ผลของสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ในกุ้งขาวแวนนาไม

Effect of Spirulina platensis extract against pathogenic bacteria *Vibrio parahaemolyticus* and *V. harveyi* in white shrimp

อมรรัตน์ อุตสาหะ[1,2] และ ธีญาภรณ์ แก้วทวี[1,2*]

Amornrath Autsaha[1,2] and Teeyaporn Keawtawee[1,2*]

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina platensis*) ในตัวทำละลายอะซีโตน, เมทานอล, เอธานอล และเฮกเซน กับสารโพลีไวนิลไพโรลิโดน ในการยับยังและฆ่าเชื้อแบคทีเรียชนิด Vibrio parahaemolyticus และ *V. harveyi* ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดในตัวทำละลายเอทานอล ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยังเชื้อ *V.parahaemolyticus* ได้ดีที่สุด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ 11.3 ± 1.2 มิลลิเมตร และ สารสกัดในตัวทำละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ V. harveyi ได้ดีที่สุด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ 12.0 ± 0.5 มิลลิเมตร ส่วนค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยังเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* คือ สารสกัดในตัวทำละลายเฮกเซนที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตนและเฮกเซน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ของสารสกัดในทุกตัวทำละลาย เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้

คำสำคัญ: สาหร่ายสไปรูไลนา, กุ้งขาวแวนนาไม, *V. parahaemolyticus, V. harveyi*

ABSTRACT: Study on the effect of *Spirulina platensis* extract in acetone, methanol, ethanol and hexane solvents with polyvinylpyrolidone on inhibition effect of Spirulina extract in vitro against *Vibrio parahemolyticus* and *V. harveyi* was carried out in laboratory. Results showed that, the highest clear zone (11.3 ± 1.2 mm) was observed in ethanol extracts (20 mg/mL) against *V. parahaemolyticus* and in acetone extracts (1 mg/mL) against *V. harveyi* (12.0±0.5 mm). The minimum inhibitory concentration (MIC) of S. platensis extracts in hexane solvent against *V. parahaemolyticus* was 2.5 mg/mL and MIC of S. platensis extracts in acetone and hexane solvents against *V. harveyi* was 1 mg/mL. Furthermore, the minimum bactericidal concentration (MBC) of crude extracts in all solvents was 20 mg/mL against both bacterial species.

Keywords: *Spirulina platensis*, white shrimp, *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi*

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 90110
Department of Aquatic Science, Faculty of Natural resources, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

[2] สาขาความเป็นเลิศการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 90110

บทนำ

กุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลักที่สร้างรายได้จากการส่งออกสินค้าสัตว์น้ำให้กับประเทศไทย ต่อมาการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากการประสบปัญหาเรื่องโรคระบาดมีการติดเชื้อแบคทีเรียกลุ่มวิบริโอ โดยเฉพาะ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ทำให้กุ้งตายเป็นจำนวนมาก และเมื่อ พ.ศ. 2552 สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเริ่มมีการระบาดของโรคขี้ขาวและโรคตับเสื่อมหรือโรคตับวายเฉียบพลัน (Early Motality Syndrome: EMS) (Bansemir et al., 2006) ที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ทำให้เกษตรกรเริ่มกลับมาใช้ยาปฏิชีวนะกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และมีสารตกค้างอยู่ในตัวสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การใช้ยาปฏิชีวนะติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจทำให้แบคทีเรียมีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะอีกด้วย (Rigos et al., 2004; Bansemir et al., 2006) มีการใช้สารต้านเชื้อจุลชีพก่อโรคในสัตว์น้ำต่างๆ จากวัตถุดิบธรรมชาติเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี ต้องไม่ส่งผลกระทบหรือมีผลข้างเคียงน้อยที่สุด (*Spirulina platensis*) สาหร่ายสไปรูไลนาเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งสำคัญของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (El-Sheekh et al., 2008) เช่น สารต้านทานแบคทีเรีย (อรพิน และคณะ, 2544) ทำให้มีการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในหลายรูปแบบ เช่น ใช้เสริมอาหารเพื่อเป็นแหล่งโปรตีน และเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดดจากสาหร่ายสไปรูไลนาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ที่ก่อโรคในกุ้งขาวแวนนาไม เป็นข้อมูลประกอบการลดต้นทุนจากการใช้ปฏิชีวนะของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ทำให้ผู้บริโภคได้บริโภคกุ้งที่ปลอดภัย และส่งผลให้การเพาะเลี้ยงกุ้งมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การเตรียมแบคทีเรีย

แบคทีเรียบริสุทธิ์ที่ใช้ทดสอบ 2 ชนิด คือ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ได้รับจากศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำกิจการ ศุภมาตย์ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดผ่านการทำให้บริสุทธิ์มาแล้ว สามารถถ่ายเชื้อลงอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Agar (MHA) และ Nutrient broth (NB) ที่เติมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียมสารสกัด

เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนาด้วยสูตรอาหารดัดแปลงสำหรับการเลี้ยงแบบมหมวล เมื่อปริมาณเซลล์เริ่มเข้าสู่ระยะคงที่ (stationary phase) ใช้เวลาประมาณ 10 วัน จึงเก็บเกี่ยวเซลล์โดยการกรองผ่านถุงกรองขนาดตา 50 ไมครอน ล้างเซลล์สาหร่ายด้วยน้ำสะอาดก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สาหร่ายที่อบแห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น เตรียมสารสกัดหยาบโดยแช่ผงสาหร่ายในตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ อะซีโตน, เมทานอล, เอธานอล และเฮกเซน อัตราส่วน 1:5 (w/v) เขย่า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วกรองแยกตะกอนของสาหร่ายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำของเหลวที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแห้งอัตโนมัติ (Rotary Evaporator) ที่อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง คำนวณน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ โดยการชั่งน้ำหนักขวดก่อนและหลังการระเหยแห้ง เติมสารโพลีไวนิลไพโรลิโดน (polyvinylpyrolidone) น้ำหนัก 4 เท่าของสารสกัดที่ได้ แล้วนำไประเหยแห้งอีกครั้ง จะได้สารสกัดหยาบจากสาหร่ายสไปรูไลนาลักษณะเหนียวหนืด เก็บใส่ขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท แล้วเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงตามวิธีของ Herunsalee and Direkbusarakom, 1993)

ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ด้วยวิธี Disc diffusion techniques (invitro)

เตรียมสารสกัดสาหร่ายสไปรูไลนาความเข้มข้น 1.0, 2.5, 5.0,10.0 และ 20.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยเจือจางด้วย 10% Dimethyl sulfoxide (DMSO) และเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยใช้อาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ระบุตำแหน่งที่จานอาหารแข็งสำหรับวางแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อจุ่มแบคทีเรียที่เตรียมไว้ข้างต้น นำมา swab ให้ทั่วบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาที เพื่อให้ส่วนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง แล้วใช้ปากคีบ (forceps) คีบกระดาษกรองวางบนจานเพาะเชื้อ หยดตัวอย่างสารสกัด *S. platensis* แต่ละความเข้มข้น ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาทีเพื่อให้กระดาษกรองแห้ง นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Birada et al., 2007) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (clear zone) หน่วยเป็นมิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean± SD)

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimal Bactericidal Concentration; MBC) ด้วยวิธี Modified microtiter plate broth dilution method (invitro) ปิเปตสารสกัดและเชื้อที่เตรียมไว้ใส่ลงใน 96 well-plate หลุมละ 50 ไมโครลิตร มีหลุมควบคุมเป็น broth ที่ไม่ใส่สารสกัด และใช้ยาปฏิชีวนะ Tetracycline เป็น Positive control ปิดฝาแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย resazulin ปริมาณ 10 ไมโครลิตรลงไปในแต่ละหลุม แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การอ่านผลสังเกตสีในแต่ละหลุม หากเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู แสดงว่า เชื้อแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ หากเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่า เชื้อแบคทีเรียอาจจะไม่มีการเจริญเติบโตระบุเป็นผลของ MIC สำหรับการหาค่า MBC ดูดของเหลวในหลุมที่มีสีน้ำเงินมาทดสอบโดยการเขี่ยเชื้อบนอาหารแข็ง Mueller Hinton Agar (MHA) โดยวิธี Spread plate นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Sarker et al., 2007) สังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อบนอาหาร MHA หากไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อ แสดงว่า สารสกัดที่ทดสอบมีประสิทธิภาพสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

วิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ One-way ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยระหว่าง

Teble 1 Antibacterial activity of solvent extracts from *Spirulina platensis* on *Vibrio parahaemolyticus* and *V. harveyi*.

	Extracts concentration	Clear zone of inhibition radii (mm)			
	(mg/mL)	Acetone	Methanol	Ethanol	Hexane
Vibrio parahaemolyticus	1.0	10.1^{a}±1.0	10.0^{a}±0.0	7.0^{c}±0.0	9.5^{b}±0.5
	2.5	8.8^{b}±0.8	8.5^{b}±0.5	7.8^{c}±0.3	10.8^{a}±0.8
	5.0	8.3^{c}±0.6	8.3^{c}±0.6	9.2^{b}±0.7	10.1^{a}±0.3
	10.0	7.6^{c}±0.6	8.5^{b}±0.5	10.7^{a}±1.2	10.1^{b}±0.3
	20.0	8.0^{b}±1.0	8.3^{b}±0.6	11.3^{a}±1.2	8.0^{b}±1.0
Positive control*	-	20.0^{a}±0.0	15.7^{c}±1.2	15.7^{c}±1.2	18.0^{b}±0.0
Vibrio haveyi	1.0	12.0^{a}±0.5	10.7^{b}±1.2	8.3^{b}±1.1	8.0^{b}±0.0

Teble 2 Minimum inhibitory concentration (MIC) of *Spirulina platensis* extracts on *Vibrio parahaemolyticus* and *V. haveyi*.

Microorganisms	Minimum inhibitory concentration (mg/mL)				
	Acetone	Methanol	Ethanol	Hexane	Positive control*
Vibrio parahaemolyticus	20.0	20.0	5.0	2.5	5.0
Vibrio harveyi	1.0	20.0	5.0	1.0	5.0

***** Tetracycline (5 µg/mL)

Teble 3 Minimal Bactericidal Concentration (MBC) of solvent extracts from *Spirulina platensis* on *Vibrio parahaemolyticus* and *V. haveyi*.

Microorganisms	Minimum bactericidal concentration (mg/mL)				
	Acetone	ethanol	Ethanol	Hexane	Positive control*
Vibrio parahaemolyticus	20	20	20	20	5
Vibrio harveyi	20	20	20	20	5

***** Tetracycline (5 µg/mL)

ชุดการทดลองด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในตัวทำละลายต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ อะซีโตน, เมทานอล, เอธานอล และเฮกเซน พบว่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสในช่วง 7.0 -12.0 มิลลิเมตร โดยประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* สูงสุด คือสารสกัดในตัวทำละลายเอธานอล (11.3 ± 1.2 มิลลิเมตร), สารสกัดในตัวทำละลายเฮกเซน (10.8 ± 0.8 มิลลิเมตร), สารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตน (10.1 ± 1.0 มิลลิเมตร) และสารสกัดในตัวทำละลายเมทานอล (10.0 ± 0.0 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ($P<0.05$) และประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการยับยั้งเชื้อ *V. harveyi* สูงสุด คือสารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตน (12.0 ± 0.5 มิลลิเมตร), สารสกัดในตัวทำละลายเมทานอล (10.7 ± 1.2 มิลลิเมตร), สารสกัดในตัวทำละลายเอธานอล (10.3 ± 0.5 มิลลิเมตร) และสารสกัดในตัวทำละลายเฮกเซน (9.7 ± 0.6 มิลลิเมตร) ตามลำดับ (Table 1) จากผลการทดสอบพบว่า สารสกัดในตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีรายงานสนับสนุนผลการทดลองสารสกัดในตัวทำละลาย อะซีโตน, เมทานอล และเอธานอลมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Kulandaivel et al., 2007) นอกเหนือจากตัวทำละลายที่ใช้ทดสอบครั้งนี้ยังพบว่าสารสกัด *S. platensis* ในตัวทำละลายเฮกเซน, เอทธิล อะซีเตท, ไดคลอโรมีเทนและเมทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เช่นกัน (Kaushik and Chauhan, 2008) ซึ่งการเลือกตัวทำละลายเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแตกต่างกัน(ตรีชฎา, 2548)

ผลของความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทร์ทรี (MIC) ของ S. platensis ต่อแบคทีเรียที่ความเข้มข้นของสารสกัด 1.0-20.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งค่า MIC ต่ำสุดของ

เชื้อ *V. harveyi* คือสารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตนและเฮกเซน (1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และสารสกัดในตัวทำละลายเอธานอลและเมทานอล (5 และ 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ และค่า MIC ต่ำสุดของเชื้อ *V. parahaemolyticus* คือ สารสกัดในตัวทำละลายเฮกเซน (2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร), สารสกัดในตัวทำละลายเอธานอล (5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และสารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตนและเมทานอล(20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ (Table 2) โดยผลการทดสอบแตกต่างจากจากรายงานฉบับอื่นที่แสดงค่า MIC ต่ำสุดของเชื้อ *S. aureus, S. pyogenes, S. epidermidis, P. mirabilis, B. cereus,K. pneumoniae* และ *S. flexneri* คือ สารสกัด S. platensis ในตัวทำละลายเมทานอล (1.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) (Usharani et al., 2015) และจากการใช้ตัวทำละลายเฮกเซน, เอทธิล อะซีเตท, ไดคลอโรมีเทน และเมทานอล พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของการยับยั้ง (MIC) ของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* เท่ากับ 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Kaushik and Chauhan, 2008) ซึ่งแต่ละรายงานจะให้ค่า MIC ที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของแบคทีเรีย

การทดสอบในครั้งนี้ พบว่า สารสกัด *S. platensis* มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ได้ เนื่องจากสาหร่าย S. platensis เป็นสาหร่ายชนิดหนึ่งที่มีสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือสารที่สามารถยับยั้งจุลชีพได้ (El-Sheekh et al., 2017; Parisi et al., 2009) ซึ่งความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC) *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* คือ 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด (อะซีโตน, เมทานอล, เอธานอล และเฮกเซน) (Table 3) อย่างไรก็ตามสารสกัดจากสาหร่ายจะมีประสิทธิในการยับยั้งหรือฆ่าแบคทีเรียได้ขึ้นอยู่กับสารประกอบภายในของสาหร่ายโดย สาหร่าย *S. platensis* ประกอบไปด้วยสารหลายกลุ่ม ได้แก่ terpenols, sterols, polysaccharides, dibutenolides peptides และ proteins metabolites ซึ่งตรวจพบสารประกอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Yuan et al., 2005; Bansemir et al., 2006)

สรุป

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ในหลอดทดลองพบว่า สารสกัดในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดีที่สุด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเท่ากับ 11.3 ± 1.2 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดในตัวทำละลายอะซิโตนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* ได้ดีที่สุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเท่ากับ 12.0 ± 0.5 มิลลิเมตร โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* คือ 2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในตัวทำละลายเฮกเซน ส่วนสารสกัดในตัวทำละลายอะซีโตนและเฮกเซน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* ได้ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้คือ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในทุกตัวทำละลาย แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนามีความสามารถในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และ *V. harveyi* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งขาวแวนนาไมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

ตรีชฎา ศิริรักษ์. 2548. ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคกลุ่ม Gram-negative rods ของสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา

อรพิน คงภักดีพิกุล, จิรวาณิชไพศาล และสถาพร ดิเรกบุษราคม. 2544. ผลของสารสกัดหยาบจากสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเรืองแสง.175-183 ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 39 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร

Bansemir, A., Blume, M., Schroder, S. and Lindequist, U. 2006. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. Aquaculture. 52: 79-84.

Birada, S. S., Goun, N. R., Neogi, U. and Saumya, R. 2007. In vitro and In vivo Antibacterial Studies of Medicinal Plant on Motile Aeromonad Septicemia in Fish Caused by Aeromonas hydrophila. Fish. Aquat. Sci. 6: 417-421.

El-Sheekh, M. M., Dawah, A. M., El-Rahman, A. M. A., El-Adel, H. M. and El-Hay, R. A. A. 2008. Antimicrobial activity of the cyanobacteria Anabaena wisconsinense and Oscillatoria curviceps against pathogens of fish in aquaculture. Ann. Microbiol. 58: 527-534.

Herunsalee, A. and Direkbusarakom, S. 1993. Investigation on the bioactive Thai medicinal plants to virus in tiger prawns. p. 104-106:Related Conference of Marine Biotechnology and Aquaculture. 16-20 November 1993. Bangkok.

Kaushik, P. and Chauhan, A. 2008. In vitro antibacterial activity of laboratory grown culture of Spirulina platensis. Indian. Microbiol. 48: 348-352.

Kulandaivel, S., Prakash, R., Anitha, R. and Arunnagendran, N. 2007. Antibacterial activity of Spirulina platensis and Oscillatoria sp. Plant and Appl. Microbiol. 1: 127-129.

Parisi, A. S., Younes, S., Reinehr, C.O. and Colla, L.M. 2009. Assessment of the antibacterial activity of microalgae Spirulina platensis. App. Pharm. Sci. 30: 97-301

Rigos, G., Nengas, I., Alexis, M. and Troisi, G. M. 2004. Potential drug (oxytetracycline and oxolinic acid) pollution from Mediterranean sparid fish farm. Aquat. Toxicol. 69: 281–288.

Sarker, S. D., Nahar, L. and Kumarasamy, Y. 2007. Microtiterplate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cellgrowth, and its application in the in vitro antibacterial screening of phytochemicals. Methods. 42: 321–324.

Usharani, G., Srinivasan, G., Sivasakthi, S. and Saranraj, P. 2015. Antimicrobial Activity of Spirulina platensis Solvent Extracts Against Pathogenic Bacteria and Fungi. Adv. Biol. Res. 5: 292-298.

YUAN, Y. V., CARRINGTON, M. F. and WALSH, N. A. 2005. Extracts from dulse (Palmaria palmata) are effective antioxidants and inhibitors of cell proliferation in vitro. Food Chem. Toxicol. 43: 1073-1081.