Barakat, B., Mir, S. N., & Wani, A. A. (2008). Naringenin protects HaCaT human keratinocytes against UVB-induced apoptosis and enhances the removal of cyclobutane pyrimidine dimers from the genome. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, *84*(2), 307-316. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2007.00255.x

Gao, M., Liu, R., Zhu, S. Y., & Du, G. H. (2019). Pinocembrin Protects from AGE-Induced Cytotoxicity and Inhibits Non-Enzymatic Glycation in Human Insulin. *Cells*, *8*(5), 385. https://doi.org/10.3390/cells8050385

Hirai, S., Kim, Y. I., Goto, T., Kang, M. S., Yoshimura M., Obata, A., Yu, R., & Kawada, T. (2007). Inhibitory effect of naringenin chalcone on inflammatory changes in the interaction between adipocytes and macrophages. *Life Sciences*, *81*(16), 1272-1279. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2007.09.001

Liu, R. X., Li, L., Wang, Q., Wang, W., Bi, K.S., & Guo, D. A. (2005). Simultaneous determination of nine flavonoids in *Dalbergia odorifera* by LC. *Chromatographia*, *61*, 409-413. https://doi.org/10.1365/s10337-005-0520-0

Meesup, P., & Buachard, S. (2018). Efficiency of plant extracts against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Agricultural Science Journal*, *49*(2), 485-488. https://research.kpru.ac.th/research2/pages/filere/2132019-09-05.pdf

Pichiansunthorn, C., Chavalit, M., & Jeerawong, V. (1999). Text Book of Medicinal Plants. Bangkok: Amarin Printing and Publishing.

Promden, W., Monthakantirat, O., Umehara, K., Noguchi, H., & De-Eknamkul, W. (2014). Structure and Antioxidant Activity Relationships of Isoflavonoids from *Dalbergia parviflora*. *Molecules*, *19*(2), 2226-2237. https://doi.org/10.3390/molecules19022226

Rattanasuk, S., and Phiwthong, T. (2021). A new potential source of anti-pathogenic bacterial sunstances from *Zamioculcas zamiifolia* (Lodd.) Engl. Extracts. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *24*(2), 235-240. https://doi.org/10.3923/pjbs.2021.235.240

Smitinand, T. (1983). Valuable Economic Plants in Thailand Part **III**. The Forest Herbarium. Bangkok, Thailand: Royal Forest Department.

Songsiang, U., Hahnvajanawong, C., & Yenjai, C. (2011). Cytotoxicity of chemical constituents from the stems of *Dalbergia parviflora. Fitoterapia, 82*, 1169-1174. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.07.015

Umehara, K., Nemoto, K., Matsushita, A., Terada, E., Monthakantirat, O., De-Eknamkul, W., Miyase, T., Warashina, T., Degawa, M., & Noguchi, H. (2009). Flavonoids from the heartwood of the Thai medicinal plant *Dalbergia paviflora* and their effects on estrogenic-responsive human breast cancer cells. *Journal of Natural Products, 72*(12), 2163-2168. https://doi.org/10.1021/np900676y

Wang, Y., Gho, W. M., Chan, F. L., Chen, S., & Leung, L. K. (2008). The red clover (*Trifolium pratense*) isoflavone biochanin A inhibits aromatase activity and expression. *British journal of Nutrition, 99*(2), 303-310. https://doi.org/10.1017/S0007114507811974

Wongjiratthiti, A., Yottakot, S., Duangsupha, W., Saenmuang, S., & Hemtasin, C. (2019). Antimicrobial activity of medicinal plant extracts against food spoilage microorganisms. *Khon Kaen Agricultural Journal, 47*(SUPPL. 1), 1651-1656. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=168_Pat12.pdf&id=3641&keeptrack=8