



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดหยาบ
จากขมิ้นชันที่ได้จากการสกัดแบบปกติ และการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
**Comparison of the Inhibitory Efficiency of Crude Turmeric (*Curcuma longa* L.)
Extracts Derived from Conventional and Ultrasonic-Assisted Extraction against
*Escherichia coli***

พลอยชมพู สารรัตน์¹, อธิพร ราศรี², ธัญญา ทองด่านเหนือ^{1*} และ ธัญญรัตน์ สุขพร²

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย กาฬสินธุ์, ตำบลดงลิง, อำเภอภุมลาลัย, จังหวัดกาฬสินธุ์ 46130

*E-mail: contact@pcshsksn.ac.th

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดหยาบ จากขมิ้นชันที่ได้จากการสกัดแบบปกติและการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ได้จากวิธีการสกัด ที่แตกต่างกัน โดยเตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อด้วยวิธี agar diffusion ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดแบบปกติความเข้มข้น ร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และชุดควบคุมบวก (Penicillin) มีขนาดวงยับยั้งเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 7.83 ± 0.29 , 8.67 ± 0.28 , 9.00 ± 0.50 และ 20.00 ± 4.86 ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และชุดควบคุมบวก (Penicillin) มีขนาดวงยับยั้งเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 9.67 ± 1.76 , 10.33 ± 0.29 , 11.17 ± 3.69 และ 20.00 ± 4.86 ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยวิธีเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีกว่าสารสกัดแบบปกติในทุกความเข้มข้น และมีแนวโน้มในการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน, เชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli*, คลื่นอัลตราโซนิก

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร น้ำ และสิ่งแวดล้อม ถือเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบที่พบได้ทั่วไปในลำไส้ของคน และสัตว์ แม้ว่าเชื้อ *E. coli* บางสายพันธุ์จะไม่ก่อให้เกิดอันตราย แต่หากมีการปนเปื้อนในอาหารหรือแหล่งน้ำ อาจก่อให้เกิดอาการท้องเสีย อาหารเป็นพิษ และการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารได้ เชื้อดังกล่าวจึงเป็นตัวชี้วัดความไม่ปลอดภัย ด้านสุขาภิบาล ด้านสุขอนามัยของอาหาร และสิ่งแวดล้อม

การควบคุมและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคส่วนใหญ่อาศัยสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตาม

การใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะอย่างต่อเนื่องอาจก่อให้เกิดปัญหาการดื้อยาของเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของผู้บริโภค ในปัจจุบันมีการศึกษาสารจากธรรมชาติ โดยเฉพาะสมุนไพรไทย ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และมีความปลอดภัยสูงมากขึ้น เช่น ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นสมุนไพรไทยที่มีการใช้อย่างยาวนานทั้งในด้านอาหารการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก โดยสารออกฤทธิ์สำคัญในขมิ้นชัน ได้แก่ กลุ่มสารเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งประกอบด้วยเคอร์คูมิน เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน และบิเดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (Surajanametakul et al., 2010) ซึ่งมีรายงานว่า สามารถต้านอนุมูลอิสระด้านการอักเสบ (Gul & Bakt, 2015) และมีฤทธิ์ยับยั้ง

การเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด รวมถึงเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* (Hashim & Bakar, 2024) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของสารสกัดจากขมิ้นชันขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่ได้จากระบวนการสกัด ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ได้จากวิธีการสกัดแบบปกติและการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลต่อฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหรือไม่ ผลจากการศึกษานี้จะช่วยเพิ่มองค์ความรู้เกี่ยวกับผลของวิธีการสกัดต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัย และการประยุกต์ใช้ในระดับที่สูงขึ้นในอนาคตเพื่อสนับสนุนแนวทางการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างยั่งยืนลดการพึ่งพาสารเคมีในภาคการเกษตร และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันแบบปกติ

ซึ่งขมิ้นจำนวน 40 g แล้วผสมกับ เอทานอล 95% ปริมาตร 400 mL จากนั้นคนให้เข้ากันจนได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งสารละลายที่ได้ออกเป็น 4 ขวด Erlenmeyer ขวดละ 100 mL ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปสกัดในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยตั้งค่าความเร็วรอบที่ 300 rpm หลังสกัดแล้วนำสารละลายมาเทใส่หลอด centrifuge ขนาด 15 mL และปั่นด้วยความเร็ว 3,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกกากออก เก็บเฉพาะสารละลายส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรองลงใน Beaker แล้วระเหยเอทานอลออก โดยใช้ Hot plate ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารออกฤทธิ์ จนได้สารที่มีลักษณะขุ่น นำสารสกัดที่ได้บรรจุลงในขวดแก้วสีชาเพื่อป้องกันแสง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผสมสารสกัดขมิ้นชัน 5 mL กับ น้ำมันกานพลู 5 mL แล้วคนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว จากนั้นผสม Tween-80 ปริมาตร 8 mL และ PEG-400 ปริมาตร 2 mL แล้วคนให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ นำ oil phase และ surfactant phase มาผสมรวมกัน จากนั้นนำส่วนผสมลงในบีกเกอร์ จากนั้นวางลงในอ่างอัลตราโซนิก (ultrasonic bath) เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อได้สารสกัดที่ต้องการให้เก็บในภาชนะ ทึบแสง และเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อคงสภาพความเสถียรของอนุภาค

2.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ด้วยวิธี disc diffusion

นำจานเพาะเชื้อไปอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อ เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Nutrient Broth (NB) โดยผสม NB medium ในอัตราส่วน 2.25 : 250 (g/mL) แล้วแบ่งใส่หลอดทดลองขนาด 10 mL จำนวน 10 หลอด และ 15 mL จำนวน 15 หลอด พร้อมเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร เตรียม Nutrient Agar (NA) โดยผสมผง agar กับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 14 : 500 (g/mL) แล้วต้มจนผง NA ละลายและนำไปต้มใน Hot plate จนใส เท NA ลงในขวดแก้วสีชาและนำไปนิ่งฆ่าเชื้อด้วย autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำ NA ที่ยีสร้อนอยู่มาเทลงจานเพาะเชื้อภายใต้ตู้ชีวนิรภัยรอให้ NA แข็งตัวจากนั้นเปิดแสง UV ฆ่าเชื้อ 30 นาที และพักจานเพาะไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนใช้งาน เตรียมสารสกัดขมิ้นโดยใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 เตรียมสารควบคุมเชิงบวกโดยใช้ Penicillin 4 mg ผสมน้ำกลั่น 10 mL เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบฤทธิ์ด้านเชื้อ เตรียมสารควบคุมเชิงลบโดยใช้ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ เพื่อยืนยันว่าเขตยับยั้งที่เกิดขึ้นไม่ได้มาจากตัวทำละลายเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ในน้ำอาหารเหลว NB และบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในช่วงเจริญเต็มที่ ใช้ inoculation loop ต่เชื้อ

แล้วป้ายให้ทั่วผิวจานอาหารแข็ง NA เพื่อให้แบคทีเรียกระจายอย่างสม่ำเสมอ เตรียมแผ่นกระดาษกรองโดยเจาะเป็นแผ่นกลม และนำไปแช่ในสารต่าง ๆ ได้แก่ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ สารสกัดหยาบความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และสารละลายpenicillin วางแผ่นกระดาษที่แช่สารแล้วลงบนจานเพาะแบคทีเรียในตำแหน่งที่กำหนดอย่างเป็นระบบ บ่มจานเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อสังเกตการเกิดเขตยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียรอบแผ่นกระดาษ

2.4 ขั้นตอนการวัดขนาดวงยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli*

หลังการบ่มจานเพาะเชื้อจนเกิดบริเวณยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียรอบแผ่นกระดาษ (zone of inhibition) สังเกตตำแหน่งวงใสอย่างชัดเจน ใช้ไม้บรรทัดวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง และมีความแม่นยำ บันทึกค่าที่วัดได้จากแต่ละซ้ำของแต่ละกลุ่มทดลองลงในตารางข้อมูล นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D.) ของแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สารควบคุมบวก (Penicillin) และสารควบคุมลบ (น้ำกลั่น) เพื่อประเมินความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของแต่ละสารอย่างเป็นระบบ

3. ผลการทดลอง

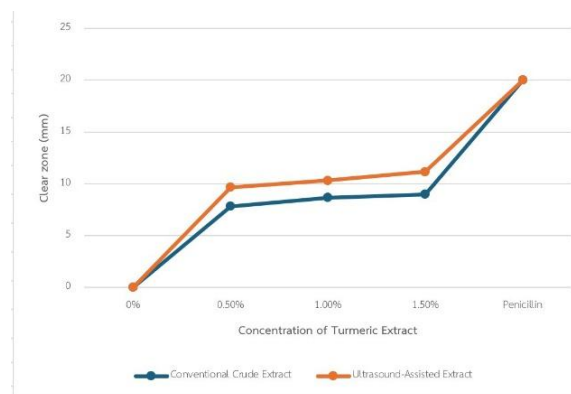
3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดสารสกัดขมิ้นชัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากขมิ้นชันในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* โดยดำเนินการทดสอบตามวิธีการที่กำหนด และบันทึกผลการทดลองในรูปแบบตารางเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ด้วยสารสกัดในรูปแบบต่าง ๆ

Concentration of Crude Extract (%)	Number of Tests (Replicates)	Conventional Crude Extract	Ultrasound-Assisted Crude Extract
		(Mean $\pm$ S.D.)	(Mean $\pm$ S.D.)
0.0	3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
0.5	3	7.83 $\pm$ 0.29	9.67 $\pm$ 1.76
1.0	3	8.67 $\pm$ 0.28	10.33 $\pm$ 0.29
1.5	3	9.00 $\pm$ 0.50	11.17 $\pm$ 3.69
Penicillin	3	20.00 $\pm$ 4.86	20.00 $\pm$ 4.86

รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ของสารสกัดขมิ้นชันรูปแบบการสกัดแบบปกติและการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในความเข้มข้นต่าง ๆ และสารควบคุม



จากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ได้โดยการสกัดแบบปกติที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 มีค่าเฉลี่ยของขนาดวงยับยั้งการเจริญเท่ากับ 0.00 $\pm$ 0.00, 7.83 $\pm$ 0.29, 8.67 $\pm$ 0.28, 9.00 $\pm$ 0.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่การสกัดแบบเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 0.00 ± 0.00 , 9.67 ± 1.76 , 10.33 ± 0.29 และ 11.17 ± 3.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าวิธีการสกัดแบบปกติในทุกระดับความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าวิธีการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ และแนวโน้มของขนาดวงยับยั้งเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ของสารสกัดขมิ้นชันที่ได้จากการสกัดแบบปกติและการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยวิธี agar diffusion ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 พบว่าสารสกัดทั้งสองวิธีสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด โดยการสกัดแบบปกติให้ขนาดวงยับยั้งเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 7.83 ± 0.29 , 8.67 ± 0.28 , 9.00 ± 0.50 มิลลิเมตร ส่วนการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 9.67 ± 1.76 , 10.33 ± 0.29 และ 11.17 ± 3.69 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าวิธีการสกัดแบบปกติในทุกระดับความเข้มข้น

ชุดควบคุมลบไม่พบวงยับยั้ง แสดงว่าตัวทำละลายไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ ขณะที่ชุดควบคุมบวกให้วงยับยั้งสูงที่สุด 20.00 ± 4.86 มิลลิเมตร ยืนยันความถูกต้องของการทดลอง โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าการสกัดแบบอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.50 และ 1.00 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ที่ร้อยละ 1.5 ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) ส่วนการสกัดแบบปกติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับ ความเข้มข้น ($p < 0.05$) สรุปได้ว่าการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัดขมิ้นชันในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีกว่าวิธีการสกัดแบบปกติ

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทั้งที่สกัดด้วยวิธีปกติและการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ

ด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัดขมิ้นชันในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีกว่าวิธีการสกัดแบบปกติ *E. coli* ได้ โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยวิธีปกติให้ ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 ให้ขนาดวงยับยั้งเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 7.83 ± 0.29 , 8.67 ± 0.28 และ 9.00 ± 0.50 มิลลิเมตร ส่วนการสกัดเสริมด้วยคลื่นอัลตราโซนิกให้ ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 ขนาดวงยับยั้งเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 9.67 ± 1.76 , 10.33 ± 0.29 และ 11.17 ± 3.69 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าวิธีสกัดแบบปกติในทุกระดับความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดและการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Chahom และ Chaisakdanugull (2017), Insuan และคณะ (2022), Hashim และ Bakar (2024) และ Odo และคณะ (2023) ที่รายงานว่า การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัดขมิ้นชันและสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพิ่มเติม เช่น เวลาในการอัลตราโซนิก กำลังคลื่น และอุณหภูมิ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารออกฤทธิ์ ในช่วงความเข้มข้นของสารสกัดให้กว้างขึ้น เพื่อให้เห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้ชัดเจนยิ่งขึ้น มีการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดจากขมิ้นชัน เช่น เคอร์คูมิน โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น UV-Vis หรือ HPLC เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารออกฤทธิ์กับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จากสาขาเคมีและชีววิทยา โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เลย



เอกสารอ้างอิง

ทับเที่ยง, ป. (2568). การตรวจวิเคราะห์

Coliform bacteria และ Escherichia coli. ในอาหาร (ฉบับปรับปรุง). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สถาบันจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การเพาะเลี้ยงและ
 อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (**Bacterial culture & bacterial culture media**).

Ahmad, N., Ahmad, R., Al-Qudaihi, A., Alaseel, S.E., Fita, I. Z., Khalid, M. S., & Pottou, F. H.

(2019). **Preparation of a novel curcumin nanoemulsion by ultrasonication and its comparative effects in wound healing and the treatment of inflammation.** RSCAdvances, 10(46), 27322.

Odo, E. O., Ikwuegbu, J. A., Obeagu, E. I., Chibueze, S. A., และ Ochiaka, R. E. (2023). **Analysis of the antibacterial effects of turmeric on particular bacteria.** Medicine, 102(48), e36492.

Soripada, T. A., Tandanu, E., และ Ikhtiari, R. (2566). การศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของขมิ้นขาว (**Curcuma zedoaria**) ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย DES และคลื่นอัลตราโซนิก. Jurnal Pendidikan Kimia, 15(3), 229-234.

Surojanametakul, V., Satmalee, P., Saengprakai, Siliwan, D., & Wattanasiritham, L. (2010). **Preparation of curcuminoid powder from turmeric root (*Curcuma longa* L.) for food ingredient use.** Kasetsart Journal (Natural Science), 44(1), 123–130.

Zhang, Y. และคณะ. (2023). ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และกลไกของเคอร์คูมินต่อ **Escherichia coli** วารสารAntibiotics.