การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและผลของสารกันบูดของไลโปโซม ที่มีสารสกัดจากผักปลัง

STUDY ON ANTIBACTERIAL ACTIVITIES AND PRESERVATIVE EFFECTS OF LIPOSOMES CONTAINING CEYLON SPINACH EXTRACT

ชนากานต์ จอมแปง

พรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON ANTIBACTERIAL ACTIVITIES AND PRESERVATIVE EFFECTS OF LIPOSOMES CONTAINING CEYLON SPINACH EXTRACT

CHANAKAN JOMPANG

PRONKAMONPIT NITROTKUL

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2022

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและผลของสารกันบูดของไลโปโซมที่มีสารสกัดจากผักปลัง

Study on Antibacterial Activities and Preservative Effects of Liposomes Containing Ceylon Spinach Extract

ชื่อนักศึกษา นางสาวชนากานต์ จอมแปง นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 62050582

นางสาวพรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 62050624

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดวงใจ โอชัยกุล ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	สุทธิจิต ศรีวัชรกุล
ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและผลของสารกันบูดของไลโปโซมที่มีสารสกัดจากผักปลัง
Study on Antibacterial Activities and Preservative Effects of Liposomes Containing Ceylon Spinach Extract

ชื่อนักศึกษา นางสาวชนากานต์ จอมแปง นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 62050582
นางสาวพรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 62050624

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ

บทคัดย่อ

ผักปลังเป็นผักพื้นบ้านที่มีสรรพคุณรักษาโรคและยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเป็นสารกันเสียที่สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ แต่สารสกัดจากผักปลังจะมีสีเขียวที่ส่งผลต่อคุณภาพและลักษณะดั้งเดิมของอาหาร การเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซมจะสามารถช่วยลดข้อจำกัดของสารสกัดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและประสิทธิภาพในการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังจากส่วนก้านและใบที่ผ่านกระบวนการเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม โดยทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี Well diffusion method ทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ (Minimum inhibitory concentration, MIC) ด้วยวิธี Broth Microdilution test ทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC) ด้วยวิธี Spread plate และประเมินประสิทธิภาพการถนอมอาหารในเนื้อกุ้งของสารสกัดผักปลัง ด้วยการวิเคราะห์คุณภาพค่าพีเอชด้วย pH meter วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen, TVB-N) ด้วยวิธี Conway microdiffusion method และวิเคราะห์ปริมาณทางจุลชีววิทยาด้วยวิธี total plate count พบว่าสารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSLE) สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* และ *Vibrio* sp. ได้ดีที่สุด โดยมีค่า inhibition zone เท่ากับ 13.18, 10.71 และ 8.90 มิลลิเมตร ตามลำดับ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 25 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSSE) สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *Vibrio* sp. ได้ โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดผักปลัง L/CSLE สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชในเนื้อกุ้งขาวได้ดีที่สุด โดยมีค่าพีเอชในวันที่ 10 เท่ากับ 7.17 ในขณะที่สารสกัดผักปลัง L/CSSE สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และชะลอการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยมีค่าสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดในวันที่ 10 เท่ากับ 33.26 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และปริมาณจุลินทรีย์ในวันที่ 10 เท่ากับ 1.46×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวก และแบคทีเรียแกรมลบ อีกทั้งยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้งขาวแช่เย็น ดังนั้นสารสกัดผักปลังที่ผ่านกระบวนการเอนแคปซูเลชัน จึงมีแนวโน้มการออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการชะลอการเน่าเสียของอาหารและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้

คำสำคัญ : กุ้งขาว, ผักปลัง, ไลโปโซม, สารกันเสียทางเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Study on Antibacterial Activities and Preservative Effects of Liposomes Containing *Ceylon Spinach* Extract
Student	Miss Chanakan Jompang Student ID 62050582
	Miss Pronkamonpit Nitrotkul Student ID 62050624
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2022
Advisor	Asst.Prof.Dr.Worakrit Worananthakij

Abstract

Ceylon Spinach is a local vegetable with medicinal properties and the ability to inhibit bacteria. Therefore, it is suitable for extraction as a preservative to slow down the growth of microorganisms that cause food spoilage. However, spinach extract has a green color that affects the quality and appearance of food. Encapsulation with liposomes can overcome this issue. Thus, the objective of this study was to investigate the antibacterial activity and preservation efficiency of spinach extracts from stems and leaves using the liposome encapsulation process. Antibacterial activity was tested using the well diffusion method, minimum inhibitory concentration (MIC) was determined through the Broth Microdilution test, and minimum bactericidal concentration (MBC) was assessed using the spread plate method. Preservation efficiency in shrimp meat was evaluated by analyzing pH using a pH meter, total volatile base nitrogen (TVB-N) using the Conway microdiffusion method, and microbiological analysis using the total plate count method. The liposome-encapsulated leaf (L/CSLE) extract exhibited the highest effectiveness in inhibiting pathogens, particularly *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Vibrio* sp., with inhibition zones of 13.18 mm, 10.71 mm, and 8.90 mm, respectively. It also demonstrated the best inhibition against *S. aureus*, with MIC and MBC values of 25 mg/ml and 12.5 mg/ml, respectively, and against *E. coli* and *Vibrio* sp., with MIC and MBC values of 25 mg/ml. Moreover, the L/CSLE extract effectively delayed the pH increase in white shrimp meat, with a pH value of 7.17 on day 10. The liposome-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

encapsulated stem (L/CSSE) extract showed the highest efficiency in slowing down the increase of total volatile nitrogen compounds (TVB-N) and inhibiting the growth of microorganisms. The TVB-N content on day 10 was 33.26 mg nitrogen per 100 g sample, and the microbial load on day 10 was 1.46x108 cells/ml. These findings indicate that liposome-encapsulated spinach extract, specifically the leaf part, possesses antibacterial activity against both gram-positive and gram-negative bacteria. Additionally, it can extend the shelf life of chilled white shrimp meat. Therefore, the encapsulation process of spinach extract holds promise for applications in food preservation and the food industry.

Keywords : White shrimp, *Basella alba*, liposomes, alternative preservatives

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ได้จัดขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตในหัวข้อเรื่อง การศึกษาฤทธิ์แบคทีเรียและผลของสารกันบูดของไลโปโซมที่มีสารสกัดจากผักปลัง โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอกราบพระคุณ ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่คอยให้คำปรึกษาและให้ความรู้ในการดำเนินงานวิจัยให้มีความเรียบร้อยสมบูรณ์ อีกทั้งยังได้ให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ เพื่อให้โครงงานพิเศษเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบคุณ รศ.ดวงใจ โอชัยกุล และผศ.ดร. สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ที่กรุณาเป็นประธานและกรรมการในโครงงานพิเศษนี้ ในการให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องของโครงงานพิเศษเล่มนี้ให้ถูกต้อง

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์สารเคมี และเครื่องมือในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้และขอขอบพระคุณนางสาวปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม นักศึกษาปริญญาเอกที่คอยให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณครอบครัวจอมแปง และครอบครัวนิจโรจน์กุล และเพื่อนๆทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ คอยสนับสนุน และช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านแก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาในการทำโครงงานพิเศษด้วยความเต็มใจ ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้ ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ชนากานต์ จอมแปง

พรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 คำจำกัดความ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผักปลัง	4
2.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	6
2.3 เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน	6
2.4 ไลโปโซม	7
2.4.1 ไขมันตามธรรมชาติ	7
2.4.2 ไขมันสังเคราะห์	7
2.4.3 สเตียรอยด์	8
2.4.4 สารลดแรงตึงผิว	8
2.5 ประเภทไลโปโซม	9
2.5.1 แบ่งตาม structural parameter	9
2.5.2 แบ่งตามองค์ประกอบ	10
2.6 สารกันเสีย	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	15
3.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	15
3.1.1 การสกัดสารสกัด	15
3.1.2 การเตรียมไลโปโซม	15
3.1.3 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย	15
3.1.4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการถนอมอาหาร	15
3.2 การสกัดผักปลัง	16
3.3 การเตรียมไลโปโซม	16
3.4 การเอนแคปซูเลชัน	17
3.5 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ	17
3.5.1 การเตรียมเชื้อทดสอบ	17
3.5.2 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วย Agar well diffusion	17
3.5.3 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย	17
3.5.4 การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าแบคทีเรีย	18
3.6 การประเมินประสิทธิภาพการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งขาว	18
3.6.1 การเตรียมเนื้อกุ้ง	18
3.6.2 การศึกษาผลของสารสกัดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้ง	18
3.6.3 การวิเคราะห์คุณภาพค่าความเป็นกรดด่าง	19
3.6.4 การวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด	19
3.6.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา	19
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	21
4.1 ผลการสกัดสารจากผักปลัง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการเตรียมไลโปโซม	22
4.3 ผลการเอนแคปซูเลชัน	23
4.4 ผลทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ	23
4.4.1 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วย Agar well diffusion	23
4.4.2 ผลการศึกษาหาความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย	26
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งขาว	27
4.5.1 ผลความเป็นกรด-ด่าง	27
4.5.2 ผลสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด	28
4.5.3 ผลวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา	31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	40
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัด	43
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ค่าต่างๆของตัวอย่างที่ได้รับสารสกัด	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดจากผักปลังทดสอบโดยวิธี Well diffusion method..... 24
4.2 ผลทดสอบหาค่า MIC ของสารสกัดผักปลังต่อเชื้อแบคทีเรีย..... 27
4.3 ผลทดสอบหาค่า MBC ของสารสกัดผักปลังต่อเชื้อแบคทีเรีย..... 27
4.4 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของตัวอย่างในเนื้อกุ้งที่มีสารสกัดผักปลัง..... 29
4.5 ผลการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด..... 29
4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างเนื้อกุ้ง..... 31
ภาคผนวก ข1 ผลการยับยั้งสารสกัดผักปลังต่อเชื้อทดสอบ ด้วยวิธี Well diffusion method..... 44
ภาคผนวก ค.1 ผลการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด..... 46
ภาคผนวก ค.2 ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างเนื้อกุ้งที่มีสารสกัดผักปลัง..... 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผักปลัง	4
2.2 โครงสร้างทางเคมีของ Steroid skeleton	8
2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารลดแรงตึงผิว	9
2.4 รูปแบบการแบ่งประเภทไลโปโซมตาม structural parameter	10
2.5 ประเภทไลโปโซมที่จำแนกด้วยองค์ประกอบ	11
4.1 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการแช่ในน้ำกลั่น	21
4.2 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากวิธีการแช่เอทานอล	21
4.3 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการต้ม	22
4.4 ลักษณะไลโปโซมก่อนเข้าเครื่องระเหยแบบหมุน	22
4.5 สารละลายของสารสกัดผักปลัง	21
4.6 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Vibrio* sp	25
4.7 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli.*	25
4.8 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus*	26
4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของสารสกัดผักปลัง	30
4.10 ผลการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด	29
4.11 กราฟการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน	32
ภาคผนวก ค.1 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม	48
ภาคผนวก ค.2 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม	48
ภาคผนวก ค.3 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม	49
ภาคผนวก ค.4 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม	49
ภาคผนวก ค.5 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่ไม่ได้แช่สารสกัดผักปลัง	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารกันบูดหรือสารกันเสีย (Preservatives) คือวัตถุเจือปนในอาหารที่ใช้ในการฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจจะปนเปื้อนลงในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในระหว่างการผลิต การบริโภค ทั้งนี้ยังมีส่วนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ตัวอย่างสารกันบูดที่นิยมใช้ในทางอาหาร เช่น กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก กรดโปรปิโอนิก สารกันเสียเหล่านี้จะออกฤทธิ์ซึมผ่านและทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ลดลง ทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโตเนื่องจากมีผลต่อสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ (ศรัณยา และคณะ, 2557)

สารเคมีที่นิยมใช้เป็นวัตถุกันเสียในอุตสาหกรรมอาหารอย่าง “กรดเบนโซอิก” เป็นสารที่พบได้ในธรรมชาติ ได้แก่ ลูกพรุน อบเชย แอปเปิล กานพลู และมะละกอสุก เป็นต้น มักใช้ร่วมกับกรดซอร์บิก และพาราเบนส์สำหรับเป็นวัตถุกันเสีย การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของกรดเบนโซอิก และเกลือเบนโซเอตในสภาวะเป็นกรดต่ำที่พีเอช มากกว่า 4.5 ทำให้อาหารที่ใช้กรดเบนโซอิก และเกลือเบนโซเอตในการช่วยยืดอายุการเก็บ จึงควรเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง เช่น น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ ผักดอง ผลไม้ดอง น้ำสลัด ฟรุตสลัด และเนยเทียม เป็นต้น โดยปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84

กุ้งขาว เป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคของคนในประเทศ เนื่องจากมีรสชาติอร่อย และราคาไม่แพง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการ สารอาหารในกุ้งขาวมีบทบาทในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง รวมทั้งยังมีแร่ธาตุต่างๆ รวมถึงมีปริมาณไอโอดีนที่สูงอีกด้วย ทำให้แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นทุกปี เกษตรกรมีการเลี้ยงกุ้งขาวเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วยแต่การจำหน่ายกุ้งขาวเพื่อบริโภคในท้องตลาด ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากกุ้งขาวที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดมีการเน่าเสียเร็ว ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา (สวามินี และปฏิยุทธ์, 2560)

ผักปลัง (*Basella alba* L.) เป็นผักที่มีต้นกำเนิดในแถบแอฟริกา และมีการกระจายอยู่ตามทวีปเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น ซึ่งในประเทศไทยนั้นก็เป็นพืชที่หาได้ทั่วไป ทั้งชนิดที่มีลำต้นสีเขียวที่เรียกว่า ผักปลังขาว และชิดลำต้นสีแดงซึ่งเรียกกันว่า ผักปลังแดง โดยผักปลังสามารถปลูกได้ในดินทุกประเภท เจริญเติบโตได้ดีในดินที่ชุ่มชื้นโตง่าย (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2538) ผักปลัง เป็นผักพื้นบ้านใช้เป็นอาหารและยาสมุนไพรทั้งใน ประเทศไทยและต่างประเทศ องค์ประกอบทางเคมีของผักปลัง เช่น ฟีนอลิก บีทาเลน แคโรทีนอยด์ กรดไขมัน สารเมือกเพปไทด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไทรเทอร์พีนแซโพนิน (ชื่นนภา และนาฏศจี, 2552) ตำรายาไทยหลายขนานใช้ส่วนต่างๆของต้นผักปลังเป็นยารักษาโรคหลายชนิด เช่น รากใช้แก้มือเท้าด่าง แก้รังแค น้ำคั้นจากรากเป็นยาช่วยหล่อลื่นภายในและขับปัสสาวะ ลำต้นและใบใช้เป็นยาระบายอ่อน ๆ งานวิจัยของศิรณา และคณะ (2561) พบว่า สารสกัผักปลังส่วนลำต้นของผักปลังขาวมีความสามารถในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดในบรรดาส่วนอื่นๆของผักปลัง ทั้งนี้สารสกัดผักปลังยังมีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลายเช่น กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีสารประกอบฟีนอลิก 15.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 6.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง (Jin and Ching, 2008)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารสกัดจากใบไม้มีสีเขียวที่เกิดจากคลอโรฟิลล์ ซึ่งการกำจัดคลอโรฟิลล์อาจจะทำให้สีเขียวลดลงได้ การตกตะกอนเป็นกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดคลอโรฟิลล์จากสารสกัดเอทานอลของใบพลู (Tagrida and Benjakul, 2022) แต่ก็ไม่สามารถกำจัดได้จนหมด ทำให้สารประกอบบางอย่างรวมถึงคลอโรฟิลล์ที่หลงเหลืออยู่ทำให้การยอมรับคุณภาพของเนื้อกุ้งหรืออาหารอื่นๆลดลง จึงกลายเป็นข้อจำกัดของสารกันเสียจากธรรมชาติ ปัญหาเหล่านี้สามารถใช้ไลโปโซมซึ่งเป็นถุงทรงกลมที่ประกอบไปด้วยฟอสโฟลิพิด ไบเลเยอร์ ไลโปโซมสามารถลดปฏิกิริยาระหว่างสารออกฤทธิ์กับอาหารได้ นอกจากนี้ยังลดสีและรสชาติไม่พึงประสงค์ของสารออกฤทธิ์ภายในไลโปโซม สามารถรักษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการถนอมอาหารให้อยู่ในระดับที่พอใจ (Liu et al., 2018) และไลโปโซมยังเป็นที่รู้จักในด้านความเสถียรและไม่เป็นพิษ ทำให้มีศักยภาพในการห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือสารสกัดจากพืชที่หลากหลาย(Gortzi et al., 2006)

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดผักปลังที่เอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม และการทดสอบประสิทธิภาพในการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม (L/CSLE) เปรียบเทียบกับสารสกัดผักปลังที่ไม่ได้ห่อหุ้ม (U/CSLE) ในเนื้อกุ้งขาวแช่เย็น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มไลโปโซม
2. เพื่อประเมินผลการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในการถนอมอาหาร โดยนำผักปลังมาสกัดแล้วนำไปแอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม จากนั้นนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและประสิทธิภาพการถนอมของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งด้วยการวิเคราะห์ค่าพีเอช, สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด และปริมาณจุลินทรีย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบประสิทธิภาพของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมต่อการยับยั้งแบคทีเรีย

2. การห่อหุ้มสารสกัดผักปลังด้วยไลโปโซมสามารถใช้เป็นทางเลือกในการถนอมอาหารแทนสารกันเสียสังเคราะห์

1.5 คำจำกัดความ

L : ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม

U : ไม่ได้ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม

CS : Ceylon Spinach

SE : Stem Extract

LE : Leaf Extract

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักปลัง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Basella alba* L.

ชื่อวงศ์ Basellaceae

ชื่อท้องถิ่น ผักปลังใหญ่ (ภาคกลาง) ผักปั้ง (ภาคเหนือ) ผักปลังขาว ผักปลังแดง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักปลัง เป็นไม้เถาเลื้อยล้มลุก ลำต้นอวบน้ำ เกลี้ยง กลม ลำต้นเมื่อแตกกิ่งจะมีความยาวประมาณ 2-6 เมตร ใบ มีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ออกสลับ รูปไข่ หรือรูปหัวใจ ใบมีความกว้าง 2-8 เซนติเมตร ความยาว 2.5-12 เซนติเมตร ใบอวบน้ำ มีลักษณะเป็นมันหนานุ่มมือ ฉีกขาดง่าย (รูปที่ 2.1) หลังใบ และท้องใบเกลี้ยงไม่มีขน เมื่อขยี้จะเป็นเมือกเหนียว ก้านใบมีความยาว 1-3 เซนติเมตร ดอก มีลักษณะเป็นดอกช่อเชิงลด ออกดอกตรงซอกใบ ความยาว 3-21 เซนติเมตร ดอกย่อยมีจำนวนมากและมีขนาดเล็ก ไม่มีก้านชูดอก แต่ละดอกมี 5 กลีบ มีใบประดับเล็ก 2 ใบ ติดที่โคนของกลีบรวม กลีบรวมรูประฆัง ยาว 0.1-3 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.1 ผักปลัง

ที่มา https://th.anngle.org/j-gourmet/gourmet/malabar-spinach.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคนเชื่อมติดกันเป็นท่อ ปลายแยกเป็นห้าแฉกเล็กน้อย เกสรเพศผู้มีจำนวน 5 อัน ติดที่ฐานของกลีบดอก อับเรณูรูปกลม ความยาว 0.1-0.5 มิลลิเมตร ติดก้านชูเกสรที่ด้านหลัง ก้านชูเกสรเพศผู้ มีลักษณะเป็นแท่งยาว 0.1-1 มิลลิเมตร เกสรเพศเมีย 1 อัน ลักษณะกลม ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็น 3 แฉก แต่ละแฉกเป็นรูปแท่งปลายแหลม ความยาว 0.1-0.5 มิลลิเมตร รังไข่อยู่เหนือวงกลีบ รูปร่างค่อนข้างรี ความยาว 0.1-0.5 มิลลิเมตร ก้านชูเกสรเพศเมีย มีความยาว 0.1-0.5 มิลลิเมตร ผลเป็นผลสด รูปร่างกลมแป้น ฉ่ำน้ำ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-6 มิลลิเมตร ผิวเรียบ ปลายผลมีร่องแบ่งเป็นลอน ไม่มีก้านผล ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีม่วงอมดำ เนื้อภายในนิ่ม ภายในผลมีน้ำสีม่วงดำ ผลผักปลังเป็นเมล็ดเดี่ย ผักปลังยังเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกา และมีการกระจายพันธุ์ในทวีปเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น พม่า ลาว กัมพูชา เป็นต้น ในประเทศไทย เป็นพืชซึ่งพบได้ทั่วไป แทบทุกภาค ผักปลังมี 2 ชนิด ผักปลังที่มีลำต้นสีเขียวที่เรียกว่า ผักปลังขาว และชนิดลำต้นสีแดงซึ่งเรียกกันว่า ผักปลังแดง และมักพบในหมู่บ้านหรือตามทุ่งนามากกว่าในป่า พบมากในภาคเหนือและอีสาน ส่วนภาคใต้ไม่ค่อยพบ เพราะไม่เป็นที่นิยมในการรับประทานจึงไม่มีการปลูกไว้ตามบ้านเรือน

ในตำราไทย สรรพคุณของผักปลังทั้งต้น มีฤทธิ์เย็น ต้มดื่มแก้ท้องผูก ลดไข้ โขลกพอกแก้โรคกลาก ผื่นคัน แก้พิษฝีดาษ และแก้อาการบวมอักเสบ ส่วนใบ มีรสชาติหวานเอียน แก้กลากแก้ผื่นคัน ใช้สำหรับเป็นยาระบายอ่อน ๆ ขับปัสสาวะ แก้บิด แก้โรคกระเพาะอักเสบ ได้ ต้นผักปลัง แก้อาการแน่นท้อง ส่วนราก แก้อาการมือเท้าด่าง แก้รังแค โรคผิวหนังบางชนิด หากนำมาถูนวดโดยทำให้ร้อนจะทำให้เลือดมาหล่อเลี้ยงบริเวณที่ถูนวดได้ดีมากขึ้น บรรเทาอาการบวมแดง หากนำรากมาคั้นน้ำ จะเป็นยาช่วยหล่อลื่นภายใน และขับปัสสาวะ นอกจากนี้ส่วนของ ใบ ยอดอ่อน ช่อดอก ยังสามรถนำมาประกอบอาหาร อย่างเช่น นำมาต้มหรือลวกเป็นผักจิ้มกับน้ำพริก ยอดอ่อน และใบ นำมาแกงจืดกับหมูสับ หรือ นำมาทำแกงส้ม ผักปลังเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหาร เป็นผักที่มีเมือกมากกินแล้วจะช่วยเป็นยาระบายอ่อน ๆ (ฐานข้อมูลสมุนไพร, 2565)

ผักปลังพันธุ์ขาว ส่วนลำต้นมีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ที่ดีที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารสกัดจากส่วนอื่น และ ความเข้มข้นต่ำสุดซึ่งจะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S.aureaus*, *S.Typhimururium* และ*P.aeruginosa* เท่ากับ 28 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* เท่ากับ 60 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยหมู่ฟังก์ชันฟีนอลที่พบในผักปลัง ส่งผลให้ผักปลัง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ได้ (ศรัณยา และคณะ, 2557) ในการสกัดผลผักปลังทั้งแบบสดและลวก

จากการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักปลังทั้งแบบสด และผ่านการลวกของ ชื่นจิตร (2562) พบว่าสารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิตามินซี วิตามินอีและ BHT สารสกัดจากผลสุกสดของผักปลังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของใบผักปลัง พบว่าผักปลังมีปริมาณเส้นใยอาหารที่สูง มีปริมาณแคลอรี่ที่ต่ำอุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นยังมีบีทาเลน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการช่วยระบายท้องของผักปลังส่วนหนึ่งมาจากเมือกลื่น ๆ ที่ช่วยหล่อลื่นทำให้ถ่ายสะดวก และจากสารกลูแคน ที่มีอยู่ในผักปลัง ซึ่งจากการศึกษาของสุภาภรณ์ (2562) พบว่าสารกลูแคนมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก หรือเป็นอาหารของโปรไบโอติก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์มีประโยชน์ที่เกาะอยู่ตามผนังลำไส้เล็กส่วนปลาย โปรไบโอติกทำหน้าที่ปรับสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ ทำให้การขับถ่ายดีขึ้น กำจัดสารพิษ เพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดคอเลสเตอรอล สร้างวิตามินบี 12 มีส่วนช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้และกระเพาะปัสสาวะ อีกทั้ง ผักปลังมีฤทธิ์ในการช่วยรักษาแผล และต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยจะเคลือบเนื้อเยื่อกระเพาะอาหาร และยับยั้งการหลั่งกรด และมีฤทธิ์ต่อไตที่เกิดจากยาปฏิชีวนะ กลุ่มอะมิโนไกลโคไซด์ ยาเจนต้าไมซิน ผักปลังมีส่วนช่วยยับยั้งการเกิดนิ่วจากการตกตะกอนของแคลเซียมออกซาเลตได้ ดังนั้นการกินผักปลังจะช่วยกันป้องกันการเกิดนิ่วได้ทางหนึ่ง

2.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ สารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์และพืช โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจงและสารนั้นจะต้องไม่มีผลในทางลบต่อร่างกาย หรือมีผลข้างเคียงน้อยที่สุด สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยการจับอนุมูลอิสระ และทำหน้าที่เป็น คีเลตสำหรับจับไอออนของโลหะสารประกอบฟีนอลิกมีโครงสร้างเคมีสามารถจับอนุมูลอิสระได้ดีจึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินอี และวิตามินซี แคโรทีนอยด์ เป็นสารที่พบได้ในธรรมชาติ พบมากในพืชที่มีสีแดง ส้ม เหลือง และเขียว มีคุณสมบัติเป็นทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระที่เป็นอันตรายสารในกลุ่มไตรเทอร์ปีน (triterpene) ได้แก่ อะเซียติโคไซด์, มาเดคาสโซไซด์, กรดมาเดคาสสิก และกรดอะเซียติก (asiatic acid) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและบรรเทาอาการแพ้ องค์ประกอบสารทางเคมีในผักปลัง ผักปลังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ อาร์จินีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ไลซีน ธรีโอนีน ทริปโตเฟน และในผักปลังยังประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุหลายชนิดคืออุดมไปด้วยแคลเซียมและธาตุเหล็ก มีเปอร์เซ็นต์ของออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ต่ำ นอกจากนี้ส่วนของใบยังประกอบด้วย แคโรทีนอยด์ กรดอินทรีย์ โพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ ไบโอฟลาโวนอยด์ และวิตามินเค (Khare, 2007)

2.3 เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน

การเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) คือ กระบวนการทางเคมีที่จะนำสาร หรือส่วนผสมของสารมาเคลือบ หรือกักเก็บไว้ภายในสารอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเทคนิคการห่อหุ้มนี้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งในด้านการเกษตร, การผลิตอาหาร, การผลิตเครื่องดื่ม, การแพทย์, เภสัชกรรม และการผลิตสารกันเสียสำหรับอาหาร หรือผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันสารจากการสูญเสียคุณลักษณะเฉพาะ และการเสื่อมสภาพจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ แสง, ความชื้น, ความ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

ร้อน, ความเป็นกรด-ด่าง, ออกซิเจน และสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยต่างๆ เช่น สี หรือกลิ่น เป็นต้น โดยเรียกสารที่ถูกยึดจับ (entrapped) หรือถูกเคลือบ (coated) ว่า core material, payload phase, internal phase, active agent หรือ fill ส่วนสารที่นำมาใช้ในการห่อหุ้มจะเรียกว่า membrane, wall material, exterior phase, carrier material, matrix, coating หรือ shell มีหลายชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ได้แก่ k-carrageenan, chitosan, gelatin, whey protein, maltodextrin,pectin, alginate, xanthan gum, gellan gum, carboxymethyl cellulose และ liposome

2.4 ไลโปโซม

ไลโปโซม (Liposome) มีลักษณะเป็นถุงทรงกลมมีขนาดประมาณ 15 -1000 นาโนเมตร ประกอบด้วย phospholipid และอาจมี cholesterol เรียงตัวกันแบบ bilayer โดยฟอสโฟลิพิดมีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำโดยองค์ประกอบของฟอสโฟลิปิดมีผลอย่างมากต่อลักษณะของไลโปโซม รวมถึงขนาดอนุภาค ความแข็งแรง และความเสถียร ตัวอย่างเช่นไลโปโซมที่สร้างจากฟอสฟาติดิลโคลีนที่ไม่อิ่มตัวตามธรรมชาติ เช่น ฟอสฟาติดิลโคลีนจากไข่หรือถั่วเหลือง ให้คุณสมบัติที่ซึมผ่านได้สูงและมีความเสถียรต่ำ แม้ว่าไลโปโซมที่มีฟอสโฟลิปิดอิ่มตัว เช่น ไดพาลมิโทอิล ฟอสฟาทิดิลโคลีนจะทำให้โครงสร้าง bilayer แข็งและเกือบผ่านไม่ได้ (Akbarzadeh et al., 2013) สารที่ใช้ในการเตรียมไลโปโซมอาจจำแนกได้ดังนี้

2.4.1 ไขมันตามธรรมชาติ

ไขมันตามธรรมชาติคือเยื่อหุ้มเซลล์ปกติที่ประกอบไปด้วยฟอสโฟลิปิดเป็นส่วนใหญ่ มีการจับกันระหว่างกลีเซอรอลกับหมู่ฟอสเฟตและกับโมเลกุลของกรดไขมัน 2 โมเลกุล โดยกลุ่มฟอสเฟตยังสามารถจับกับโมเลกุลอินทรีย์ที่จำเป็นของโคลีนขนาดเล็กได้ ฟอสโฟลิปิดตามธรรมชาติสามารถหาได้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง ไข่แดง ซึ่งฟอสโฟลิปิดจัดเป็นฟอสฟาติดิลโคลีน, ฟอสฟาติดิลเอทานอลเอมีน, ฟอสฟาติดิลเซอรีน, ฟอสฟาติดิลโนซิทอล, ฟอสฟาติดิลกลีเซอรอล และกรดฟอสฟาติดิก ฟอสโฟลิปิดตามธรรมชาติมีความเสถียรน้อยกว่าฟอสโฟลิปิดสังเคราะห์ เพราะว่าฟอสโฟลิปิดตามธรรมชาติประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด ชนิดหนึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดปาล์มิติก , กรดมาร์การิกและอีกชนิดคือกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิกที่พบในเลซิตินของไข่แดง (Nsairat et al., 2022)

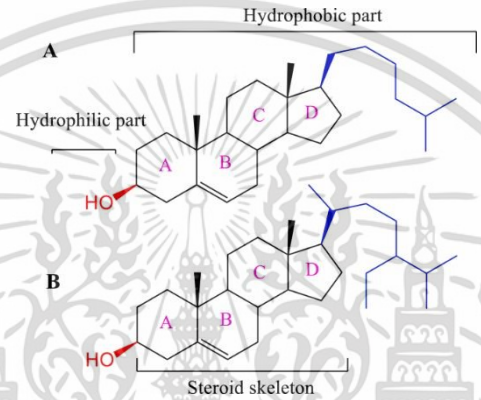
2.4.2 ไขมันสังเคราะห์

ไขมันสังเคราะห์ หรือ ฟอสโฟลิปิดสังเคราะห์ เกิดจากดัดแปลงทางเคมีเฉพาะในบริเวณที่ไม่มีขั้วและบริเวณที่มีขั้วของฟอสโฟลิปิดตามธรรมชาติ การดัดแปลงนี้จะทำให้ได้ฟอสโฟลิปิดที่หลากหลาย นอกจากนี้ ฟอสโฟลิปิดสังเคราะห์ยังสามารถทำจากกรดไขมันผสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไฮโดรเจนคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สเตียรอยด์

เป็นไขมันที่ไม่ชอบน้ำ ประกอบด้วยโครงสร้างวงแหวน 4 วง ดังรูปที่ 2.2 ความหลากหลายของ Steroid มาจากหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ โดยคอเลสเตอรอลเป็นสเตียรอยด์หลักที่มักใช้ในการเตรียมไลโปโซมในอัตราส่วนที่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของไขมันทั้งหมด เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงและความคงตัวของไลโปโซม เนื่องจากรวมอยู่ในไลโปโซมไขมันสองชั้น ในการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของคอเลสเตอรอลและ β-Sitosterol ต่อคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ไลโปโซมของ Jovanović et al. (2018) พบว่าสเตียรอยด์ทั้งสองชนิดช่วยลดความลื่นไหลของเยื่อหุ้มเซลล์ไลโปโซมเพิ่มศักย์ซีต้าสัมบูรณ์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในขนาดอนุภาค

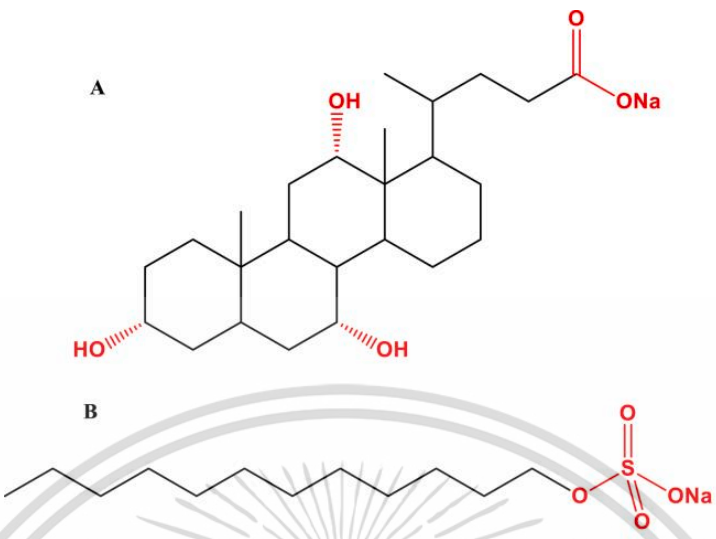


รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ Steroid skeleton A) cholesterol และ B) β-sitosterol.
ที่มา : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9118483/figure/fig6/

2.4.4. สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในสูตรของไลโปโซมเพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติการห่อหุ้มและการปลดปล่อยของไลโปโซมผ่านการลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสต่าง ๆ ที่ผสมกันไม่ได้ สารลดแรงตึงผิวเป็น acyl-chain amphiphiles ที่ทำให้ชั้นไขมันของอนุภาคนาโนลิพิดไม่เสถียร (รูปที่ 2.3) ดังนั้นจึงเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างของไลโปโซม สารลดแรงตึงผิวที่ใช้กันทั่วไปในสูตรไลโปโซม คือ โซเดียมโคเลต, Span 60, Span 80, Tween 60 และ Tween 80 ไลโปโซมที่มีสารลดแรงตึงผิวหลายชนิดถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในฐานะตัวพาในการนำส่งยาเพื่อเพิ่มการซึมผ่านผิวหนังของสารรักษาโรคที่ห่อหุ้ม ไลโปโซมที่เปลี่ยนรูปได้เรียกว่าทรานสเฟอร์โซม (transfersomes) เป็นแผ่นนาโนที่มีสารลดแรงตึงผิวซึ่งมีผลการวิจัยเชิงบวกในการนำส่งยาทางผิวหนัง (Gangwar et al., 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารลดแรงตึงผิว
A) sodium cholate, B) Sodium dodecyl sulfate (SDS).
ที่มา : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9118483/figure/fig7/

2.5 ประเภทไลโปโซม

การจำแนกประเภทของไลโปโซมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและการใช้งาน สามารถจำแนกตามความหลากหลายและคุณสมบัติทางโครงสร้าง เช่น รูปร่าง องค์ประกอบ (Singh., 2021) ดังนี้

2.5.1 แบ่งตาม structural parameter สามารถแบ่งได้ดังนี้ (รูปที่ 2.4)

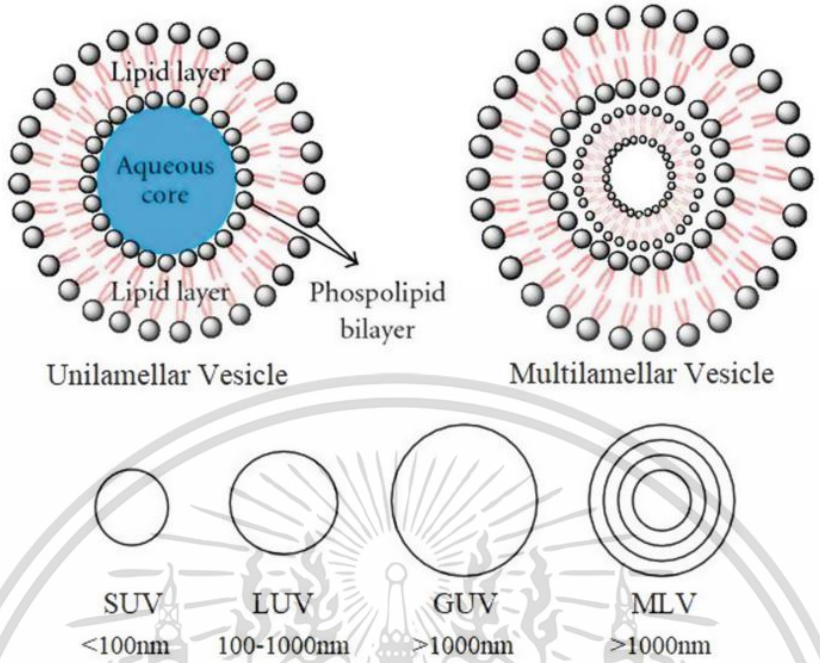
2.5.1.1. Small Unilamellar Vesicel (SUV) เป็นไลโปโซมที่มีขนาดกระเปาะเล็ก โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25-50 นาโนเมตร มีขนาดที่เล็กกว่าฝุ่น PM 2.5 ประมาณ 50 เท่า ที่มีผนังชั้นเดียว สามารถนำสารสำคัญเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ดี แต่มีขนาดเล็กจึงทำให้ขนส่งสารได้เพียงเล็กน้อย

2.5.1.2. Large Unilamellar Vesicle (LUV) เป็นไลโปโซมที่มีขนาดกระเปาะใหญ่กว่า SUV ประมาณ 5 เท่า และมีผนังชั้นเดียว สามารถบรรจุสารได้เยอะ แต่เข้าผ่าเซลล์ได้น้อย เนื่องจากมีขนาดใหญ่

2.5.1.3. Giant Unilamellar Vesicle (GUV) เป็นไลโปโซมที่มีขนาดใหญ่มากกว่า LUV ประมาณ 10 เท่า ที่มีผนังชั้นเดียวสามารถบรรจุสารสำคัญได้มาก

2.5.1.4. Multilamellar Vesicle (MLV) เป็นไลโปโซมที่มีผนัง 2 ชั้น และมีขนาดประมาณ 50-10,000 นาโนเมตร เหมาะสำหรับการนำส่งสารสำคัญจำพวกไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปแบบการแบ่งประเภทไลโปโซมตาม structural parameter

ที่มา : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-78787-5_48

2.5.2 แบ่งตามองค์ประกอบได้ดังนี้

2.5.2.1 ไลโปโซมทั่วไป (Conventional liposomes)

ไลโปโซมทั่วไปหรือไลโปโซมดั้งเดิม เป็นไลโปโซมชนิดแรกที่สร้างขึ้นและใช้ในอุตสาหกรรมยา ประกอบไปด้วยไขมันตามธรรมชาติหรือฟอสโฟลิปิด เช่น 1, 2-distearoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine (DSPC), sphingomyelin และ monosialoganglioside

2.5.2.2 ไลโปโซมที่ไวต่อค่าพีเอช (pH-sensitive liposomes)

โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยโดยทั่วไปประกอบด้วยฟอสฟาติดิลเอทานอลเอมีน ซึ่งมี head group ขนาดเล็ก มีรูปร่างโมเลกุลเป็น inverted cone shape มักใช้ร่วมกับไขมันที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอช (pH)

2.5.2.3 ไลโปโซมประจุบวก (Cationic liposomes)

เกิดจากการผสมลิพิดที่มีประจุบวก อย่างเช่น 1,2-di-O-octadecenyl-3-trimethylammonium propane (DOTMA) ในระหว่างการเก็บรักษาไลโปโซมที่มีประจุจะมีความเสถียรของไลโปโซมสูง เนื่องจากอนุภาคที่มีประจุจะผลักกันและลดความสามารถในการรวมตัว ไลโปโซมประจุบวกถูกนำมาใช้ในการรักษาด้วยยีนเนื่องจากความสามารถในการห่อหุ้มกรดนิวคลีอิกได้สำเร็จโดยการดึงดูดด้วยไฟฟ้าสถิต (San et al., 1993)

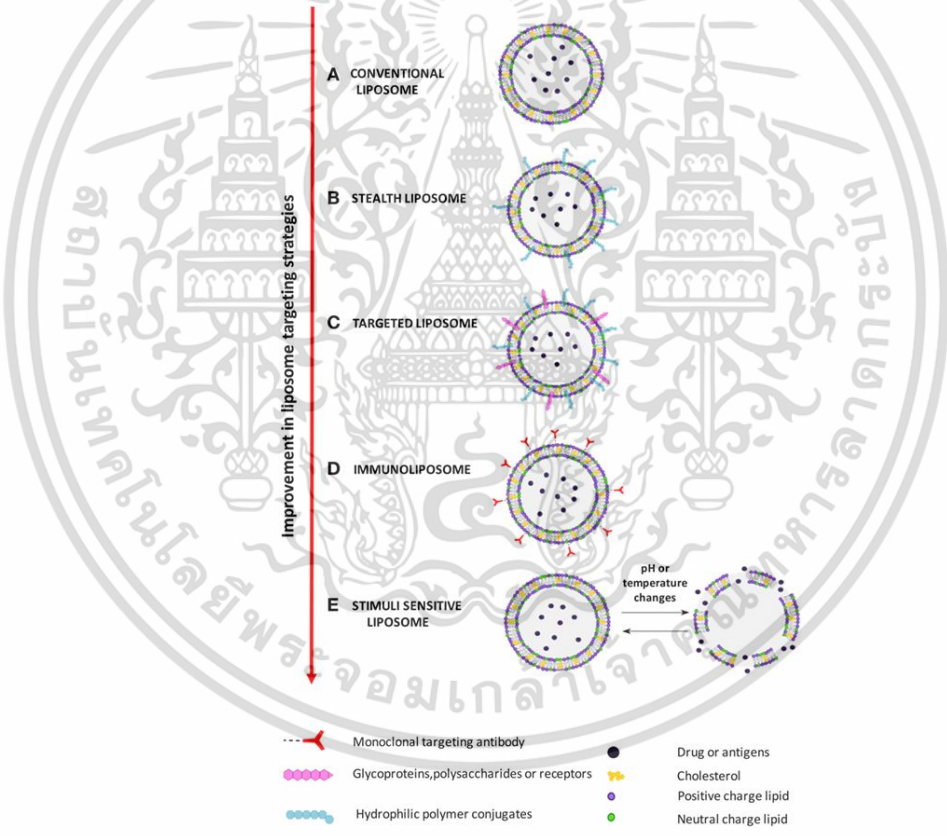
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.4 ไลโปโซมภูมิคุ้มกัน (Immune liposomes)

ไลโปโซมเหล่านี้มีโมโนโคลนอลแอนติบอดีหรือชิ้นส่วนที่มีฟอสโฟลิปิด ในบางกรณี แอนติเจนจะถูกสร้างขึ้นใหม่ในเยื่อหุ้มไลโปโซมหรือใส่เข้าไปในแกนภายในของไลโปโซมเพื่อเพิ่มการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน (Daraee et al., 2014)

2.5.2.5 ไลโปโซมอยู่ในกระแสเลือดนาน (Long circulating liposomes)

ไลโปโซมประเภทนี้ออกแบบมาเพื่อยืดเวลาการไหลเวียนของไลโปโซมในเลือด โดยหลีกเลี่ยงการนำส่งยาหรือสารสำคัญไปยังระบบเรติคูโลเอนโดทีเลียม (รูปที่ 2.5) โดยปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นผิวภายนอกของไลโปโซม เมื่อใช้กับ พอลิเอธิลีน ไกลคอล (polyethyleneglycol, PEG) ร่วมในระบบนำส่งยานี้ PEG สามารถทำให้เกิดการพองตัวของน้ำล้อมรอบอนุภาค ซึ่งช่วยเพิ่มการละลายของตัวพาและยาอีกทั้งยังป้องกันการถูกกำจัดออกจากร่างกาย ทำให้ระดับยาอยู่ในกระแสเลือดได้นานขึ้น (ภาสวีร์ และคณะ, 2555)



รูปที่ 2.5 ประเภทไลโปโซมที่จำแนกด้วยองค์ประกอบ

ที่มา : https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29459867/#&gid=article-figures&pid=figure-2-uid-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารกันเสีย

สารกันเสียคือสารเคมีหรือของผสมของสารเคมีที่ใช้ในการถนอมอาหาร โดยอาจจะใส่ลงในอาหารพ่นหรือฉาบรอบ ๆ ผิวของอาหารหรือภาชนะบรรจุสารดังกล่าวจะทำหน้าที่ยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียโดยอาจจะไปออกฤทธิ์ที่ผนังเซลล์รบกวนการทำงานของเอนไซม์หรือกลไกทางพันธุกรรมในเซลล์เป็นผลทำให้ จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้หรือตายในที่สุด (ศิวาพร, 2546) สารกันเสียที่ดีควรจะออกฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสีย มากกว่าที่จะออกฤทธิ์ยับยั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่ทำให้อาหารเป็นพิษ เพื่อป้องกันการเกิดการกลายพันธุ์ นอกจากนี้สารกันเสียไม่ควรจะเสื่อมคุณภาพเมื่อใส่ลงในอาหาร ยกเว้นสารกันเสียประเภทที่ฆ่าเชื้อได้ควรจะถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นสารไม่มีพิษหรือ ถูกทำลายได้ด้วยการหุงต้ม การใช้วัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งรวมถึงวัตถุกันเสียด้วย จะต้องใช้ในปริมาณเหมาะสมที่ทำให้เกิดผลตามต้องการ ไม่ควรใส่เกินขนาด เพราะผู้บริโภคจะได้สารเหล่านั้นมากเกินความจำเป็น ดังนั้นจึงมีประกาศกระทรวงสาธารณสุขห้ามใช้วัตถุกันเสียในอาหารเกิน 21 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (บุษกร, 2550)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Amiri et al. (2023) ศึกษาการห่อหุ้มสารชีวภาพทางทะเล โดยทดลองห่อหุ้มโปรตีนปลาไฮโดรไลเสต (FPH) น้ำมันปลา (FO) และสารสกัดจากไขมันกุ้ง นาโนไลโปโซมถูกเคลือบด้วยชั้นต่างๆ ด้วยเวย์โปรตีน (WPC) และไคโตซาน (CS) ทำการตรวจคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และความเสถียรในการออกซิเดชันของนาโนไลโปโซมใน โดย 21 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าการเคลือบเปลี่ยนขนาดอนุภาคของนาโนโซม ขนาดอนุภาคเฉลี่ยในนาโนไลโปโซมที่ไม่เคลือบผิวคือ 141.3 นาโนเมตร เมื่อสิ้นสุดการจัดเก็บ ศักยภาพของนาโนไลโปโซมที่ไม่เคลือบผิวลดลงจาก −84.7 mV เป็น −64.8 mV ความเข้มสีของนาโนไลโปโซมลดลงเล็กน้อย นาโนไลโปโซมที่เคลือบด้วย WPC-monolayer แสดงประสิทธิภาพการห่อหุ้มสูงสุด (ร้อยละ 98.38) ในขั้นแรก นาโนไลโปโซมที่ไม่เคลือบผิวซึ่งมี SHE แสดงกิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH สูงสุด (ร้อยละ 77.74) นาโนไลโปโซมที่เคลือบด้วย bilayer โดย WPC/CS จะเผยให้เห็นความเสถียรในการออกซิเดชันที่เหนือกว่า โดยสรุปผลการวิจัยระบุว่า การห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในทะเลในตัวพาไลโปโซมและการเคลือบโดย WPC เป็นโมโนไบเลเยอร์ด้วยไคโตซาน อาจเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหาร

Soubhagya and Srivastav (2023) ได้ศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดใบบัวบกด้วยไลโปโซม โดยพบว่าไลโปโซมที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม และขนาดเฉลี่ยของถุงอยู่ระหว่าง 512.67 ถึง 787.78 นาโนเมตร ศึกษาการเก็บรักษา การวิเคราะห์ออกซิเดชันของไขมัน และการวิเคราะห์ทางความร้อนของอนุภาคห่อหุ้ม ความเข้มข้นของเลซิตินจากถั่วเหลืองและสติกมาสเตอร์รอล มีผลต่อประสิทธิภาพการห่อหุ้มแตกต่างกันอย่างมาก หลังจากการห่อหุ้มด้วยเลซิตินจากถั่วเหลืองและสติกมาสเตอร์รอล ค่าสเปกตรัม FTIR แสดงการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การตรวจสอบการเก็บรักษา พบว่าสารเคมีฟี

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

นอลเสื่อมลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทุติยภูมิจะลดลงในไลโปโซมที่เติม CALE (CALE-LP) เมื่อเทียบกับไลโปโซมที่ไม่มี CALE ผลการวิจัยพบว่าไลโปโซมสามารถคงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากใบบัวบกไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์อาหารเสริมใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

Venkatalakshmi and senthamaraiselvi (2012) ทำการศึกษาผลการต่อต้านแผลในกระเพาะอาหารของสารสกัดจากใบ *Basella alba L* ในหนูเผือกที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยแอสไพริน โดยแบ่งกลุ่มหนูเผือกเป็น4 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุม ไม่ได้รับสารอื่นใด กลุ่มที่สองได้รับการฉีดแอสไพรินเพียงอย่างเดียว (150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว) กลุ่มที่สามได้รับสารสกัดใบบาเซลลา อัลบ้า (200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว) และแอสไพริน (150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว) เป็นเวลา 21 วัน กลุ่มที่สี่ได้รับสารสกัดใบบาเซลลา อัลบ้า เพียงอย่างเดียว (200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว) เป็นเวลา 21 วัน ในการทดลอง เมื่อเหนี่ยวนำด้วยแอสไพริน ดัชนีแผลในกระเพาะอาหาร เปอร์เซนต์ของการยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร ปริมาณพีเอชและเปปซินน้ำย่อยในหนูทดลอง พบว่าหนูกลุ่มที่สี่มีการฟื้นฟูใกล้เคียงมากที่สุดเมื่อเทียบกับหนูกลุ่มแรกที่เป็นชุดควบคุม ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดใบบาเซลลา อัลบ้า มีศักยภาพในการป้องกันระบบทางเดินอาหารในการรักษาแผลในกระเพาะอาหาร

Saleh (2011) ทำการศึกษาผลการป้องกันของสารสกัดผักปลังต่อความเป็นพิษต่อไตในหนู โดยทดลองในหนูแรทเผือก สายพันธุ์ Wistar โดยหนูกลุ่มแรกให้เจนตามัยซิน หรือGM เท่านั้น (100 มก./กก.) เป็นเวลา 8 วัน ในหนูกลุ่มที่บำบัดด้วยยา หนูถูกทดลองด้วยสารสกัดจากบาเซลลา อัลบ้า (250 และ 500 มก./กก. ต่อวันทางปาก) เป็นเวลา 14 วัน และบำบัดร่วมกับ GM เป็นเวลา 8 วัน หลังจาก 24 ชั่วโมงของโดสสุดท้าย ทำการเก็บตัวอย่างเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อจากสัตว์ เมื่อได้รับการดูแลทำให้เกิดภาวะไตวายที่สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในซีรั่ม ปัสสาวะ creatinine, ยูเรีย, กรดยูริก, แกมมา-กลูตามิลทรานสเฟอร์เนส (GGT) และระดับโปรตีน นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มขึ้นของระดับ malondialdehyde (MDA) การลดลงของความเข้มข้นของโปรตีนทั้งหมด (TPs) กลุ่มซัลไฟริล (SH) ที่ปราศจากในเนื้อเยื่อไต ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไต สารสกัดนี้ยังช่วยลดระดับโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม โปรตีน ครีอะตินีน ยูเรีย กรดยูริก และ GGT ในซีรั่มและปัสสาวะที่เกิดจาก GM อย่างมีนัยสำคัญ ระดับ MDA ของเนื้อเยื่อก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ผลการทดลองสารสกัดจาก บาเซลลา อัลบ้า ป้องกันความเป็นพิษต่อไตที่เกิดจากเจนตามัยซิน ซึ่งอาจช่วยเสริมระบบต้านอนุมูลอิสระของไต

Bamidele et al. (2010) ได้ศึกษาผลทางชีวเคมีและโลหิตวิทยาของสารสกัดผักปลังต่อหนู โดยการทดลองในหนูเผือกสายพันธุ์ Wistar แบ่งกลุ่มหนูเป็นสี่กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุมและได้รับน้ำเกลือปกติ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) ในขณะเดียวกันกลุ่มที่สอง สาม และกลุ่มสี่ได้รับสารสกัดจากใบบาเซลลา อัลบ้า 60 80 และ100 มก./กก. ตามลำดับเป็นเวลาสองสัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดจากใบบาเซลลา อัลบ้า เพิ่มจำนวนเม็ดเลือดแดง จำนวนเม็ดเลือดขาว ปริมาณเซลล์ที่อัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และ จำนวนเกล็ดเลือด สารสกัดจากใบบาเซลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลบ้า ยังช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ในตับ เช่น อัลคาไลน์ ฟอสฟาเทส (ALP) อะลานีน อะมิโนทรานสเฟอเรส (ALT) และแอสพาเทต อะมิโนทรานสเฟอเรส (AST) อย่างมีนัยสำคัญ โดยสรุปสารสกัดจากใบบาเซลลา อัลบ้า มีส่วนช่วยลดภาวะโลหิตจางลดการทำงานของเอนไซม์บางตัวในตับ

Mohammed et al. (2010) ทำการทดลองสกัดสารสกัดด้วยน้ำจากใบของ *Basella alba* ได้รับการผสมสูตรเป็นเจล และตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ รวมถึงกิจกรรมการรักษาแผลไหม้ สูตรเจลที่แตกต่างกันของสารสกัดของ *Basella alba* คือ (ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ถูกเตรียมโดยใช้โพลิเมอร์ carbopol 934 และ carbopol 940 โดยเปลี่ยนความเข้มข้น การศึกษาการรักษาบาดแผลของสารสกัดจาก *Basella alba* เผยให้เห็นว่า สัตว์ที่ได้รับการบำบัดด้วยเจลที่มีสารสกัด มีการสร้างเยื่อบุผิวใน 23 วัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมด้วยตัวทำละลายและหนูที่ไม่ได้รับการบำบัด จะถูกสร้างเยื่อบุผิวภายใน 35 และ 39 วัน ตามลำดับ สูตรผสม ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร carbopol 934 มีแนวโน้มดีขึ้นเนื่องจากแสดงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพที่ดีกว่า มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาสูงกว่า และความคงตัวที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรผสมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารสกัด

3.1.1.1 น้ำกลั่น

3.1.1.2 บีกเกอร์

3.1.1.3 เครื่องเขย่าสาร

3.1.1.4 เตาอบ

3.1.1.5 เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ

3.1.1.6 เครื่องชั่ง

3.1.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมไลโปโซม

3.1.2.1 Phosphatidylcholine

3.1.2.2 ethanol 90%

3.1.2.3 ขวดก้นกลม

3.1.2.4 เครื่องระเหยแบบหมุน

3.1.2.5 ตู้ดูดความชื้น

3.1.2.6 เครื่องโซนิเคต

3.1.2.7 น้ำกลั่น

3.1.2.8 เครื่อง Freeze dry

3.1.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

3.1.3.1 อาหาร Trypticase (tryptic) soy broth

3.1.3.2 อาหาร MHA

3.1.3.4 ตู้เพาะเชื้อ

3.1.3.5 ปิเปต

3.1.3.6 หลอดทดลอง

3.1.3.7 Cork borer

3.1.3.8 96-well plate

3.1.4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการถนอมอาหาร

3.1.4.1 เนื้อกุ้ง

3.1.4.2 บีกเกอร์

3.1.4.3 สารละลายอัลจิเนต

3.1.4.4 ถุงปลอดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.5 pH meter

3.1.4.6 น้ำกลั่น

3.1.4.7 แมกนีเซียมออกไซด์

3.1.4.8 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.4.9 สารละลายกรดบอริก

3.1.4.10 methyl red-bromocresol green

3.1.4.11 กรดไฮโดรคลอริก

3.1.4.12 Plate count agar (PCA)

3.2 การสกัดผักปลัง

การสกัดดัดแปลงมาจาก ศิรณา และคณะ (2561) โดยนำผักปลังมาทำความสะอาด แบ่งผักปลังเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ก้าน และใบ จากนั้นแบ่งการสกัดเป็น 3 วิธี วิธีที่ 1 นำมาสกัดด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วน ผักปลัง:ตัวทำละลาย 1:1 โดยใช้วิธีการเขย่าที่ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 150 นาที วิธีที่ 2 สกัดด้วยเอทานอล โดยนำมาอบจนแห้ง บดให้เป็นผง แล้วนำผงผักปลังส่วนก้านและใบมาผสมกับตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 90 ในสัดส่วน 1 ต่อ 10 จากนั้นบรรจุลงในหลอดหมุนเหวี่ยง 50 มิลลิลิตร นำไปวางในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน วิธีที่ 3 สกัดด้วยการต้ม ชั่งผงผักปลัง 10 กรัม ในบีกเกอร์และใส่น้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร (มล.) จากนั้นนำมาให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา20 นาที แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง ตามด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 หลังจากนั้นระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ เก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3 การเตรียมไลโปโซม

ไลโปโซมเตรียมจาก Phosphatidylcholine จากถั่วเหลือง อันดับแรกชั่งเลซิติน 400 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอลร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มล. ในขวดระเหยแบบหมุนก้นกลม วนจนเลซิตินละลายหมด แบ่งการเตรียมไลโปโซมเป็น 2 วิธี วิธีที่ 1 ใช้เทคนิค thin film hydration ที่ให้ความชุ่มชื้นและโซนิค (Bangham et al., 1965) โดยนำมาระเหยเอทานอลด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน ทิ้งฟิล์มบาง ๆ ไว้บนผนังของขวดก้นกลมจากนั้นเก็บไว้ที่ตู้ดูดความชื้นข้ามคืน วิธีที่ 2 นำมาอบในตู้อบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันหรือจนกว่าสารละลายจะแห้ง เก็บสารที่ได้ไว้ในตู้ดูดความชื้น 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเอนแคปซูเลชัน

นำสารสกัดจากก้านและใบที่เตรียมได้จากข้อ 3.2 มาผสมไลโปโซมที่เตรียมได้จากข้อ 3.3 ที่มีการเตรียมไลโปโซม 2 วิธี โดยใช้ไลโปโซมที่เตรียมได้จาก thin film hydration เนื่องจากไลโปโซมที่ได้มีความคงตัวและผสมเข้ากันได้ดีกับสารสกัด จากนั้นเติมน้ำกลั่นสามเท่าที่มีสารสกัด *B. alba* ในไลโปโซม เป็นเวลา 30 นาที และใช้เครื่องเขย่าสาร เพื่อให้ไลโปโซมกระจายอย่างทั่วถึง สารสกัดที่ไม่มีไลโปโซมเป็นตัวควบคุม แล้ว sonicate ไขมันในอ่าง sonicator เป็นเวลา 15 วินาที เพื่อช่วยให้ไขมันแขวนลอยอยู่ในสารละลาย เมื่อไลโปโซมแขวนลอยอยู่ในสารละลายแล้ว ให้แช่ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ข้ามคืน แล้วนำไป freeze dry

3.5 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.5.1 การเตรียมเชื้อที่ทดสอบ

แบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ *Vibrio* sp., *Escherichia coli* และ*Staphylococcus aureus* นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร tryptic soy broth (TSB) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปรับความเข้มข้นของแต่ละเชื้อให้มีความขุ่นตามมาตรฐาน McFarland No. 0.5 เพื่อให้ได้จำนวนเชื้อประมาณ $1.5x10^8$ เซลล์/มิลลิลิตร

3.5.2 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วย Agar well diffusion

ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มไลโปโซม ที่ได้จากการสกัดผักปลังส่วนก้านและใบ ด้วยวิธีการต้มและการเอนแคปซูเลชันด้วยวิธี thin film hydration ในข้อ3.4 ด้วย Well diffusion method ตามวิธีของ (Tagrida and Benjakul, 2022) ทำได้โดยนำเชื้อแขวนลอยในอาหาร TSB เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ 37 องศาเซลเซียสมาเจือจางให้ได้ ความเข้มข้น 10^6 เซลล์/มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารสกัดความเข้มข้น 110, 90 และ 70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) จากนั้นเจาะหลุมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรด้วย Sterile cork borer แล้วเติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาณ 40 ไมโครลิตร และใช้ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลินเป็นตัวควบคุมเชิงบวก Dimethyl Sulfoxide (DMSO) 10% เป็นตัวควบคุมเชิงลบ

3.5.3 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย

ในการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ (Minimum inhibitory concentration, MIC) ดัดแปลงมาจากวิธีของ (Tagrida and Benjakul, 2022) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trypticase soy broth นำสารสกัดผักปลังมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ โดยเจือจางเป็นลำดับส่วนจะได้ความเข้มข้นของสารสกัด เป็น 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12, 1.56, 0.78, 0.39 และ 0.195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ลงใน 96-well microplate ที่ปลอดเชื้อ ส่วน positive control คือหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเพียงอย่างเดียวไม่มีสารสกัด จากนั้นใส่เชื้อแบคทีเรีย 100 ไมโครลิตร และบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ 37 องศาเซลเซียส แล้วให้สังเกตหลอดสุดท้ายที่ไม่มีจุลินทรีย์เจริญหรือสังเกตอาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดไม่ขุ่น อ่านความเข้มข้นของสารทดสอบ บันทึกเป็นค่า MIC หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3.5.4 การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าแบคทีเรีย

จากการหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมที่ทำให้เชื้อไม่เจริญ (Minimal bactericidal concentration, MBC) ในอาหารเหลวนั้นสามารถนำมาหาค่า MBC ตามวิธีของ ธนภพ และคณะ (2558) โดยนำหลอดที่ทำการทดสอบจากการหาค่า MIC ที่ไม่มีความขุ่นทุกหลอดไป spread plate บนอาหาร trypticase soy agar ถ้าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ก็จะไม่พบการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่ถ้าเชื้อไม่ตายก็จะพบการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.6 การประเมินประสิทธิภาพการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งขาว

3.6.1 การเตรียมเนื้อกุ้ง

เตรียมกุ้งขาวสด ขนาด 80-95 ตัวต่อกิโลกรัม จากห้างแมคโคร สาขาลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ล้างกุ้งขาวให้สะอาด นำหัวกุ้งออก จากนั้นนำเส้นหลังกุ้งออก เหลือเพียงเนื้อกุ้ง เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการทดลองในขั้นต่อไป เก็บรักษาไม่เกิน 1 ชั่วโมง

3.6.2 การศึกษาผลของสารสกัดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อกุ้ง

โดยการนำสารลายสกัดผักปลังส่วนใบและก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม มาทำการเจือจางด้วยน้ำสะอาดที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ และวางไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำตัวอย่างกุ้งที่เตรียมไว้แช่ในสารละลายผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มไลโปโซม โดยแช่นาน 1 นาที นำขึ้นจากสารละลาย วางให้สะเด็ดน้ำนาน 10 นาที ควบคุมอุณหภูมิในการแช่ที่ 4±1 องศาเซลเซียส โดยมีตัวอย่างควบคุมคือเนื้อกุ้งที่ไม่มีสารสกัด หลังจากนั้นบรรจุในถุงปลอดเชื้อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 4±1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การวิเคราะห์คุณภาพค่าความเป็นกรดด่าง

สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี โดยการชั่งตัวอย่างกุ้งขาวที่บดละเอียด 10 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร วัดค่าพีเอชด้วย pH meter

3.6.4 การวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด

การหาสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด ดัดแปลงมาจาก ชญาณิศ และคณะ (2020) นำตัวอย่างกุ้งสับชั่ง 2 กรัม เติมสารละลาย Trichloroacetic acid ความเข้มข้น 4% ปริมาณ 8 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่อง Vortex ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง No.1 จากนั้น ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของจานคอนเวย์ เติมกรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ 1 ซึ่งประกอบด้วย อินดิเคเตอร์ (โบรโมครีซอลกรีน และเมทิลเรด) หรือเรียกว่า Inner ring solution 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นในของจานคอนเวย์ และดูดสารละลาย K_2CO_3 อิ่มตัว 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของ จานคอนเวย์ ปิดฝาจานคอนเวย์ให้สนิท หมุนจานคอนเวย์เบาๆ ให้ K_2CO_3 ผสมกับสารละลายตัวอย่าง ทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง 60 นาที เพื่อให้สารระเหยได้ทั้งหมดได้ปลดปล่อยออกมาในสภาวะที่เป็นด่าง และทำปฏิกิริยากับ กรดบอริกเกิดเป็นเกลือของกรดบอริกจะได้เป็นสีเขียว เมื่อครบเวลาแล้ว เปิดฝาจานคอนเวย์แล้วไตเตรท ที่วงกลมชั้นในด้วยสารละลาย Hydrochloric acid เข้มข้น 2 นอร์มอล จนกระทั่ง สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จดบันทึกปริมาตร Hydrochloric acid ไว้เพื่อคำนวณการทำ Blank โดยใช้ สารละลาย Trichloroacetic acid เข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 1 มล. โดยคำนวณปริมาณ TVB-N ดังนี้

TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100กรัมตัวอย่าง) = (N)(14)(A-B)(V)(100)/น้ำหนักตัวอย่าง

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท (นอร์มอล)

A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

V คือ ปริมาตรรวมของตัวอย่างและสารละลาย

3.6.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำตัวอย่างกุ้งขาวมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์เคมีและประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนมีปริมาณเชื้อมากกว่า 10^7 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม รวมถึงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาตลอดระยะเวลาในการทดลอง 10 วัน นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยใช้ one -way Anova ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

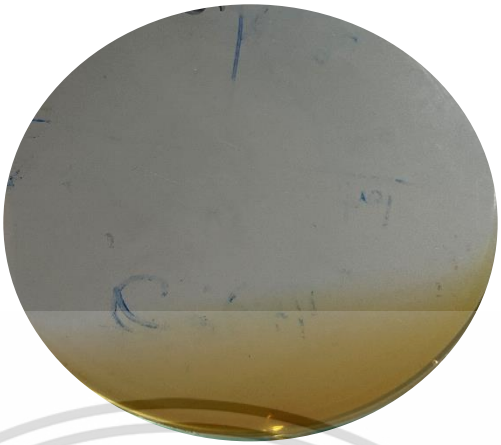
4.1 ผลการสกัดสารจากผักปลัง

จากการสกัดผักปลังด้วยน้ำกลั่น (รูปที่ 4.1), สกัดด้วยเอทานอล (รูปที่ 4.2) และสกัดด้วยการต้ม (รูปที่ 4.3) เมื่อเก็บรักษาสารสกัดไว้ในอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดผักปลังด้วยน้ำกลั่นเกิดการเน่าเสียเร็วที่สุด อีกทั้งยังมีการตกตะกอนของสารสกัดมากที่สุด ส่งผลให้สารสกัดที่ได้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำกว่าสารสกัดที่ได้จากวิธีอื่น ในขณะที่สารสกัดที่ได้จากการต้มสามารถเก็บไว้ได้นานที่สุด และมีการตกตะกอนน้อยที่สุด

รูปที่ 4.1 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการแช่ในน้ำกลั่น

รูปที่ 4.2 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากวิธีการแช่เอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการต้ม

4.2 ผลการเตรียมไลโปโซม

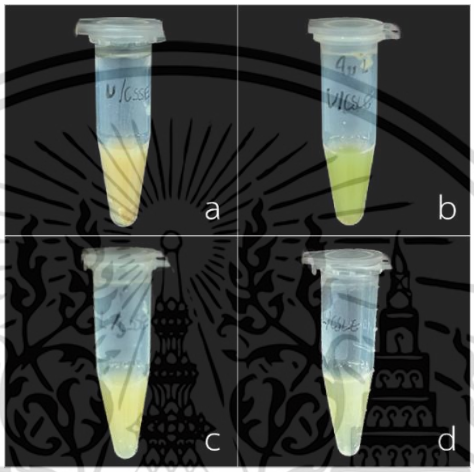
จากการเตรียมไลโปโซมด้วยเทคนิค thin film hydration และการอบ พบว่าการเตรียมไลโปโซมด้วยวิธีการอบ ฟิล์มที่ได้มีลักษณะหนา ทำให้ผสมกับสารสกัดจากข้อ 4.1 ได้ยากและใช้ระยะเวลานานกว่าการเตรียมไลโปโซมด้วยเทคนิค thin film hydration ที่ฟิล์มมีลักษณะบาง (รูปที่ 4.4) และผสมกับสารสกัดได้ดี

รูปที่ 4.4 ลักษณะไลโปโซมก่อนเข้าเครื่องระเหยแบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลเอนแคปซูเลชันของผักปลัง

จากการนำมาเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม และผ่านกระบวนการ Freeze dry พบว่าลักษณะของสารสกัดทั้งหมดมีลักษณะเปลี่ยนไป เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าสีเขียวของสารสกัดที่ถูกห่อหุ้มด้วยไลโปโซมที่ได้จากข้อ 4.2 จางกว่าสีของสารสกัดที่ไม่ได้เอนแคปซูเลชัน (รูปที่ 4.5) แสดงให้เห็นว่าไลโปโซมสามารถลดความเข้มของสีได้ สอดคล้องกับวิจัยของ จักรภัทร และคณะ (2561) พบว่าเมื่อความเข้มของฟอสโฟลิพิดเพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำมันปลาถูกกักเก็บไว้ในไลโปโซมได้ดียิ่งขึ้นและจะทำให้ค่าสีลดลง โดยสีที่แสดงออกมาจะเป็นสีของไลโปโซม



รูปที่ 4.5 สารละลายของสารสกัดผักปลัง โดยที่สารสกัดผักปลังส่วนก้าน (a), สารสกัดผักปลังส่วนใบ (b), สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม (c) และ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้ม ไลโปโซม (d)

4.4 ผลทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

4.4.1 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วย Agar well diffusion

จากการทดลองฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* sp. ของสารสกัดผักปลังส่วนใบและส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม ผลการทดสอบด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่าสารสกัดผักปลังส่วนก้าน (U/CSSE) มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้มากกว่า สารสกัดผักปลังส่วนใบ (U/CSLE) เล็กน้อย ดังตารางที่ 4.1 ในขณะที่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม (L/CSLE) มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Vibrio* sp., *E. coli* และ *S. aureus* ดังรูปที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 ได้มากกว่าสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซม (L/CSSE) นอกจากนี้ผลการยับยั้งของสารสกัดผักปลังเมื่อเทียบผลทางสถิติพบว่าที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมมีประสิทธิภาพในการเกิดเคลียร์โซนมากกว่าสารสกัดผักปลังที่ไม่ได้ถูกห่อหุ้ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการห่อหุ้มด้วยไลโปโซม สามารถช่วยเพิ่มความเสถียรและความคงตัวของสารสกัดได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ฤทธิ์ต้านจุลชีพของส่วนสกัดจากผักปลัง ทดสอบโดยวิธี Well diffusion method

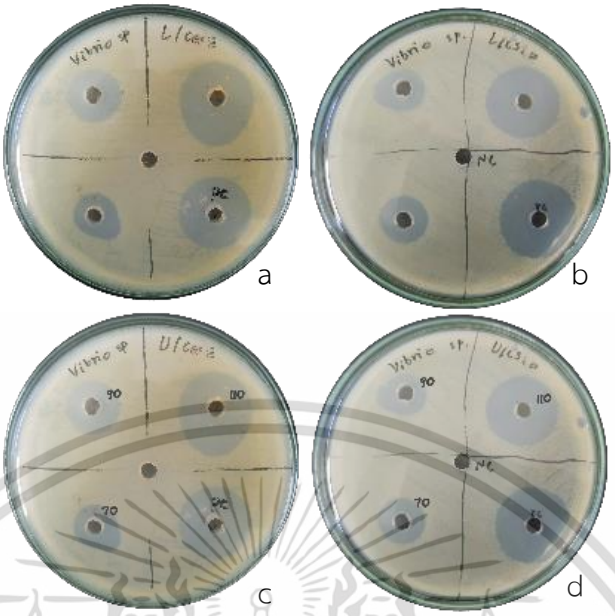
สารสกัด	ความเข้มข้น (มก./มล.)	Zone of inhibition in mm		
		Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*	*Vibrio* sp.
L/CSSE	110	11.37 ± 1.52 ^{Cb}	8.70 ± 1.58 ^{Fa}	8.70 ± 0.61 ^{CDa}
	90	10.42 ± 1.55 ^{BCc}	8.16 ± 1.26 ^{BCDb}	6.08 ± 0.67 ^{ABCDa}
	70	9.02 ± 1.55 ^{ABb}	6.56 ± 1.64 ^{ABa}	5.15 ± 0.66 ^{ABa}
Penicillin (Positive control)		12.20 ± 1.64 ^{Db}	9.71 ± 1.62 ^{Ga}	9.40 ± 0.32 ^{Ea}
L/CSLE	110	13.18 ± 0.25 ^{Dc}	10.71 ± 1.85 ^{FGb}	8.90 ± 0.25 ^{CDa}
	90	12.02 ± 0.59 ^{CDc}	9.68 ± 1.61 ^{CDEb}	6.60 ± 1.25 ^{DEa}
	70	11.19 ± 0.56 ^{Cc}	8.63 ± 1.64 ^{ABCb}	5.46 ± 0.35 ^{BCDa}
Penicillin (Positive control)		14.02 ± 0.28 ^{Db}	11.84 ± 0.62 ^{Gab}	10.05 ± 0.12 ^{Ea}
U/CSSE	110	10.40 ± 0.27 ^{BCb}	7.43 ± 0.42 ^{DEa}	7.25 ± 1.08 ^{ABCa}
	90	8.90 ± 0.28 ^{ABb}	6.85 ± 0.32 ^{CDEa}	6.85 ± 0.86 ^{ABCa}
	70	7.45 ± 0.45 ^{Db}	6.13 ± 0.30 ^{CDEa}	6.78 ± 0.67 ^{Aab}
Penicillin (Positive control)		12.26 ± 0.79 ^{Dc}	9.14 ± 0.31 ^{Ga}	10.61 ± 0.87 ^{Eb}
U/CSLE	110	9.35 ± 0.44 ^{Bb}	7.35 ± 0.44 ^{EFa}	7.76 ± 0.80 ^{ABCa}
	90	8.95 ± 0.65 ^{ABc}	7.24 ± 0.30 ^{ABCDb}	5.94 ± 0.75 ^{ABCa}
	70	8.73 ± 0.11 ^{ABc}	6.05 ± 0.45 ^{Ab}	4.55 ± 1.10 ^{Aa}
Penicillin (Positive control)		14.91 ± 0.62 ^{Dc}	11.06 ± 0.45 ^{Gab}	10.47 ± 0.58 ^{Ea}
DMSO (Negative control)		-	-	-

หมายเหตุ : การแสดงผลอยู่ในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

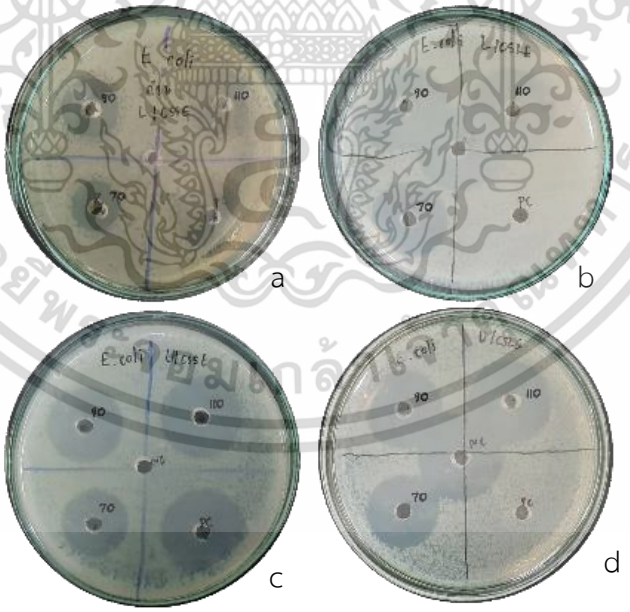
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ (แนวตั้ง) และพิมพ์เล็ก (แนวนอน) ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง และแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

: U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

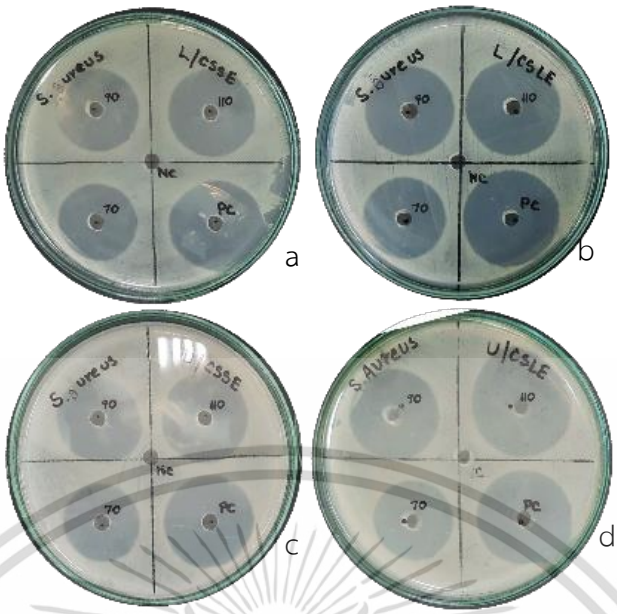


รูปที่ 4.6 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Vibrio* sp. โดยให้ (a) สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (b) สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (c) สารสกัดผักปลังส่วนก้าน และ (d) สารสกัดผักปลังส่วนใบ



รูปที่ 4.7 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* โดยให้ (a) สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (b) สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (c) สารสกัดผักปลังส่วนก้าน และ (d) สารสกัดผักปลังส่วนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยให้ (a) สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (b) สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม, (c) สารสกัดผักปลังส่วนก้าน และ (d) สารสกัดผักปลังส่วนใบ

4.4.2 ผลการศึกษาหาความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียในขั้นตอนที่ 4.4.1 เบื้องต้นพบว่าสารสกัดผักปลังมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย เมื่อนำสารสกัดมาทดสอบหาค่า MIC พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดผักปลังส่วนก้านห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSSE) ที่ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* sp. ได้ ในขณะที่ความเข้มข้นของสารสกัดผักปลังส่วนใบห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSLE) ที่ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ โดยเชื้อ *Vibrio* sp. ต้องใช้สารสกัด 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อสารสกัดถูกห่อหุ้มด้วยไลโปโซมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ ผลการทดสอบค่า MBC (ตารางที่ 4.3) ของสารสกัดผักปลังส่วนใบและก้านต่อเชื้อ *S. aureus* เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เชื้อ *E. coli* และ *Vibrio* sp. มีค่า MBC เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซมต่อเชื้อ *S. aureus*, *E. coli* และ *Vibrio* sp. มีค่า MBC เท่ากับ 12.5, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่า MBC ต่อเชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์ เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบหาค่า MIC ของสารสกัดผักปลังต่อเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อทดสอบ	Minimum inhibitory concentration (มก./มล.)			
	L/CSSE	L/CSLE	U/CSSE	U/CSLE
Staphylococcus aureus	25	25	25	50
Escherichia coli	25	25	50	50
Vibrio sp.	25	50	50	50

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบหาค่า MBC ของสารสกัดผักปลังต่อเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อทดสอบ	Maximum inhibitory concentration (มก./มล.)			
	L/CSSE	L/CSLE	U/CSSE	U/CSLE
Staphylococcus aureus	25	12.5	25	25
Escherichia coli	25	25	50	50
Vibrio sp.	25	50	50	50

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการถนอมอาหารของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมในเนื้อกุ้งขาว

4.5.1 ผลความเป็นกรด-ด่าง

ในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเนื้อกุ้งหลังจากได้รับสารสกัดผักปลัง พบว่า ชุดควบคุมมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.32-6.88 และเมื่อระยะเวลาผ่านไปค่าพีเอชมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น (Bensid et al., 2014) ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.9 โดยที่เนื้อกุ้งควบคุมมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาคือ เนื้อกุ้งที่มีสารสกัดผักปลังส่วนก้าน สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรีย แสดงในรูปที่ 4.9 ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการแช่สารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มไลโปโซม มีค่าพีเอชน้อยลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีความสามารถในการชะลอการเพิ่มขึ้นของพีเอชได้ เป็นไปได้ว่าเพราะองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผักปลังส่วนใบสามารถชะลอและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang and Brown (1983) พบว่าการเพิ่มขึ้นของพีเอชมี ความสัมพันธ์กับกิจกรรมของแบคทีเรียที่สามารถผลิตสารประกอบเอมีนที่ระเหยได้ เกิดการเน่าเสียต่อเนื่องโดยมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้พีเอชเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของผ่องเพ็ญ และคณะ (2529) พบว่ากุ้งที่มีความสดในระดับปานกลางไม่ควรมีค่าพีเอชเกิน 7.30 เนื่องจากโดยปกติ เมื่อสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์จากในตัวสัตว์น้ำเองและจากจุลินทรีย์แล้วเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม ด่างที่ระเหยได้เช่น แอมโมเนีย ไตรเมทิลเอมีน (TMA-N) ไดเมทิลเอมีน (DMA) เมทิลเอมีน (methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Ozyurt et al., 2009)

4.5.2 ผลสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด

ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของเนื้อกุ้งขาวที่แช่สารสกัดผักปลังของก้าน และใบที่ห่อหุ้มและไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม โดยใช้ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่ไม่มีสารสกัดเป็นตัวควบคุม (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.10) พบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้แช่ในสารสกัดมีค่า TVB-N เท่ากับ 41.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (มล./100ก.) ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่แช่ด้วยสารสกัดผักปลังจากส่วนก้านและใบ ในขณะที่ตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังส่วนก้าน และใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม มีค่า TVB-N เท่ากับ 33.26 และ 34.12 มล./100ก. ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีสารสกัดส่วนก้านและใบที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่า TVB-N เท่ากับ 39.83 และ 39.25 มล./100ก. ตามลำดับ โดยในวันที่ 6 ของการทดลองพบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า TVB-N เท่ากับ 36.74 มล./100ก. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของสัตว์น้ำที่ไม่สามารถบริโภคได้เนื่องจากเกิดการเน่าเสีย ปริมาณที่ยอมรับได้ของกุ้งต้องมีค่า TVB-N น้อยกว่า 12 มล./100ก. และกุ้งที่รับประทานได้แต่มีกลิ่นเล็กน้อยอยู่ในช่วง 20-25 มล./100ก. (Okpale et al., 2014) ในทุกตัวอย่างจะมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้งร่วมกับการเน่าเสียจากของกิจกรรมจุลินทรีย์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม TVB-N โดยตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังมีค่า TVB-N เริ่มต้นที่ 8.1-8.3 มล./100ก. ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Don and Xavier. (2018) และ Yuan et al. (2012) มีปริมาณ TVB-N เริ่มต้น 7.2 และ 7.9 มก./100 ก. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของตัวอย่างเนื้อกุ้งที่มีสารสกัดผักปลัง

สารสกัด	วัน					
	0	2	4	6	8	10
U/CSSE	6.32	6.93	7.15	7.2	7.34	7.45
U/CSLE	6.45	6.97	7.05	7.07	7.21	7.39
L/CSSE	6.88	7.11	7.14	7.3	7.29	7.37
L/CSLE	6.88	7.12	7.09	7.26	7.17	7.28
Control	6.83	6.83	7.11	7.13	7.39	7.49

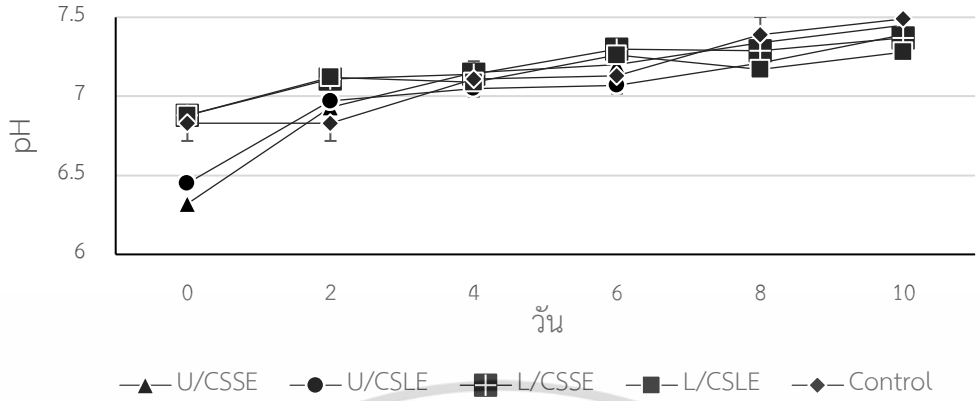
หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)

สารสกัด	วัน					
	0	2	4	6	8	10
L/CSSE	8.18±0.01	12.08±0.03	15.86±0.08	23.07±0.04	28.37±0.04	33.26±0.03
L/CSLE	8.21±0.03	13.46±0.02	16.45±0.05	23.80±0.04	29.37±0.06	34.12±0.05
U/CSSE	8.08±0.02	15.80±0.07	20.16±0.07	24.16±0.06	36.81±0.02	39.83±0.02
U/CSLE	8.20±0.03	14.38±0.04	19.89±0.06	23.85±0.23	34.16±0.04	39.25±0.04
Control	8.37±0.03	21.88±0.04	24.45±0.05	36.74±0.04	38.28±0.05	41.55±0.04

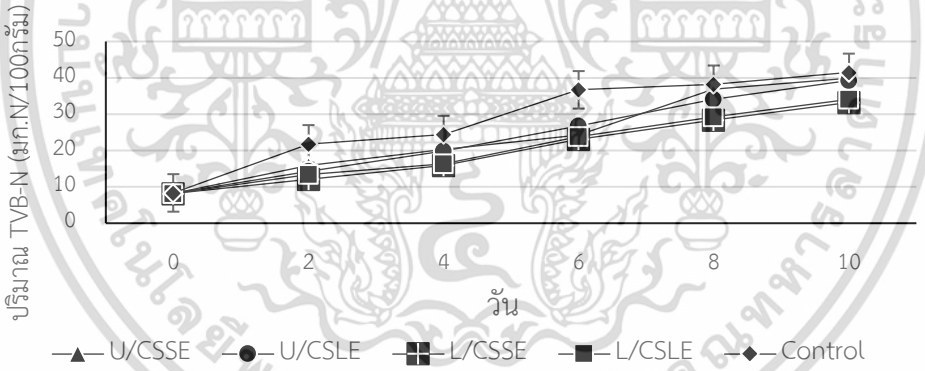
หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของสารสกัดผักปลัง

U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และ Control คือ ตัวอย่างที่ไม่มีสารสกัด



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดของสารสกัดผักปลัง

U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และ Control คือ ตัวอย่างที่ไม่มีสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ผลวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

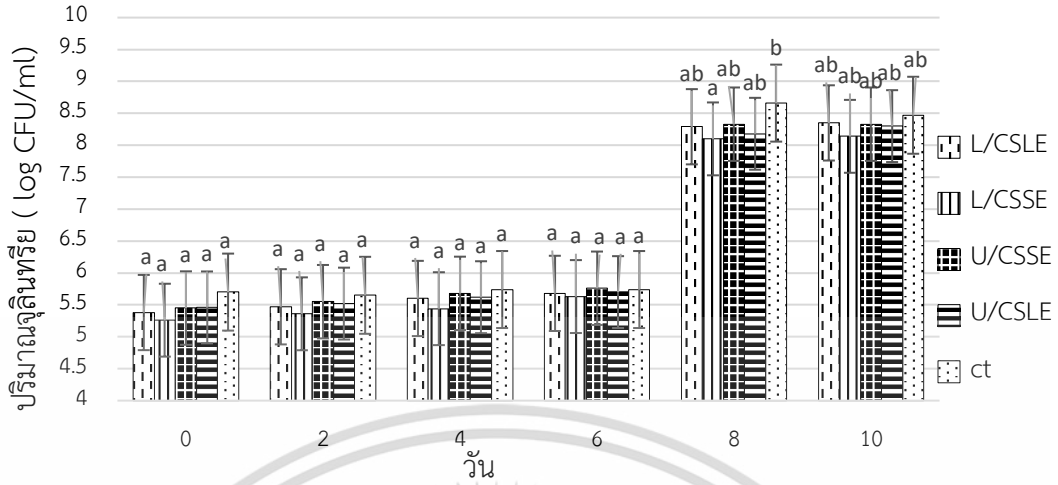
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุ้งขาวในวันเริ่มต้นการทดลอง พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ 4.88×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (เซลล์/มล.) ในขณะที่ตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม และไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 1.59×10^5 และ2.85×10^5 เซลล์/มล. ตามลำดับ และตัวอย่างที่มีสารสกัดส่วนใบที่ห่อหุ้ม และไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่าเท่ากับ 2.34×10^5 และ2.96×10^5 เซลล์/มล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.11) โดยการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่าง พบว่าหลังการแช่ในสารละลายต่าง ๆ พบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ขึ้นสูงกว่าตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้ม และไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม แสดงในตารางที่ เนื่องจากการแช่ในสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้ม และไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม ทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างบางส่วนไม่เจริญเติบโต หรือมีแนวโน้มชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในวันถัดไป แสดงให้เห็นว่าสารสกัดผักปลังมีประสิทธิภาพในการต่อต้านแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวก ดังเช่นงานวิจัยของ Tripathy and Srivastav (2023) พบว่าสารสกัดที่ห่อหุ้มด้วยไลโปโซมสามารถคงฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากกว่าสารสกัดธรรมดา โดยมีค่า Half-life มากกว่าสารสกัดธรรมดาถึง 2 เท่า เนื่องจากสารสำคัญจะสลายตัวเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงขึ้น ดังนั้นการห่อหุ้มจึงสามารถป้องกันสารสกัดภายได้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างเนื้อกุ้ง (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

สารสกัด	วัน					
	0	2	4	6	8	10
L/CSSE	1.59×10^5	2.14×10^5	2.65×10^5	4.48×10^5	1.37×10^8	1.46×10^8
L/CSLE	2.34×10^5	2.12×10^5	3.61×10^5	4.42×10^5	2.13×10^8	2.43×10^8
U/CSSE	2.85×10^5	3.75×10^5	5.38×10^5	6.46×10^5	2.35×10^8	2.30×10^8
U/CSLE	2.96×10^5	3.52×10^5	4.52×10^5	5.44×10^5	1.56×10^8	2.14×10^8
Control	4.88×10^5	5.61×10^5	6.28×10^5	5.93×10^5	2.97×10^8	3.15×10^8

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และ ct คือ ตัวอย่างกุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง (ตัวควบคุม)

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการสกัดผักปลังและการเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซมพบว่า การสกัดผักปลังด้วยวิธีการแช่น้ำกลั่นและเอทานอล ทำให้สารสกัดผักปลังที่ได้มีลักษณะเข้ม เน่าเสียไว และยังเกิดการตกตะกอนที่จะส่งผลให้การวิเคราะห์ต่าง ๆ ได้ผลคลาดเคลื่อนจึงเลือกสารสกัดที่ได้จากวิธีการต้ม ที่มีความคงตัวมากกว่า และสามารถเก็บไว้ได้นาน การเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม พบว่าการเตรียมไลโปโซมด้วยวิธี thin film hydration มีความสามารถในการผสมกับสารสกัดได้ดีกว่าการเตรียมไลโปโซมด้วยการอบ จึงนำสารสกัดจากวิธีดังกล่าวมาทดสอบต่อไปแล้วได้ผลดังนี้

การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งทางชีวภาพของสารสกัดผักปลัง *Basella alba.* ด้วยวิธี Agar well diffusion ในแบคทีเรียทดสอบ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* sp. พบว่า สารสกัดผักปลังมีฤทธิ์ยับยั้งต่อเชื้อแบคทีเรียทดสอบทั้งหมด โดยที่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSLE) มีผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด มีค่า inhibition zone อยู่ในช่วง 5.46-11.19 มิลลิเมตร จากข้อมูลทางสถิติพบว่าสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีผลการยับยั้งดีกว่าสารสกัดที่ไม่มีไลโปโซมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดผักปลังสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวกได้

จากผลการทดลองความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) ของสารสกัดผักปลัง พบว่า สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSSE), สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม (L/CSLE) และสารสกัดผักปลังส่วนก้าน (U/CSSE) มีค่า MIC ต่อเชื้อ *S. aureus* ต่ำสุดเท่ากันที่ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลทดสอบต่อเชื้อ *E. coli* ของสารสกัด L/CSSE และ L/CSLE มีค่า MIC เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัด U/CSSE และ U/CSLE มีค่า MIC ต่ำที่สุด เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้สารสกัด L/CSLE U/CSSE และ U/CSLE มีค่า MIC ต่ำที่สุดต่อเชื้อ *Vibrio* sp. เท่ากันที่ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยที่สารสกัดผักปลังส่วนใบ (U/CSLE) มีค่า MIC ต่อเชื้อทดสอบทั้ง 3 ชนิดเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการทดลองความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration: MBC) ของสารสกัดผักปลัง ด้วยวิธี spread plate พบสารสกัดผักปลัง L/CSLE, U/CSSE และ U/CSLE มีค่า MBC เท่ากันต่อเชื้อ *Vibrio* sp. ที่ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยที่สกัดผักปลัง L/CSSE มีค่า MBC ต่อเชื้อ *Vibrio* sp. เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L/CSLE มีค่า MBC ต่ำที่สุดต่อเชื้อ *S. aureus* เท่ากับ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัด L/CSSE, U/CSSE และ U/CSLE มีค่า MBC ต่อเชื้อ *S. aureus* เท่ากันที่ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า MBC ต่อเชื้อ *E. coli* ของสารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่ามากกว่า 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดผักปลังที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่ามากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากผลการทดลองใช้สารสกัดผักปลังในการยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อกุ้งขาวแช่เย็นมีผลการทดสอบค่าพีเอช พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าพีเอชที่สูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อยู่ในช่วง 7.39-7.49 โดยตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังมีค่าพีเอชต่างกันเพียงเล็กน้อย

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของสารสกัดผักปลัง พบว่าปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ของตัวอย่างควบคุมมีปริมาณมากกว่าสารสกัดในตัวอย่างอื่น ๆ โดยตัวอย่างควบคุมมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้มากที่สุดเท่า 41.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในขณะที่ตัวอย่างที่มีสารสกัดส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้น้อยที่สุดเท่ากับ 33.26 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในวันที่ 6 ของการทดลองพบว่าสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ของทุกตัวอย่างมีปริมาณมากกว่า 25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์ของสัตว์ที่ไม่สามารถบริโภคได้เนื่องจากเกิดการเน่าเสีย ซึ่งสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีค่าสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้น้อยที่สุดที่ 23.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.46×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์มากที่สุดเท่ากับ 3.15×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และสารสกัดผักปลังส่วนก้านและใบที่ห่อหุ้มไลโปโซมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่มีสารสกัดผักปลังส่วนก้านและที่ไม่ได้ถูกห่อหุ้ม

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสารสกัดผักปลังมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการเอนแคปซูเลชันด้วยไลโปโซม สามารถช่วยกักเก็บสารสำคัญไว้ไม่ให้เสื่อมเสียตามอุณหภูมิ ทำให้ที่มีแนวโน้มเป็นทางเลือกในการยืดอายุอาหารในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพของไลโปโซมที่ห่อหุ้มสารสำคัญ

5.2.2 การทดลองฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียเพิ่มเติมในกลุ่มเชื้อที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

5.2.3 ศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมระหว่างเนื้อกุ้งขาวที่ใส่สารสกัดผักปลังที่ห่อหุ้มและไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซมที่ผ่านการทำสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชญาณิศ ศรีงาม, สนธยา นุ่มท้วม และ เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง. 2020. การประเมินอายุการเก็บรักษาของกุ้งขาวแช่เย็น. วารสารเกษตรนเรศวร. 17: 1-8

ชื่นจิตร พงษ์พูล. 2562. การผลิตวุ้นจากน้ำผักพื้นบ้าน. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ชื่นนภา ชัชวาล และนาฎศจี นวลแก้ว. 2552. ผักปลังผักที่มีคุณค่าทาง โภชนาการและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 7: 197-200.

ฐานข้อมูลสมุนไพร. 2565. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ผักปลัง. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก www.phargarden.com.

ธนภพ โสตรโยม, เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์, นพพร สกุลยืนยงสุข, ดวงกมล ตั้งสถิตพร, ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง และกิตติ ซ้องประเสริฐ. 2558. การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp ของสารสกัดจากหอมหัวใหญ่. โครงการวิจัยประเภทเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

บุษกร อุตรภิชาติ. 2550. จุลชีววิทยาทางอาหาร. โครงการการส่งเสริมการผลิตเอกสารวิชาการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 451.

ผ่องเพ็ญ รัตตกูล, นิรชา วงษ์จินดา, ปรีดา เมธาทิพย์ และนฤมล แสงทอง. 2529. วิธีการผลิตกุ้งระดับอุตสาหกรรมให้ถูกลักษณะ. รายงานประจำปี 2529. กองพัฒนาอุตสาหกรรม สัตว์น้ำกรมประมง. 121-131.

ภาสวีร์ จันทร์สุก, วิริยาพร ศิริกุล และ ชุติมน หมื่นแก้ว. 2555. รูปแบบนวัตกรรมของการนำส่งยาสมุนไพร. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 12:37-47

ศรัณยา ธาราแสวง, สิริมา สายรวมญาติ, สุวรรณา เธียรอังกูร, บุญญาณี ศุภผล, ปิยะวรรณ บูชา และณุฉัตรา จันทร์สุวานิชย์. 2557. การศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรผลพิลังกาสาและเปลือกมังคุดเพื่อใช้เป็นสารกันบูดในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง. วารสารอาหารและยา. 20: 30-36.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. สารเจือปนในอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 328

ศีรณา บัวดอกตูม, พิมพร ลีลาพรพิสิฐ และยุทธนา พิมลศิริผล. 2561. ผลของสายพันธุ์และส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเมือกผักปลัง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 34: 159-174.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. 2560. การประยุกต์ใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากุ้งขาว. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุภาภรณ์ ปิติพร. 2562. บันทึกของแผ่นดิน9 สมุนไพรในสภาวะโลกร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 5. มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศรในพระอุปถัมภ์ สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดา สิริโสภาพัณณวดี.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2538. ผักพื้นบ้าน: ความหมายและภูมิปัญญาของสามัญชนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก

Akbarzadeh, A., Rezaei, S.R., Davaran, S., Joo, S.W., Zarghami, N., Hanifehpour, Y., Samiei, M., Kouhi, M. and Nejati, K.K. 2013. Liposome: classification, preparation, and applications. Nanoscale Research Letters. 8:102.

Amiri, H. Shabanpour, B. Pourashouri, P. Kashiri, M. 2023. Encapsulation of marine bioactive compounds using liposome technique: Evaluation of physicochemical properties and oxidative stability during storage. Food structure. 35: 100308.

Bamidele, O., Akinnuga, A.M., Olorunfemi, J.O., Odetola, O.A., Oparaji, C.K. and Ezeigbo, N. 2010. Effects of aqueous extract of Basella alba leaves on haematological and biochemical parameters in albino rats. Journal of Biotechnology. 9(41): 6952-6955.

Bangham, A., Standish, M. and Watkins, J. 1965. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. Journal of Molecular Biology. 13:238-252.

Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B. and Ozogul, F. 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicholus*) during chilled storage. Food Chemistry. 145, 681–686.

Daraee, H., Etemadi, A., Kouhi, M., Alimirzalu, S., & Akbarzadeh, A. 2014. Application of liposomes in medicine and drug delivery. Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology. 44:381–391.

Gangwar, M., Singh, R., Goel, R.K. and Nath, G. 2012. Recent advances in various emerging vesicular systems: an overview. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2:1176–1188.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gortzi, O., Lalas, S., Chinou, I. and Tsaknis, J. 2006. Reevaluation of antimicrobial and antioxidant activity of *Thymus* spp. extracts before and after encapsulation in liposomes. Journal of Food Protection. 69: 2998-3005.

Jin, Y.L. and Ching Y.T. 2008. Total phenolic contents in selected fruit and vegetable juices exhibit a positive correlation with interferon-γ, interleukin-5, and interleukin-2 secretions using primary mouse splenocytes. Journal of food composition and analysis. 21: 45-53.

Jovanović, A.A., Balanč, B.D., Ota, A., Ahlin, G.P., Djordjević, V.B., Šavikin, K.P., Bugarski, B.M., Nedović, V.A. and Poklar, U.N. 2018. Comparative effects of cholesterol and β-sitosterol on the liposome membrane characteristics. European Journal of Lipid Science and Technology. 120:1800039.

Khare, C.P. 2007. Indian Medical Plants: an illustrated dictionary. New York. Springer Science Business Media. P. 84.

Liu, W., Ye, A., Hen, F. and Han, J. 2018. Advances and challenges in liposome digestion: Surface interaction, biological fate, and GIT modeling. Journal Advances in colloid and interface. 263: 52-67.

Mohammed, H.K.P., Anu, A., Saraswathi, R., Guru, P.M. And Chandini, N. 2010. Formu lation and Evaluation of Herbal Gel of BASELLA ALBA for wound healing activity. Journal of Pharmaceutical Sciences4 .(1): 1642-1648.

Nsairat, H., Khater, D., Sayed, U., Odeh, F., Bawab, A.A. and Alshaer, W. 2022. Liposomes: structure, composition, types, and clinical applications. Heliyon.

Ozyurt, G., E. Kuley, S. Ozkutuk and F.Ozogul, 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Food Chemistry., 114: 505-510.

San, H., Yang, Z.Y., Pompili, V.J., Jaffe, M.L., Plautz, G.E., Xu, L., Felgner, J.H., Wheeler, C.J., Felgner, P.L. and Gao, X. 1993. Safety and short-term toxicity of a novel cationic lipid formulation for human gene therapy. Human Gene Therapy. 4:781–788.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Singh, A. 2021. Liposomes: Structure, Classification, and Applications. Retrieved June 30, 2023. from https://conductscience.com/liposomes-structure-classification-and-applications/

Soubhagya, T. and Srivastav, P. 2023. Encapsulation of Centella asiatica leaf extract in liposome: Study on structural stability, degradation kinetics and fate of bioactive compounds during storage. Food chemistry advance. 2: 100202.

Saleh, A. 2011. Protective effect of BASELLA ALBA L. on nephrotoxicity induced by gentamycin in rats. Journal of Experimental Medicine. 5(4): 225-233.

Tagrida, M. and Benjaku, S. 2022. Liposomes loaded with betel leaf (*Piper betle* L.) extract: Antibacterial activity and preservative effect in combination with hurdle technologies on tilapia slices. Journal of Food Control. 138: 108999.

Tripathy, S. and Srivastav, P.P. 2023. Encapsulation of Centella asiatica leaf extract in liposome: Study on structural stability, degradation kinetics and fate of bioactive compounds during storage. Food structure. 35:100308.

Wang, M.Y. and Brown, W.D. 1983. Effects of elevated CO2 atmosphere on storage of freshwater crayfish (*Pacijiutacus leniusculus*). Journal of Food Science. 48, 158-162.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Trypticase soy broth (TSB)

Tryptone	5	กรัม
Soytone	5	กรัม
Sodium Chlorine	5	กรัม
Distilled Water	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายสารประกอบข้างต้นในน้ำกลั่น ปรับให้มีพีเอช 7.3 ด้วย 6 N NaOH และ6 N HCl แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที เก็บในอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

2. อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Trypticase soy agar (TSA)

Tryptone	5	กรัม
Soytone	5	กรัม
Sodium Chlorine	5	กรัม
Agar	15	กรัม
Distilled Water	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายสารประกอบข้างต้นในน้ำกลั่น ปรับให้มีพีเอช 7.3 ด้วย 6 N NaOH และ6 N HCl แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที เก็บในอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

3. อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Mueller Hinton Agar (MHA)

HM infusion B from	300	กรัม
Acicase	17.5	กรัม
Starch	1.5	กรัม
Agar	15	กรัม
Distilled Water	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายสารประกอบข้างต้นในน้ำกลั่น ให้ความร้อนจนสารละลายเข้ากัน นำนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที ปรับให้มีพีเอช 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Plate Count Agar (PCA)

Tryptone	5	กรัม
Yeast Extract	2.5	กรัม
D-glucose	1	กรัม
Agar	15	กรัม
Distilled Water PH	1,000	มิลลิลิตร

<u>วิธีการเตรียม</u>

ละลายสารประกอบข้างต้นในน้ำกลั่น ให้ความร้อนจนสารละลายเข้ากัน นำนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข1 ผลการยับยั้งสารสกัดผักปลังต่อเชื้อทดสอบ ด้วยวิธี Well diffusion method

สารสกัด	**ความเข้มข้น(มก./มล.)**	**ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางการเกิดบริเวณใสของสารสกัดผักปลังต่อเชื้อจุลินทรีย์ (มิลลิเมตร)**											
		Staphylococcus aureus				*Escherichia coli*				*Vibrio* sp.			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
L/CSSE	110	12.26	12.23	9.62	11.37	8.04	10.5	7.55	8.70	8.1	8.67	9.32	8.70
	90	11.39	11.24	8.63	10.42	7.44	9.61	7.43	8.16	5.57	5.83	6.83	6.08
	70	9.89	9.94	7.23	9.02	6.21	8.35	5.12	6.56	5.15	4.49	5.81	5.15
Penicillin (Positive control)		13.52	12.71	10.36	12.20	8.93	11.57	8.63	9.71	9.04	9.51	9.65	9.40
L/CSLE	110	13.14	13.45	12.95	13.18	12.23	11.25	8.65	10.71	8.63	8.94	9.12	8.90
	90	12.49	11.36	12.21	12.02	11.07	10.04	7.92	9.68	5.16	7.37	7.26	6.60
	70	11.83	10.95	10.78	11.19	9.98	9.1	6.81	8.63	5.23	5.28	5.86	5.46
Penicillin (Positive control)		14.22	13.7	14.13	14.02	12.55	11.42	11.56	11.84	10.17	10.03	9.94	10.05
U/CSSE	110	10.45	10.64	10.10	10.40	7	7.84	7.44	7.43	8.44	6.98	6.34	7.25
	90	8.84	8.66	9.21	8.90	6.59	7.21	6.75	6.85	7.84	6.32	6.38	6.85
	70	7.74	6.93	7.67	7.45	6.02	5.89	6.47	6.13	7.32	6.99	6.03	6.78
Penicillin (Positive control)		12.7	12.74	11.35	12.26	9.11	8.85	9.46	9.14	10.85	9.65	11.34	10.61
U/CSLE	110	9.48	9.7	8.86	9.35	6.87	7.47	7.72	7.35	7.95	6.88	8.44	7.76
	90	8.2	9.34	9.3	8.95	7.21	7.56	6.96	7.24	6.51	5.09	6.21	5.94
	70	8.7	8.85	8.64	8.73	5.54	6.24	6.38	6.05	4.98	3.3	5.37	4.55
Penicillin (Positive control)		14.91	15.36	16.14	15.47	11.12	10.58	11.48	11.06	10.28	10	11.12	10.47
DMSO (Negative control)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม และL/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ค่าต่างๆของตัวอย่างที่ได้รับสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค.1 ผลการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)

สารสกัด	ซ้ำที่	วัน					
		0	2	4	6	8	10
L/CSSE	ซ้ำ1	8.18	12.05	15.93	23.03	28.37	33.23
	ซ้ำ2	8.18	12.11	15.78	23.09	28.33	33.25
	ซ้ำ3	8.17	12.07	15.88	23.1	28.4	33.29
	ค่าเฉลี่ย	8.18	12.08	15.86	23.07	28.37	33.26
L/CSLE	ซ้ำ1	8.19	13.45	16.4	23.79	29.31	34.07
	ซ้ำ2	8.19	13.45	16.5	23.77	29.38	34.16
	ซ้ำ3	8.25	13.49	16.46	23.84	29.42	34.13
	ค่าเฉลี่ย	8.21	13.46	16.45	23.80	29.37	34.12
U/CSSE	ซ้ำ1	8.06	15.87	20.16	24.19	36.79	39.81
	ซ้ำ2	8.08	15.8	20.1	24.2	36.83	39.83
	ซ้ำ3	8.1	15.73	20.23	24.1	36.82	39.85
	ค่าเฉลี่ย	8.08	15.80	20.16	24.16	36.81	39.83
U/CSLE	ซ้ำ1	8.23	14.34	19.87	23.98	34.18	39.26
	ซ้ำ2	8.2	14.41	19.95	23.98	34.123	39.21
	ซ้ำ3	8.18	14.39	19.84	23.59	34.19	39.29
	ค่าเฉลี่ย	8.20	14.38	19.89	23.85	34.16	39.25
Control	ซ้ำ1	8.34	21.84	24.4	36.7	38.23	41.5
	ซ้ำ2	8.37	21.89	24.45	36.78	38.32	41.58
	ซ้ำ3	8.4	21.92	24.49	36.73	38.28	41.56
	ค่าเฉลี่ย	8.37	21.88	24.45	36.74	38.28	41.55

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

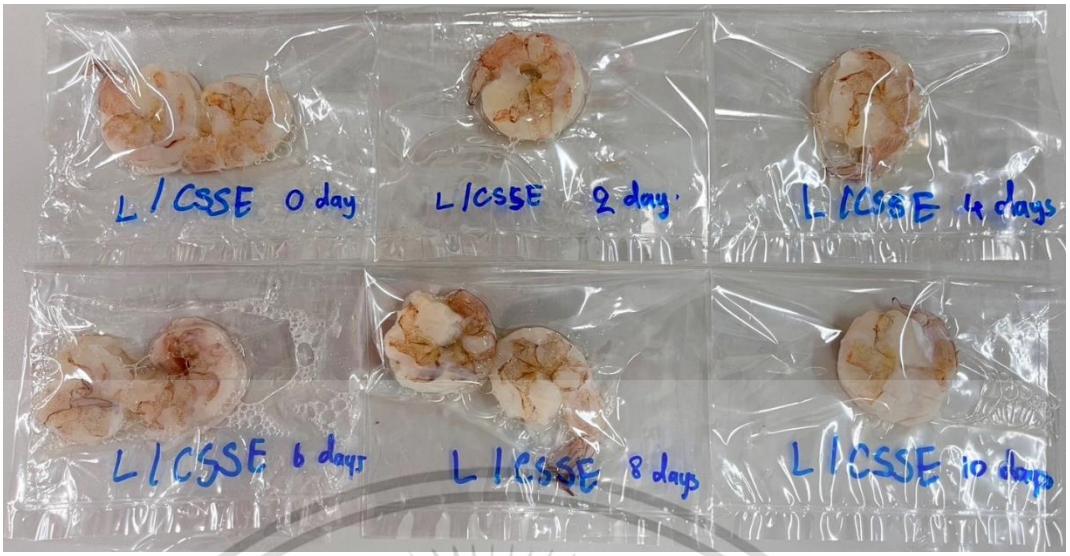
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค.2 ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างเนื้อกุ้งที่มีสารสกัดผักปลัง (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

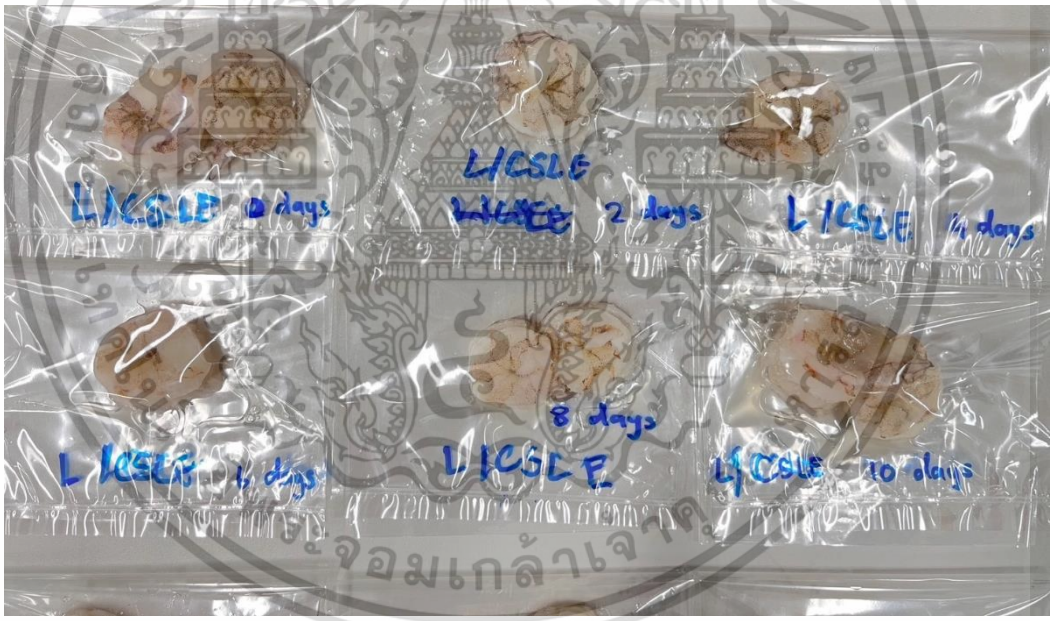
สารสกัด	ซ้ำที่	วัน					
		0	2	4	6	8	10
L/CSSE	ซ้ำ1	$1.27x10^4$	$1.46x10^4$	$9.96x10^3$	$1.12x10^4$	$5.23x10^6$	$6.26x10^6$
	ซ้ำ2	$1.11x10^5$	$1.20x10^5$	$1.37x10^5$	$1.65x10^5$	$4.03x10^7$	$4.90x10^7$
	ซ้ำ3	$4.20x10^5$	$5.50x10^5$	$6.70x10^5$	$1.09x10^6$	$3.30x10^8$	$3.50x10^8$
	ค่าเฉลี่ย	$1.59x10^5$	$2.14x10^5$	$2.65x10^5$	$4.48x10^5$	$1.37x10^8$	$1.46x10^8$
L/CSLE	ซ้ำ1	$1.52x10^4$	$1.44x10^5$	$1.10x10^5$	$1.32x10^5$	$8.00x10^6$	$9.04x10^6$
	ซ้ำ2	$1.10x10^5$	$1.21x10^5$	$1.44x10^5$	$1.59x10^5$	$6.50x10^7$	$7.67x10^7$
	ซ้ำ3	$5.90x10^5$	$6.10x10^5$	$9.40x10^5$	$1.14x10^5$	$5.15x10^8$	$5.90x10^8$
	ค่าเฉลี่ย	$2.34x10^5$	$2.12x10^5$	$3.61x10^5$	$4.42x10^5$	$2.13x10^8$	$2.43x10^8$
U/CSSE	ซ้ำ1	$1.35x10^4$	$1.51x10^4$	$1.17x10^4$	$2.01x10^4$	$7.93x10^6$	$8.63x10^6$
	ซ้ำ2	$1.19x10^4$	$1.25x10^5$	$1.42x10^5$	$1.73x10^5$	$6.90x10^7$	$7.67x10^8$
	ซ้ำ3	$7.06x10^5$	$9.13x10^5$	$1.28x10^6$	$1.55x10^6$	$5.66x10^8$	$5.60x10^8$
	ค่าเฉลี่ย	$2.85x10^5$	$3.75x10^5$	$5.38x10^5$	$6.46x10^5$	$2.35x10^8$	$2.30x10^8$
U/CSLE	ซ้ำ1	$1.30x10^4$	$1.57x10^4$	$1.12x10^4$	$1.86x10^4$	$7.23x10^6$	$8.80x10^6$
	ซ้ำ2	$1.13x10^5$	$1.22x10^5$	$1.48x10^5$	$1.65x10^5$	$5.93x10^7$	$7.00x10^7$
	ซ้ำ3	$7.30x10^5$	$8.60x10^5$	$1.09x10^6$	$1.31x10^6$	$3.83x10^8$	$5.20x10^8$
	ค่าเฉลี่ย	$2.96x10^5$	$3.52x10^5$	$4.52x10^5$	$5.44x10^5$	$1.56x10^8$	$2.14x10^8$
Control	ซ้ำ1	$1.75x10^4$	$1.68x10^4$	$1.18x10^4$	$2.10x10^4$	$9.13x10^6$	$1.34x10^7$
	ซ้ำ2	$1.40x10^5$	$1.39x10^5$	$1.54x10^5$	$1.78x10^5$	$7.46x10^8$	$1.03x10^8$
	ซ้ำ3	$1.17x10^5$	$1.34x10^6$	$1.49x10^5$	$1.43x10^5$	$6.06x10^8$	$7.66\ x10^8$
	ค่าเฉลี่ย	$4.88x10^5$	$5.61x10^5$	$6.28x10^5$	$5.93x10^5$	$2.97x10^8$	$3.15\ x10^8$

หมายเหตุ : U/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, U/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนในที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSSE คือ สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม, L/CSLE คือ สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม และControl คือ กุ้งขาวที่ไม่ได้ใส่สารสกัดผักปลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

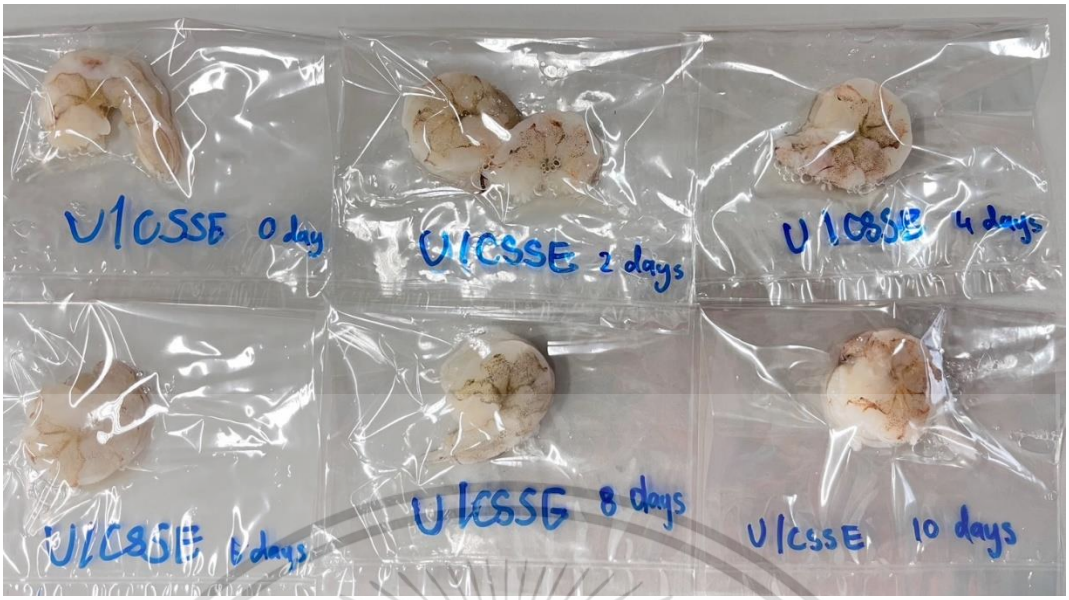


รูปภาคผนวกที่ ค.1 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ห่อหุ้มไลโปโซม ในระยะเวลา 0 ถึง 10 วัน



รูปภาคผนวกที่ ค.2 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ห่อหุ้มไลโปโซม ในระยะเวลา 0 ถึง 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ ค.3 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนก้านที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม ในระยะเวลา 0 ถึง 10 วัน

รูปภาคผนวกที่ ค.4 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่แช่สารสกัดผักปลังส่วนใบที่ไม่ได้ห่อหุ้มไลโปโซม ในระยะเวลา 0 ถึง 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาคผนวกที่ ค.1 ตัวอย่างเนื้อกุ้งที่ไม่ได้แช่สารสกัดผักปลัง ในระยะเวลา 0 ถึง 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566

ข้าพเจ้า นางสาวชนากานต์ จอมแปง รหัส 62050582
นางสาวพรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล รหัส 62050624

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาชีววิทยา
ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษเรื่อง
ชื่อภาษาไทย การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและผลของสารกันบูดของไลโปโซมที่มีสารสกัดจากผักปลัง
ชื่อภาษาอังกฤษ Study on Antibacterial Activities and Preservative Effects of Liposomes Containing Ceylon Spinach Extract
ปีการศึกษา 2565
เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว
โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 3.25 %

ลงชื่อ.....ชนากานต์ จอมแปง.....
(นางสาวชนากานต์ จอมแปง)
นักศึกษา

ลงชื่อ.....พรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล.....
(นางสาวพรกมลพิทย์ นิจโรจน์กุล)
นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....
(ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้