สบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อม

ANTIBACTERIAL SOAPS CONTAINING THE CRUDE EXTRACTS OF PHYLLANTHUS EMBLICA LINN. FRUITS

พัชราภรณ์ ฐิติวงศ์เศวต* *เสาวลักษณ์ วงษ์จันลา วิจิตรา จันดาวงศ์*

Patcharaporn Thitiwongsawet, Saowaluck Wongjanla, Wijittra Jandawong*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University.

****Corresponding author, E-mail:** tpatchar@engr.tu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดผลมะขามป้อมซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่พบมากในประเทศไทย รวมถึงตรวจสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อม เตรียมสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบและทดสอบคุณสมบัติด้านกายภาพ ด้านเคมี และการต้านเชื้อแบคทีเรียของสบู่ ขั้นตอนการสกัดเริ่มจากการอบแห้งผลมะขามป้อมสดและบดเป็นผงแล้วนำมาสกัดโดยเมทานอล จากนั้นนำสารสกัดหยาบจากเมทานอลมาแยกชั้นต่อด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลอะซีเตต และบิวทานอล ตามลำดับ สารสกัดในตัวทำละลายแต่ละชั้นจะนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียโดยวิธี agar diffusion โดยทดสอบกับแบคทีเรียสองชนิดคือ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* พบว่าสารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์แสดงคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียดีกว่าชั้นเอทิลอะซีเตตและบิวทานอลตามลำดับ ร้อยละผลผลิตของสารสกัดชั้นบิวทานอลมีค่ามากกว่าชั้นเอทิลอะซีเตตและไดเอทิลอีเทอร์ ตามลำดับ จากนั้นเตรียมสบู่จากน้ำมันปาล์มผสมน้ำมันดอกทานตะวัน และเติมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและบิวทานอลที่ความเข้มข้น 5%, 7.5% และ 10% โดยน้ำหนัก แล้วนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียอีกครั้ง พบว่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้คือสบู่ที่ผสมสารสกัด 5% สำหรับทั้งชั้นเอทิลอะซีเตตและบิวทานอล นอกจากนี้สบู่ดังกล่าวยังมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทสบู่ก้อน (มผช. 94-2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประเภทสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ (มอก. 29-2545)

คำสำคัญ: สบู่ต้านเชื้อแบคทีเรีย มะขามป้อม สกัด

Abstract

This research aims to study the extraction of Indian gooseberry (*Phyllanthus emblica* Linn.) fruit, a local herb in Thailand, and investigate an antibacterial activity of the crude extracts. Soaps containing the crude extracts were prepared and tested for the physical, chemical, and antibacterial properties. Firstly, the fresh gooseberry fruits were dried and grounded. The obtained powders were extracted by methanol. The methanolic extracts were then partitioned by diethyl ether, ethyl acetate, and butanol, respectively. Each fraction was studied for the

antibacterial activity by agar diffusion method. Two kinds of microbial were used including *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The diethyl ether fraction showed the highest antibacterial activity, followed by the ethyl acetate and butanol fractions, respectively. The percent yield of the butanol fraction was higher than that of the ethyl acetate and diethyl ether fractions, respectively. Either the ethyl acetate or butanol fractions were then loaded into the soap at the concentrations of 5%, 7.5%, and 10% w/w. The soap used in this work was made from the combination of palm oil and sunflower oil. The antibacterial property of soaps was investigated. The results showed that, for both kinds of the fractions, the minimal concentration of the fraction in the soap that can inhibit both bacteria was 5% w/w. The physical and chemical properties of soaps have met the Thai Community Product Standard of soap (TCPS 94-2546) and the Thai Industrial Standard, sub-type: antimicrobial soap (TIS 29-2545).

Keywords: Antibacterial Soap, *Phyllanthus emblica* Linn., Gooseberry, Extraction

บทนำ

บริเวณผิวหนังของมนุษย์มีเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดอาศัยอยู่ หากทำความสะอาดผิวหนังได้ไม่ดีเพียงพอ เชื้อที่อาศัยบนผิวหนังเหล่านี้อาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ *S. aureus* เป็นเชื้อที่พบมากบริเวณผิวหนัง และเป็นเชื้อก่อโรคหลายชนิด เช่น การเกิดผื่นคัน ตุ่มหนอง หรืออาจผ่านชั้นผิวหนังเข้าสู่กระแสเลือดและก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคปอดบวม โรคติดเชื้อในกระดูกและติดเชื้อในกระแสเลือดได้ [1] การใช้สบู่ที่เติมสารระงับเชื้อประเภทสารเคมีสังเคราะห์ เช่น อัลกอฮอล์ ไตรโคลซาน เพื่อทำความสะอาดร่างกายจะช่วยกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ดี แต่พบว่าอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองและเกิดการดื้อยาได้หากใช้เป็นระยะเวลานาน [1] การใช้สบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียที่มีส่วนผสมของสมุนไพรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อแทนที่การใช้สารเคมีสังเคราะห์ จากการสำรวจตลาดในปี พ.ศ. 2557 พบว่าสบู่สมุนไพรเป็นที่นิยมมากขึ้นและมีส่วนแบ่งในตลาดสบู่มากถึง 16% [2] เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล และคณะ [3] ได้เตรียมสารสกัดดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta*) ด้วยตัวทำละลายเอทานอล และแยกชั้นด้วยเฮกเซนคลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตต และน้ำ ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ของสารสกัดในชั้นต่างๆ จากนั้นนำสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตซึ่งมีฤทธิ์สูงสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดมาเตรียมเป็นสบู่ก้อน พบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดดอกดาวเรือง 40% w/w มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อผ่านเกณฑ์ มอก. 29-2545 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียในรูปสบู่เหลวเช่นกัน ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ และคณะ [4] ได้เตรียมสารสกัดจากสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม กระชาย ขมิ้นชัน และหัวไชเท้า และศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลและชุมชน พบว่าสบู่เหลวที่ความเข้มข้นของสารสกัด 5% v/v มีเพียงสารสกัดของกระเทียมเท่านั้นที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ MRSA ได้

มะขามป้อมจัดเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจ มะขามป้อมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllanthus emblica* Linn. และชื่อสามัญคือ

Indian gooseberry จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประเทศไทยจะพบได้ตามป่าเบญจพรรณแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าแดงทั่วๆ ไปมีมากทางภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [5] มะขามป้อมถูกใช้เป็นยาสมุนไพรของไทยมาช้านานแล้ว นำมาใช้รักษาโรคได้หลายชนิด เช่นใช้เป็นสมุนไพรถ่ายพยาธิ รักษาโรคเลือดออกตามไรฟันหรือลักปิดลักเปิด แก้ไอขับเสมหะ [6] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการสกัดมะขามป้อมจากผล [7-10] และใบ [11-12] และศึกษาสมบัติต่างๆ ของสารสกัดที่ได้ องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากมะขามป้อมเป็นสารประเภทฟีนอลเป็นส่วนใหญ่ มีรายงานพบว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของพืชและผลไม้หลายชนิดสามารถยังยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และระดับการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลที่อยู่ในสารสกัด [13] Wei Luo และคณะ [8] ได้ทำการสกัดผลมะขามป้อมด้วยเมทานอลและแยกองค์ประกอบต่างๆ พบว่าประกอบด้วย gallic acid, ellagic acid, mucic acid 1,4-lactone 3-*O*-gallate, isocorilagin, chebulanin, chebulagic acid และ mallotusinin การศึกษาจำนวนมากพบว่ามะขามป้อมมีคุณสมบัติหลายประการได้แก่ คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน [8] การต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งประเภทแกรมบวกและแกรมลบ [7, 10-11] การต้านการอักเสบและลดไข้ [12] การต้านเชื้อรา [7] การยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง [8] และรักษาโรคท้องเสียได้ [9] งานวิจัยนี้จึงสนใจสกัดผลมะขามป้อม เตรียมสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบจากมะขามป้อม และศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสบู่ที่ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสกัดและศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อม

2. เพื่อเตรียมสบู่ก้อนที่เติมสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อมที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

3. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสบู่ก้อนที่เติมสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อม

4. เพื่อศึกษาสมบัติของสบู่ก้อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทสบู่ก้อน (มผช. 94-2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 29-2545) ในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ (Antimicrobial Soap)

วิธีดำเนินการวิจัย

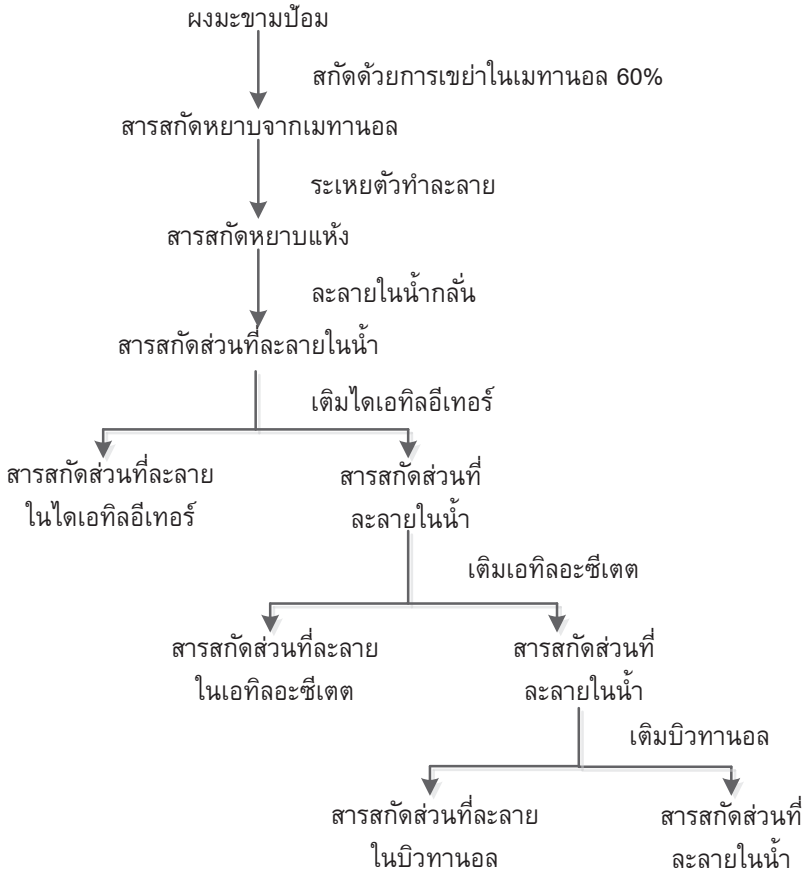
การสกัดผลมะขามป้อม

วิธีการสกัดผลมะขามป้อมสรุปได้ดังภาพที่ 1 เริ่มจากนำผลมะขามป้อมมาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด นำผงมะขามป้อมที่ได้ 100 กรัม มาสกัดด้วยเมทานอล 60% (v/v) ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร โดยเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และกรองสารสกัดที่ได้ด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำกากที่เหลือมาทำการสกัดซ้ำด้วยเมทานอลอีกครั้งหนึ่งตามวิธีข้างต้น และรวมสารสกัดที่ได้จากทั้งสองครั้งเข้าด้วยกัน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary Evaporator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นำสารสกัดหยาบชั้นเมทานอล 20.0 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร และนำมาแยกชั้นด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ซึ่งมีความมีขั้วแตกต่างกัน ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลอะซีเตต และบิวทานอล อย่างละ 400 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำสารสกัดที่ได้แต่ละชั้นไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน บันทึกน้ำหนักสารสกัดที่ได้ และคำนวณหาร้อยละผลผลิตจากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละผลผลิต (\%yield)} = \frac{\text{ปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้ (กรัม)}}{\text{ปริมาณผงมะขามป้อมแห้ง (กรัม)}} \times 100\%$$

การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี Agar Diffusion

นำสารสกัดที่ได้แต่ละชั้นมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี agar diffusion โดยศึกษากับแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก และ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ โดยละลายสารสกัดที่ได้ด้วยไดเมทิลซัลฟอกไซด์ และเตรียมให้อยู่ในแผ่นกระดาษกรอง (Paper Disc) วางไว้ในจานเพาะเชื้อแบคทีเรียและปล่อยให้เชื้อเจริญเติบโตเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นสามารถอ่านผลได้โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวงใส (Mean Diameter of Clear Zone) ในการทดลองนี้ใช้ไดเมทิลซัลฟอกไซด์เป็นตัวควบคุมแบบลบ และใช้เตตระไซคลิน (Tetracycline) เป็นตัวควบคุมแบบบวก



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสกัดผลมะขามป้อม

การเตรียมสบู่

การเตรียมสบู่ในงานวิจัยนี้จะใช้สูตรสบู่ที่เตรียมจากน้ำมันปาล์มผสมน้ำมันดอกทานตะวัน และผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอล ที่ความเข้มข้น 5%, 7.5%, และ 10% โดยน้ำหนัก โดยมีปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้ไม่ได้เลือกใช้สารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์ เนื่องจากมีร้อยละผลผลิตน้อยเกินไป จนไม่สามารถนำมาใช้ได้ ขั้นตอนการเตรียมสบู่เริ่มจากการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น จากนั้นผสมน้ำมันสองชนิดให้เข้ากันจากนั้นนำไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส รอให้อุณหภูมิของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และน้ำมันใกล้เคียงกัน จากนั้นค่อยๆ เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปผสมกับน้ำมัน ใช้แท่งแก้วคนเรื่อยๆ จนกว่าสารจะเริ่มหนืด (ประมาณ 15-30 นาที) ในขั้นตอนนี้ไม่ต้องให้ความร้อน นำสารละลายที่เข้ากันดีแล้วใส่ลงไปในแม่พิมพ์แล้วคลุมด้วยพลาสติกห่ออาหาร เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา Saponification จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงเพื่อให้สบู่แข็งตัว จากนั้นนำสบู่ไปทดสอบหาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *E. coli* และ *S. aureus* ด้วยวิธี Agar Diffusion อีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสบู่ที่ผสมสารสกัดจากผลมะขามป้อม

ส่วนประกอบ	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)					
	สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต			สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล		
	5%	7.5%	10%	5%	7.5%	10%
น้ำมันปาล์ม	12	12	12	12	12	12
น้ำมันดอกทานตะวัน	8	8	8	8	8	8
โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
น้ำ	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
สารสกัดหยาบ	1	1.5	2	1	1.5	2

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของสบู่ตามเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป

นำสบู่ที่แสดงสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียที่ดีที่สุดมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป ดังนี้

1. คุณสมบัติทั่วไป เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ทำโดยการตรวจพินิจ

2. การทดสอบความเป็นกรด-เบส ชั่งตัวอย่างสบู่ 1 กรัม และเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ใช้เครื่อง pH meter วัดค่าความเป็นกรด-เบส

3. การทดสอบปริมาตรและความคงทนของฟอง ชั่งตัวอย่างสบู่ 1 กรัม เติมน้ำกลั่นจำนวน 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วเทใส่กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้จุกยางหรือพาราฟิล์มปิดปากกระบอกตวงให้สนิท เขย่า 40 ครั้ง ทิ้งไว้ 1 นาที ดูปริมาณของฟองว่าเป็นกี่มิลลิลิตร และนำค่าน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร มาลบออกจะเป็นค่าของฟองที่ได้

4. การทดสอบความเป็นเมือกที่ผิวชั้นนอก นำตัวอย่างสบู่มาล้างมือนาน 45 นาที เพื่อให้เกิดสภาพการใช้งาน และนำตัวอย่างสบู่ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องนาน 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างสบู่มาผึ่งให้แห้งข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง ทดสอบความเป็นเมือกที่ผิวชั้นนอกโดยบีบด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้

5. การทดสอบอัตราการสึกกร่อนของสบู่ ชั่งก้อนสบู่ 10 กรัม จุ่มสบู่ลงในน้ำอุ่น 40 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที นำขึ้นมาหมุนในมือจำนวน 40 รอบ ล้างฟองทิ้ง 1 ครั้ง ทำซ้ำจำนวนวันละ 4 ครั้ง ติดต่อกัน 2 วัน นำสบู่มาทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนักหลังการใช้ คำนวณหาค่าการสึกกร่อนของเนื้อสบู่

การศึกษาสมบัติทางเคมีของสบู่ก้อนตามเกณฑ์ มผช. และเกณฑ์ มอก.

นำสบู่ที่แสดงสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียที่ดีที่สุดมาทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทสบู่ก้อน (มผช. 94-2546) [14] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 29-2545) ประเภทสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ [15] ได้แก่ ปริมาณไขมันทั้งหมด (ตาม ISO 685:1975) ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล (ตาม ISO 673:1981) ปริมาณไฮดรอกไซด์อิสระ (ตาม ISO 456:1973) และปริมาณคลอไรด์ (ตาม ISO 4323:1977)

ผลการวิจัย

ร้อยละผลผลิตของสารสกัด

มะขามป้อมที่ได้หลังการอบแห้งและบดละเอียดมีความชื้นร้อยละ 2.3% การสกัดผลมะขามป้อมเมื่อใช้เนื้อมะขามป้อมแห้งปริมาณ 500 กรัม จะได้สารสกัดในแต่ละชั้นตัวทำละลายในปริมาณต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเมทานอลมีค่าเท่ากับ 20% เมื่อนำมาแยกชั้นด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ จะได้ร้อยละผลผลิตของสารสกัดในชั้นบิวทานอลมากที่สุด รองลงมาคือชั้นน้ำ ชั้นเอทิลอะซีเตต และชั้นไดเอทิลอีเทอร์ตามลำดับ ทั้งนี้จะสังเกตได้ว่าสารสกัดในชั้นบิวทานอลมีร้อยละผลผลิตมากกว่าสารสกัดชั้นอื่นๆ โดยปริมาณสารที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายซึ่งพิจารณาได้จากความมีขั้วขององค์ประกอบในสารสกัดมะขามป้อมและชนิดตัวทำละลาย โดยจากผลการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดมะขามป้อมมีความมีขั้วใกล้เคียงกับบิวทานอลมากที่สุด อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแต่ละชั้นในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดแต่ละชั้น

ชั้นของสารสกัด	น้ำหนักของสารสกัดที่ได้ (กรัม)	ปริมาณร้อยละผลผลิต (%yield)
สารสกัดหยาบเมทานอล	100.0	20.0
สารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์	1.6	0.32
สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต	25.5	5.1
สารสกัดชั้นบิวทานอล	35.1	7.0
สารสกัดชั้นน้ำ	34.2	6.8

การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแต่ละชั้น

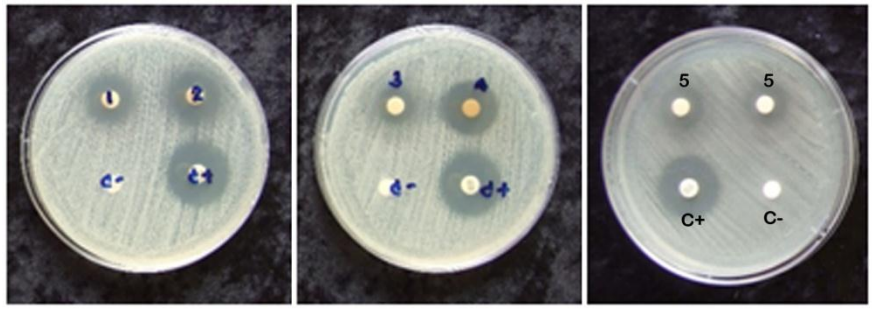
จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดที่ได้กับเชื้อ *S. aureus* ด้วยวิธี agar diffusion พบว่าสารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสมากกว่าสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต ชั้นบิวทานอล ชั้นน้ำ และสารสกัดหยาบจากเมทานอลตามลำดับ ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 2 สำหรับการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *E. coli* ให้ผลที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกันคือ

สารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสมากที่สุด รองลงมาคือชั้นเอทิลอะซีเตต และชั้นบิวทานอลตามลำดับ สำหรับชั้นน้ำและสารสกัดหยาบจากเมทานอล ไม่แสดงผลวงใส ดังตารางที่ 3 สำหรับตัวแปรควบคุมในการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียในที่นี้คือเตตระไซคลิน

ตารางที่ 3 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากผลมะขามป้อมต่อเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli*

ชั้นของสารสกัด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวงใส (มิลลิเมตร)	
	S. aureus	*E. coli*
สารสกัดหยาบเมทานอล	14.0 ± 0.4	0
สารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์	19.8 ± 0.5	4.4 ± 0.1
สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต	17.2 ± 0.5	3.0 ± 0.6
สารสกัดชั้นบิวทานอล	16.3 ± 0.6	1.5 ± 0.3
สารสกัดชั้นน้ำ	14.1 ± 0.4	0
เตตระไซคลิน	23.2 ± 0.5	19.0 ± 0.4

จากตารางที่ 3 จะพบว่าสารสกัดมะขามป้อมในตัวทำละลายทุกชนิดสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่า *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tantipaibul และคณะ [13] ซึ่งพบว่าสารสกัดจากเปลือกผลไม้บางชนิดสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อชั้นนอก (Outer Membrane) และ Periplasmic Space โดยมีสารไลโพพอลิแซคคาไรด์อยู่ที่เยื่อชั้นนอก ซึ่งจะเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสารได้ดี แต่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีเยื่อชั้นนอกและสารกั้นการซึมผ่านนี้ จึงอาจเป็นสาเหตุที่แบคทีเรียแกรมลบสามารถต้านทานฤทธิ์ของสารชนิดต่างๆ ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัดชั้นต่างๆ ดังนี้
1) สารสกัดชั้นบิวทานอล 2) สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต
3) สารสกัดหยาบจากเมทานอล 4) สารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์ 5) สารสกัดชั้นน้ำ

หมายเหตุ: C- คือ ตัวอย่างควบคุมแบบลบ ในที่นี้คือสารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์
C+ คือ ตัวอย่างควบคุมแบบบวก ในที่นี้คือเตตระไซคลิน

การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสบู่ที่ผสมสารสกัดจากผลมะขามป้อม

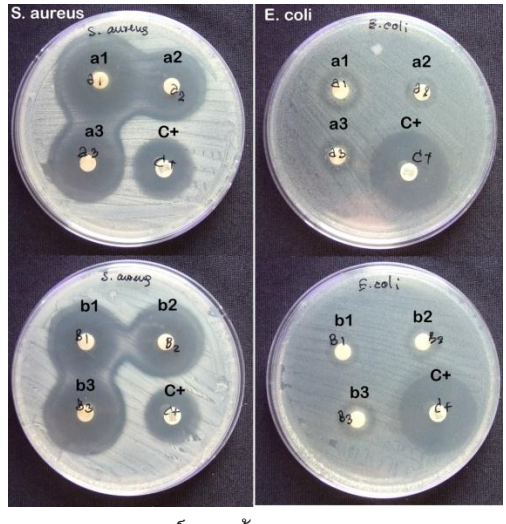
จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียข้างต้นพบว่าสารสกัดชั้นไดเอทิลอะซีเตตมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามสารสกัดชั้นไดเอทิลอะซีเตตสามารถสกัดได้น้อยมาก ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างพอเพียง ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงได้เลือกนำสารสกัดเพียงสองชนิดได้แก่สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและสารสกัดชั้นบิวทานอลมาใช้เติมลงในสบู่เท่านั้น โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 5%, 7.5% และ 10% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เพื่อหาปริมาณของสารสกัดที่น้อยที่สุดที่ทำให้สบู่เริ่มออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4 ผลการทดสอบการต้านเชื้อ *S. aureus* พบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* มากกว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล โดยพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส อีกทั้งยังพบว่าสบู่ที่เติมสารสกัดทั้งสองชนิดสามารถต้านเชื้อ *S. aureus* ได้มากกว่าตัวอย่างควบคุมในที่นี้คือเตตระไซคลินอีกด้วย ซึ่งพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอลมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสอยู่ในช่วง 29-33 มิลลิเมตร ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมเตตระไซคลินมีค่าประมาณ 21 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบสบู่ที่ผสมสารสกัดชนิดเดียวกันแต่ใช้ความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 5 7.5 และ 10% พบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสใกล้เคียงกันทั้งกรณีของสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอล จึงกล่าวได้ว่าความเข้มข้นของสารสกัดน้อยที่สุดที่ออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียได้คือที่ความเข้มข้น 5% ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผสมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 5% พบว่าไม่ออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

ส่วนกรณีของการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* พบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* มากกว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอลเช่นเดียวกับกรณีของแบคทีเรีย *S. aureus* ซึ่งพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอลมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสประมาณ 15 และ 13 มิลลิเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสบู่ที่ผสมสารสกัดทั้งสองชนิดนี้ออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมเตตระไซคลินซึ่งแสดงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสประมาณ 32 มิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ของสบู่ชนิดใดก็ตามจะพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดมะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้มากกว่าเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ โดยสังเกตได้จากขนาดของวงใส ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiaoli Liu และคณะ [7] ที่ศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากผลมะขามป้อมและรายงานว่าแบคทีเรียชนิดแกรมบวกมีความว่องไว (Sensitive) ต่อฤทธิ์ของสารสกัดมากกว่าแบคทีเรียชนิดแกรมลบ และสอดคล้องกับรายงานของ Tantipaibul และคณะ [13] ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นเช่นกัน

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและสารสกัดชั้นบิวทานอลต่อเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli*

ชั้นของสารสกัด	เปอร์เซ็นต์ของสารสกัด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวงใส (มิลลิเมตร)	
		S. aureus	*E. coli*
สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต	5%	32.1 ± 0.8	15.5 ± 0.7
	7.5%	31.3 ± 0.7	15.0 ± 0.6
	10%	32.6 ± 0.9	15.2 ± 0.6
สารสกัดชั้นบิวทานอล	5%	30.8 ± 0.9	13.5 ± 0.5
	7.5%	29.5 ± 0.8	13.5 ± 0.5
	10%	31.0 ± 0.8	14.0 ± 0.4
เตตระไซคลิน	-	21.0 ± 0.9	32.0 ± 0.9



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ของสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นต่างๆ ดังนี้

a1) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต 5% a2) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต 7.5%
a3) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต 10% b1) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล 5%
b2) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล 7.5% b3) สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล 10%

หมายเหตุ: C+ คือตัวอย่างควบคุมแบบบวก ในที่นี้คือเตตระไซคลิน

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สบู่

จากผลการทดลองข้างต้นซึ่งพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตหรือสารสกัดชั้นบิวทานอลที่ความเข้มข้น 5% มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ ดังนั้นจึงได้นำสบู่ทั้งสองชนิดดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของสบู่เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 ผลการทดสอบพบว่าสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีสีน้ำตาลอ่อน และจากการสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของสบู่พบว่ามีลักษณะเป็นก้อนแข็ง

เนื้อเนียนละเอียด พบฟองอากาศภายในก้อนสบู่เล็กน้อย ส่วนสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดชั้นบิวทานอลนั้นพบว่ามีสีน้ำตาลเข้มกว่าสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต และจากการสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของสบู่พบว่ามีลักษณะเป็นก้อนแข็ง เนื้อเนียนละเอียด และพบฟองอากาศภายในก้อนสบู่เล็กน้อยเช่นเดียวกันกับสบู่ที่มีส่วนผสมของสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต ค่าความเป็นกรด-เบส ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดในช่วง pH 8-10 ในส่วนของปริมาตรของฟองพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีปริมาตรของฟองเท่ากับ 60 มิลลิลิตร คิดปริมาตรของฟองได้เป็น 3 เท่า ของปริมาตรน้ำสบู่ที่เตรียมสำหรับทดสอบ และสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอลมีปริมาตรของฟองเท่ากับ 75 มิลลิลิตร คิดปริมาตรของฟองได้เป็น 3.75 เท่า ของปริมาตรน้ำสบู่ที่เตรียมสำหรับทดสอบ ซึ่งปริมาตรของฟองที่ได้จากสบู่ทั้งสองชนิดถือว่ามีปริมาตรของฟองมากพอสมควร สำหรับความคงตัวของฟองของสบู่ทั้งสองชนิดเท่ากับ 115 และ 140 นาที ตามลำดับ นับว่ามีความคงตัวของฟองมากพอสำหรับการใช้ในแต่ละครั้ง ในส่วนของผลทดสอบความเป็นเมือก พบว่าสบู่ทั้งสองชนิดมีความเป็นเมือกเล็กน้อย นอกจากนี้ผลการทดสอบการสึกกร่อนของก้อนสบู่ พบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีค่าการสึกกร่อนเท่ากับ 1.1% ต่อการใช้ 1 ครั้ง และสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอลมีค่าการสึกกร่อนเท่ากับ 3.3% ต่อการใช้ 1 ครั้ง ซึ่งถือได้ว่าสบู่ทั้งสองชนิดมีการสึกกร่อนที่น้อยมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพทั้งหมดผ่านเกณฑ์กำหนดพื้นฐานของสบู่ทั่วไปทุกข้อ สำหรับผลการทดลองที่พบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอลมีการสึกกร่อนมากกว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต อาจเนื่องมาจากบิวทานอลเป็นสารที่มีขั้วมากกว่าเอทิลอะซีเตต ดังนั้นองค์ประกอบทางเคมีในสารสกัดชั้นบิวทานอลจะเป็นสารที่มีขั้วมากกว่าองค์ประกอบในชั้นเอทิลอะซีเตต จึงอาจทำให้สามารถละลายน้ำขณะใช้งานได้มากกว่า ส่งผลให้มีการสึกกร่อนมากกว่า

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอลที่ความเข้มข้น 5%

การทดสอบ	ผลการทดสอบ		เกณฑ์ที่กำหนด
	สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต	สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล	
ลักษณะทั่วไป	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
ความเป็นกรด-เบส (pH)	8	8.7	pH 8-10
ปริมาตรของฟอง (มิลลิลิตร)	60	75	มีปริมาตรมากพอ
ความคงตัวของฟอง (นาที)	115	140	มีความคงตัวของฟองดี
ความเป็นเมือก	เป็นเมือกเล็กน้อย	เป็นเมือกเล็กน้อย	ไม่เกิดเมือก หรือเกิดน้อยที่สุด
การสึกกร่อนของก้อนสบู่ (%/การใช้ 1 ครั้ง)	1.1%	3.3%	เกิดการสึกกร่อนน้อยที่สุด

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสบู่ตามเกณฑ์ มผช. และเกณฑ์ มอก.

สบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมได้จากข้างต้นถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสบู่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 94-2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 29-2545) เพื่อตรวจสอบว่าสบู่ที่ได้นั้นมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้ได้จริง และปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคหรือไม่ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล ปริมาณไฮดรอกไซด์อิสระ และปริมาณคลอไรด์ จากผลการทดสอบพบว่าสบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดจากมะขามป้อมชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอลผ่านเกณฑ์ มผช. 94-2546 และ มอก. 29-2545 ทุกข้อ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอล ที่ความเข้มข้น 5% ตามเกณฑ์ มผช. 94-2546 และ มอก. 29-2545

การทดสอบ	ผลการทดสอบ		เกณฑ์ที่กำหนด
	สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตต	สบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอล	
ปริมาณไขมันทั้งหมด	85.12	85.36	ไม่น้อยกว่า 76.5
ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล	1.75	1.77	ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน 2.5
ปริมาณไฮดรอกไซด์อิสระ	ไม่พบ	ไม่พบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน 0.05
ปริมาณคลอไรด์	0.0441	0.0453	ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน 0.8

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองในส่วนของการเตรียมสารสกัดหยาบจากผลมะขามป้อมพบว่าสารสกัดชั้นบิวทานอลมีปริมาณร้อยละผลิตผลมากที่สุด รองลงมาคือชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นไดเอทิลอีเทอร์ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดในแต่ละชั้นที่ได้ไปทำการศึกษาคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียพบว่าสารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์เป็นชั้นที่ดีที่สุดในการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* รองลงมาคือชั้นเอทิลอะซีเตต บิวทานอล น้ำ และเมทานอลตามลำดับ และเมื่อนำสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตและบิวทานอล ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระดับหนึ่งและมีปริมาณร้อยละผลผลิตมากกว่าสารสกัดชั้นไดเอทิลอีเทอร์มาผสมเพื่อทำสบู่ต้านเชื้อแบคทีเรีย พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดทั้งสองชั้นที่ทำให้สบู่เริ่มออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* คือที่ความเข้มข้น 5% โดยสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตที่ความเข้มข้น 5% แสดงขนาดวงใสของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* มากกว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดชั้นบิวทานอลที่ความเข้มข้นเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียในส่วนแรกที่พบว่า

สารสกัดชั้นเอทิลอะซีเตตมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* ได้ดีกว่าสารสกัดชั้นบิวทานอล หากเปรียบเทียบฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ของสบู่ชนิดใดชนิดหนึ่ง จะพบว่าสบู่ที่ผสมสารสกัดมะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้มากกว่าเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ และเมื่อนำสบู่ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาตรของฟอง ความคงตัวของฟอง ความเป็นเมือก และการสึกกร่อนของก้อนสบู่ พบว่าสบู่ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ผสมสารสกัดจากผลมะขามป้อมจากชั้นเอทิลอะซีเตตและชั้นบิวทานอลผ่านเกณฑ์กำหนดด้านคุณลักษณะทางกายภาพของสบู่ นอกจากนี้ยังผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทสบู่ก้อน (มผช. 94-2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ (มอก. 29-2545) จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในการนำมาใช้จริงเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สบู่ที่เติมสารระงับเชื้อประเภทสังเคราะห์ และยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] นิติพงษ์ ศิริวงศ์; และ เอกชัย ชูเกียรติโรจน์. (2009). การดื้อยาปฏิชีวนะของ Staphylococcus aureus และแนวทางการควบคุม. *สงขลานครินทร์เวชสาร*. 27(4): 347-358.

[2] สบู่ “นกแก้ว” ออกสูตรใหม่เพิ่มยอด. (2557, 20 กรกฎาคม). *ฐานเศรษฐกิจ*. กรุงเทพฯ.

[3] เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล; จำรูญศรี พุ่มเพียน; ศรัณยา รพีอาภากุล; และ อรวรรณ นกสี. (2555). การพัฒนาสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากดอกดาวเรือง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 2(2)(พิเศษ): 25-28.

[4] ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ; เกตุแก้ว จันทร์จำรัส; ภรณ์ทิพย์ นราแหวว; และ อุมาภรณ์ ผ่องใส. (2557). การพัฒนาสบู่เหลวจากสมุนไพรไทยและทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นในการต้านทานต่อเชื้อสแตฟฟิโลคอกคัสออเรียสที่ดื้อยาเมทิซิลิน (MRSA). *วารสาร มฉก.วิชาการ*. 18(35): 47-60.

[5] แฉล้ม มาศวรรณา; และ นิวัฒน์ มาศวรรณา. (2552, มีนาคม-เมษายน). มะขามป้อม สมุนไพรทรงคุณค่า. *วารสารกสิกร*. 82(2): 53-60.

[6] พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. (2534). *คู่มือการใช้สมุนไพร*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: เมดิคัล มีเดีย.

[7] Xiaoli Liu, Mouming Zhao, Wei Luo, Bao Yang; and Yueming Jiang. (2009). Identification of Volatile Components in Phyllanthus emblica L. and Their Antimicrobial Activity. *Journal of Medicinal Food*. 12(2): 423–428.

[8] Wei Luo, Mouming Zhao, Bao Yang, Jiaoyan Ren, Guanglin Shen; and Guohua Rao. (2010). Antioxidant and Antiproliferative Capacities of Phenolics Purified from Phyllanthus emblica L. Fruit. *Food Chemistry*. 126: 277-282.

[9] Malik Hassan Mehmood, Hasan Salman Siddiqi; and Anwarul Hassan Gilani. (2011). The Antidiarrheal and Spasmolytic Activities of Phyllanthus emblica are Mediated through Dual Blockade of Muscarinic Receptors and Ca^{2+} Channels. *Journal of Ethnopharmacology*. 133: 856-865.

[10] Datta A Dhale; and Umesh P Mogle. (2011). Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of Phyllanthus emblica (L.). *Science Research Reporter.* 1(3): 138-142.

[11] Anupam Ghosh, Bidus Kanti Das, Arup Roy, Biplab Mandal; and Goutam Chandra. (2008). Antibacterial Activity of Some Medicinal Plant Extracts. *Journal of Natural Medicines (Natural Resource Letter).* 62: 259–262.

[12] Ihantola-Vormisto A, Summanen J, Kankaanranta H, Vuorela H, Asmawi ZM; and Moilanen E. (1997). Anti-Inflammatory Activity of Extracts from Leaves of Phyllanthus emblica. *Planta Medica.* 63(6): 518-524.

[13] Tantipaibulvut Sukon, Thianchai Nuamsetti; and Petlada Dechayuenyong. (2012). Antibacterial Activity of Some Fruit-Peel Extracts. *KKU Research Journal.* 17(6): 880-894.

[14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). *สบู่ก้อน. มผช. 94-2546.* กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.

[15] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2545). *สบู่ถูตัว. มอก. 29-2545.* กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.